



REGIONE CAMPANIA

PROVINCIA DI BENEVENTO

COMUNI DI CASALDUNI E PONTELANDOLFO



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA NEI COMUNI DI CASALDUNI E PONTELANDOLFO (BN)

PROGETTO ESECUTIVO

STUDI SPECIALISTICI GEOLOGIA E GEOTECNICA

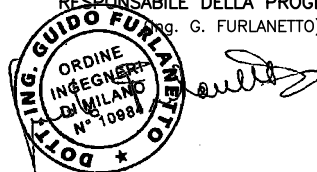
RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	FASE	MACRO OPERA	AMBITO/OPERA	DISCIPLINA	TIPO	PROGR.	REV.	SCALA
239	E	EOL	IM000	GEO	RE	003	A	
Rev.	Data	Descrizione				Redatto	Verificato	Approvato
A	Sett. 2020	Emissione				G. Anibaldi	L. Cosciotti	G. Furlanetto

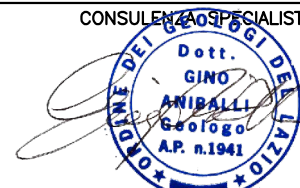
File: 239EEOLIM000GEORE003A.DWG

Project Manager:

PROGETTAZIONE:

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE
(Ing. G. FURLANETTO)

CONSULENZA SPECIALISTICA

IL COMMITTENTE
PARCO EOLICO CASALDUNI HOUSE SrlViale Abruzzo, 410
66100 Chieti (CH)

DIREZIONE LAVORI



DIRETTORE DEI LAVORI

L'IMPRESA ESECUTRICE
RENEXIA SERVICES Srl

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	4
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3	INTERVENTI DI PROGETTO	7
3.1	PIAZZOLE AEROGENERATORI	7
3.2	PISTE D'ACCESSO INTERNE AL PARCO EOLICO	8
3.3	INTERVENTI SULLA VIABILITÀ ESISTENTE ESTERNA AL PARCO EOLICO.....	9
3.4	CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO	10
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	14
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO	14
4.1.1	UNITÀ DEL SANNIO (UNITÀ DI FRIGENTO P.P.)	16
4.1.2	UNITÀ DEL FORTORE.....	17
4.2	ASSETTO STRUTTURALE	21
5	ASPETTI SISMOLOGICI.....	24
5.1	SISMICITA' STORICA.....	24
5.2	SISMICITA' STRUMENTALE	27
5.3	SORGENTI SIMOGENETICHE	29
6	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	33
6.1	INQUADRAMENTO GENERALE	33
6.2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO	35
6.2.1	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA DI PROGETTO	46
7	INDAGINI ESEGUITE	48
7.1	CAMPAGNA INDAGINI 2011.....	48
7.2	CAMPAGNA INDAGINI 2019.....	52
7.2.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE.....	52
7.2.2	INDAGINI DI LABORATORIO GEOTECNICO	56
7.2.3	CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	63
7.3	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DEL SOTTOSUOLO INTERESSATO DALLE OPERE IN PROGETTO	65
7.3.1	TORRE EOLICA WTG04	65

7.3.2 TORRE EOLICA WTG05	67
7.3.3 TORRE EOLICA WTG08	70
7.3.4 TORRE EOLICA WTG09	72
7.3.5 TORRE EOLICA WTG10	74
7.3.6 TORRE EOLICA WTG11	77
7.3.7 TORRE EOLICA WTG13	79
7.3.8 TORRE EOLICA WTG14	81
7.3.9 SOTTOSTAZIONE SSE.....	83
7.3.10 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA	85
8 CONCLUSIONI	87
9 BIBLIOGRAFIA.....	90

1 PREMESSA

La presente Relazione Geologica è parte del progetto “Realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica nel territorio comunale di Casalduni (BN)” commissionato alla società Infraengineering s.r.l. dalla società Renexia services srl; viene fornito un quadro conoscitivo riguardo l’assetto geologico-stratigrafico dell’area di sedime dell’impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica sito tra le località di “Ciccotto”, “Case Russo” e “Colle Mottola”.

La seguente, e gli elaborati ad essa correlati, è stata prodotta facendo riferimento, di concerto con il progettista, al D.M. 17/01/2018 e ss.mm.ii..

Il progetto prevede la realizzazione di 10 aerogeneratori, di una cabina di smistamento e di una stazione elettrica (AT/MT), nonché di raccordi con l’elettrodotto di progetto.

La rete dei cavidotti e degli altri servizi tecnici connessi al completamento del parco eolico in oggetto interessa essenzialmente il suddetto comune di Casalduni, ad esclusione dell’area su cui è prevista la realizzazione della sottostazione, ubicata quest’ultima nel limitrofo territorio comunale di Pontelandolfo.

Per la redazione del presente studio sono stati effettuati:

- sopralluoghi sull'area di interesse e in ampie zone circostanti, integrati dallo studio della Carta Geologica d'Italia, del progetto IFFI e della tavoletta topografica in cui ricade l'area, per acquisire gli elementi tecnici riguardanti la geologia, la geomorfologia e l'idrogeologia delle zone interessate;
- studio bibliografico della documentazione redatta in fase di progettazione definitiva;
- campagna di indagini geognostiche, geotecniche, geofisiche condotta da Agosto a Ottobre 2019 a supporto del presente Progetto Esecutivo (elab. “Risultati delle indagini di sito e laboratorio”).

Le informazioni contenute nel presente elaborato, riguardanti l’assetto geologico, tettonico, geomorfologico ed idrogeologico dell’area, derivano da fonti bibliografiche (Cap. 9) e da campagne di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche appositamente realizzate (Cap. 7), le quali hanno permesso di identificare le caratteristiche geologico-tecniche di dettaglio del sottosuolo interessato dalle opere previste.

La presente relazione si riferisce ai risultati delle indagini condotte in corrispondenza delle torri eoliche WTG04, WTG05, WTG08, WTG09, WTG10, WGT11, WTG13, WTG14 e della sottostazione elettrica SSE.

Sono in corso indagini geognostiche finalizzate alla caratterizzazione del sottosuolo interessato dalle previste torri eoliche WTG03, WTG18.

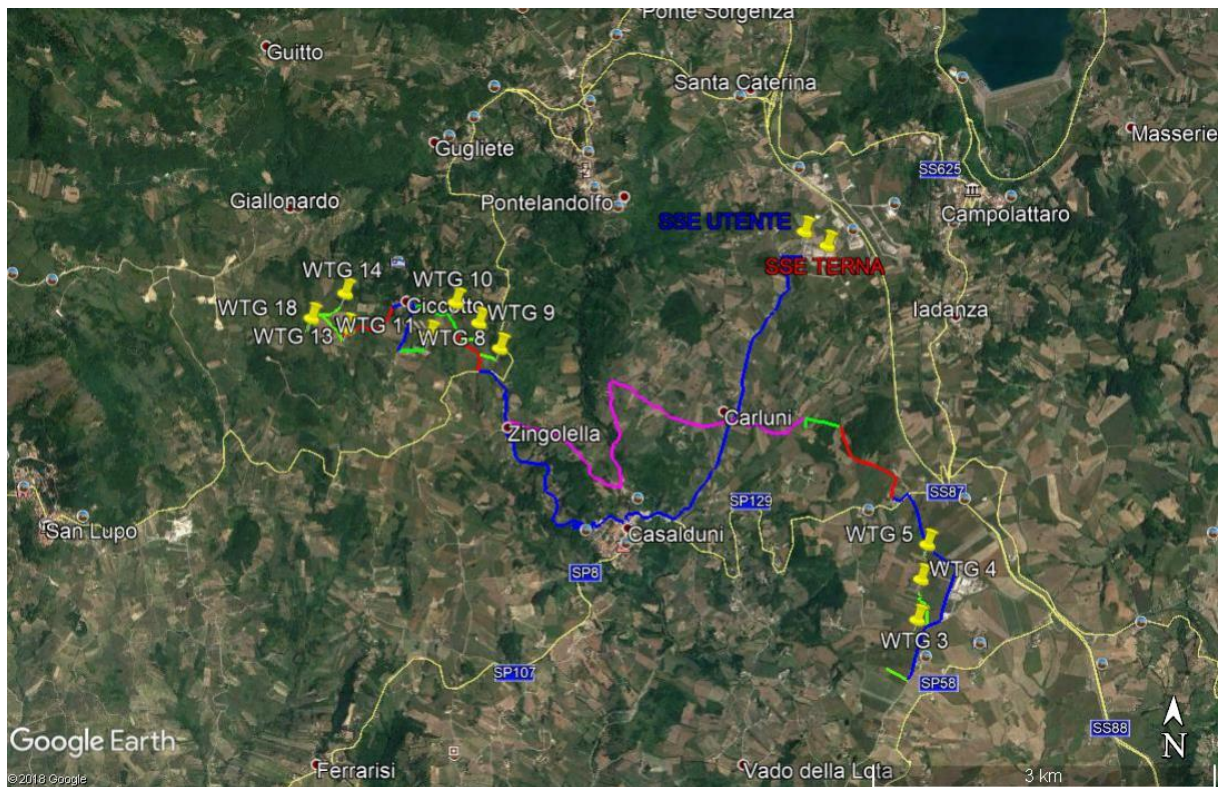
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'intera area interessata dalla realizzazione degli aerogeneratori risulta ubicata nella porzione settentrionale e nord-orientale del suddetto territorio di Casalduni.

L'impianto si compone di 10 aerogeneratori, di cui 7 localizzati a nord-ovest dell'abitato di Casalduni, lungo il crinale che separa il comune dai limitrofi comuni di Pontelandolfo (BN) e San Lupo (BN). Altri 3 aerogeneratori sono localizzati a nord-est dell'abitato di Casalduni, lungo il crinale che separa il comune dai limitrofi comuni di Pontelandolfo (BN) e Fragneto l'Abate (BN).

Per quanto attiene, invece, l'area su cui sono previste le due stazioni (stazione di trasformazione e stazione di smistamento), nonché i raccordi con l'elettrodotto in progetto ed i tralicci posti a servizio di quest'ultimo, essa ricade nel limitrofo territorio di Pontelandolfo, ed in particolare interessa la località "Case Russo". La viabilità interna al campo eolico è costituita quasi totalmente dalle strade comunali esistenti e da nuovi tratti di viabilità da realizzare a servizio dei singoli aerogeneratori. Inoltre la Strada Provinciale SP 8 sarà utilizzata come viabilità verso la sottostrazione elettrica.

Il territorio in esame appare caratterizzato dalla presenza della valle del T. Tammaro e dalle aste torrentizie minori del suo bacino idrografico, quest'ultimo da intendere come uno dei sottobacini appartenenti al grande bacino idrografico del Fiume Calore, affluente a sua volta del F. Volturno. Per tale motivo, dal punto di vista idrogeologico, il territorio comunale di Casalduni ricade sotto la competenza dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e del Volturno.



COORDINATE AEROGENERATORI CASALDUNI (BN)				
WTG	WGS84 (fuso 33)		GAUSS-BOAGA	
	EST	NORD	EST	NORD
3	477.075,00	4.566.896,00	2.497.083,01	4.566.901,82
4	477.100,00	4.567.249,00	2.497.108,43	4.567.255,75
5	477.149,00	4.567.554,00	2.497.157,27	4.567.560,63
8	473.366,00	4.569.187,00	2.493.373,94	4.569.193,16
9	473.178,00	4.569.405,00	2.493.186,46	4.569.411,45
10	472.970,00	4.569.579,00	2.492.977,56	4.569.585,32
11	472.747,00	4.569.286,00	2.492.755,00	4.569.292,74
13	472.024,00	4.569.333,00	2.492.031,91	4.569.339,53
14	472.000,00	4.569.640,00	2.492.010,33	4.569.649,30
18	471.709,00	4.569.417,00	2.491.718,99	4.569.426,08

Figura 1. Inquadramento territoriale del parco eolico in progetto e coordinate delle opere previste.

3 INTERVENTI DI PROGETTO

3.1 PIAZZOLE AEROGENERATORI

Le aree di sedime degli aerogeneratori, con profilo topografico originariamente a mezza costa, saranno riprofilate mediante scavi con pendenza massima $H/V=3/2$, come descritto in Figura 3. La piazzola, necessaria all'assemblaggio della torre, sarà realizzata mediante eventuale bonifica del piano di posa della sovrastruttura, ed il plinto di fondazione sarà ricoperto con materiale da cava o riutilizzato tal quale o mediante trattamento a calce. La sovrastruttura sarà costituita da misto stabilizzato da cava (30 cm) e da uno strato di finitura in materiale arido fine (10 cm).

Al termine del cantiere si provvederà al ripristino delle condizioni morfologiche originarie, mantenendo per l'accesso e la manutenzione delle torri una piazzola di dimensioni massime pari a 25 m x 50m, all'interno dei limiti delle aree di esproprio definitivo.

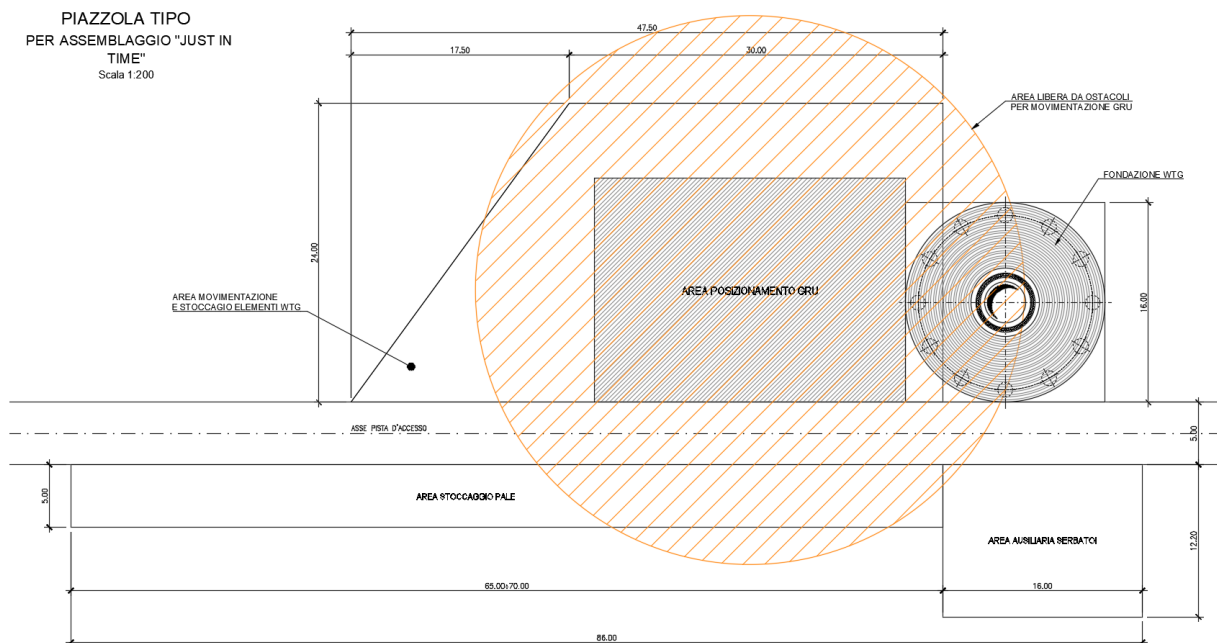


Figura 2. Piazzola tipo per assemblaggio aerogeneratori.

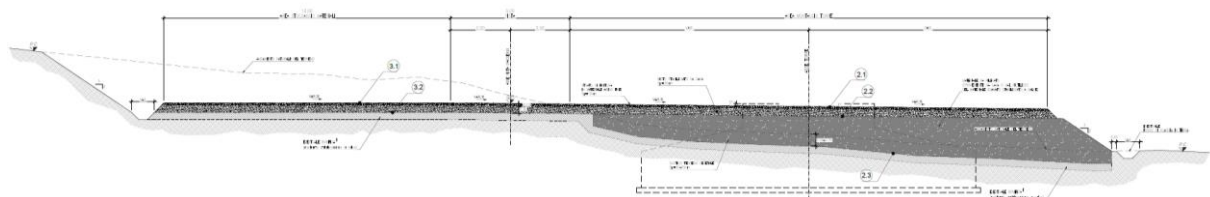


Figura 3. Aerogeneratori – Sezione tipo piazzola in mezza costa.

3.2 PISTE D'ACCESSO INTERNE AL PARCO EOLICO

Per le piste d'accesso nelle aree interne al parco, sono previste due sezioni tipologiche, rispettivamente in rilevato (Figura 4) ed in trincea (Figura 5).

Il rilevato verrà realizzato effettuando lo scotico del deposito vegetale superficiale (50-70 cm) e, ove necessario, una eventuale bonifica del piano di fondazione mediante stabilizzazione a calce in sito. Il rilevato, realizzato mediante materiale da cava o riutilizzando i terreni provenienti dagli scavi tal quali o trattati a calce, avrà fianchi con pendenza (H/V=3/2).

Le sezioni in trincea verranno realizzate effettuando uno sbancamento con pendenze massime H/V=3/2 e, se le caratteristiche dei terreni non hanno caratteristiche adeguate, una eventuale bonifica del piano di fondazione mediante stabilizzazione a calce in sito.

In entrambe le configurazioni, la sovrastruttura sarà costituita da misto stabilizzato da cava (30 cm) e materiale arido di finitura (10 cm).

Al termine del cantiere si provvederà al ripristino delle condizioni morfologiche originarie, mantenendo una larghezza massima delle piste pari a 5 m, all'interno dei limiti delle aree di esproprio definitivo.

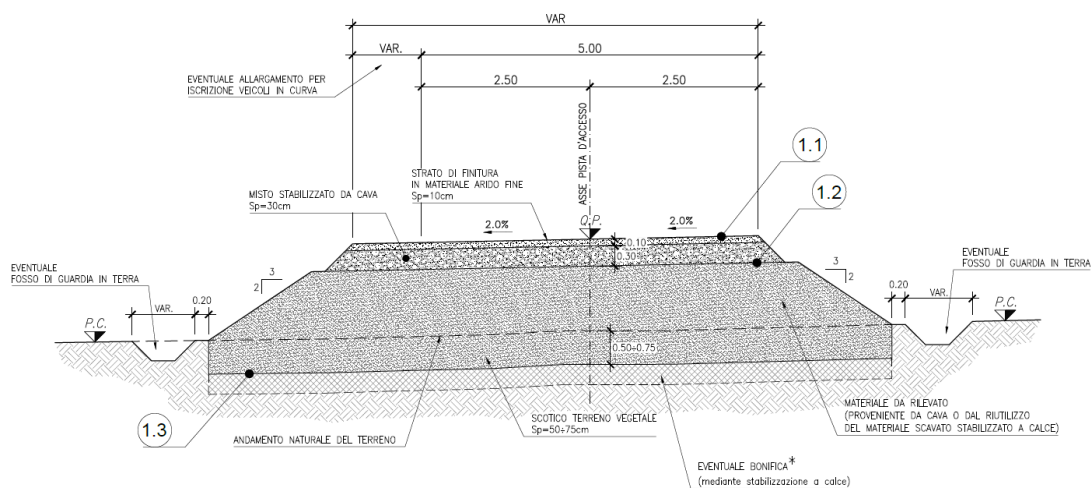


Figura 4. Pista d'accesso - Sezione tipo in rilevato.

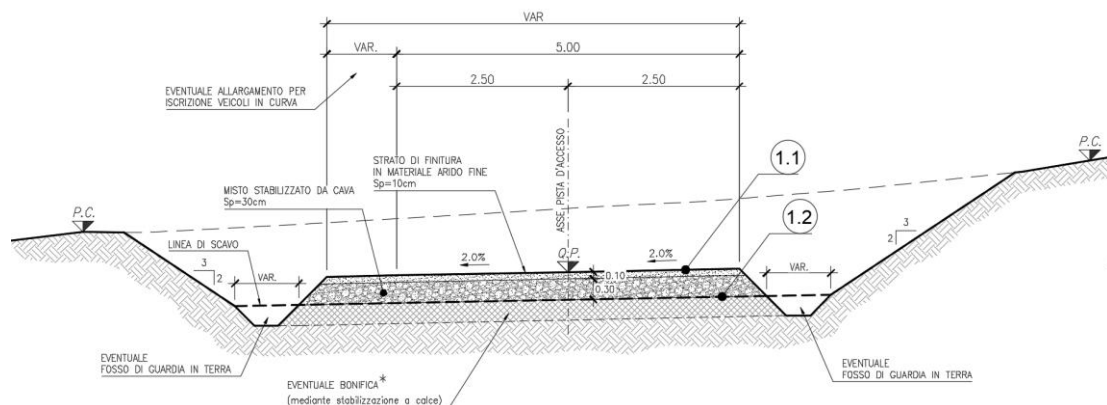


Figura 5. Pista d'accesso - Sezione tipo in scavo con sola stabilizzazione a calce.

3.3 INTERVENTI SULLA VIABILITÀ ESISTENTE ESTERNA AL PARCO EOLICO

Per consentire l'accesso dei mezzi necessari all'esecuzione delle attività previste, sono previsti degli interventi temporanei di allargamento di alcuni tratti di viabilità esistente esterna al parco eolico. Al termine del cantiere si provvederà al ripristino delle condizioni morfologiche originarie.

Si prevede uno sbancamento con pendenze massime $H/V=3/2$ e la realizzazione di un eventuale fosso di guardia laterale per dare continuità alle rete idraulica esistente. Se necessario, si provvederà alla bonifica del piano di posa con trattamento a calce in sito. La sovrastruttura sarà costituita da misto stabilizzato da cava (30 cm) e materiale arido di finitura (10 cm).

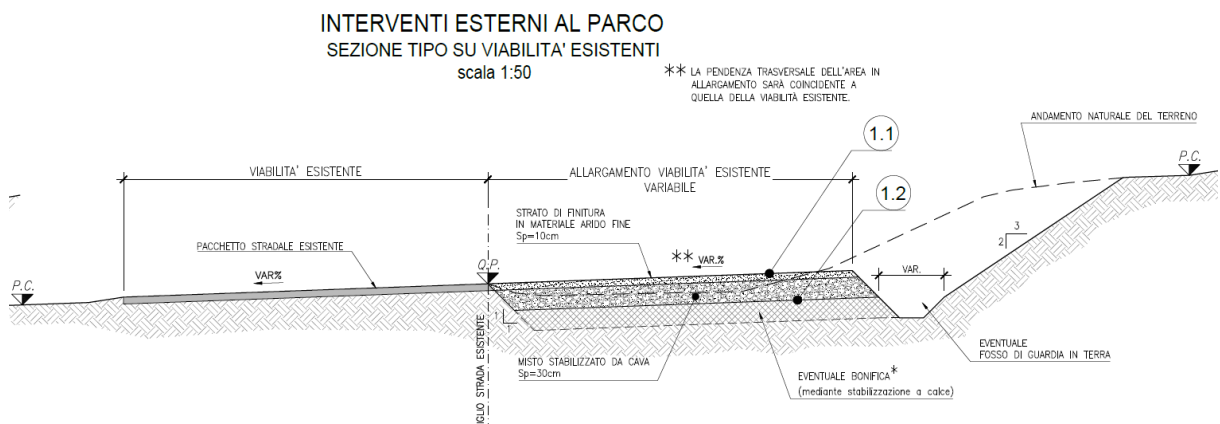


Figura 6. Interventi esterni al parco eolico – Sezione tipo su viabilità esistente.

3.4 CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO

Per la posa in opera dei cavidotti sono previste 4 sezioni tipologiche per il cui dettaglio ed applicazione lungo il tracciato si rimanda all'elaborato di riferimento. La larghezza dello scavo dipenderà dal numero dei cavidotti interrati e potrà variare da 30 a 70 cm.

In particolare la sezione tipo "A" verrà applicata al margine delle viabilità esistenti (Figura 9) con scavo di circa 1.2 m da pc. La sistemazione definitiva prevede la posa in opera dei cavidotti e il rinterro fino a piano campagna.

La sezione tipo "B" verrà applicata su viabilità esistenti con posa sotto la pavimentazione stradale (Figura 10) con scavo di circa 1.2 m da pc. La sistemazione definitiva prevede la posa in opera dei cavidotti, il rinterro fino a piano campagna e il ripristino della pavimentazione.

La sezione tipo "C" verrà applicata su viabilità da progetto (Figura 11) con scavo a sezione obbligata L, profonda 20 cm sotto il piano di bonifica. La sistemazione definitiva prevede la posa in opera dei cavidotti e la costruzione del rilevato di progetto.

La sezione tipo "D" verrà applicata su terreno agricolo o alberato (Figura 12) con scavo a sezione obbligata L, per una profondità di 1.2 m da p.c.. La sistemazione definitiva prevede la posa in opera dei cavidotti e il rinterro fino a piano campagna.

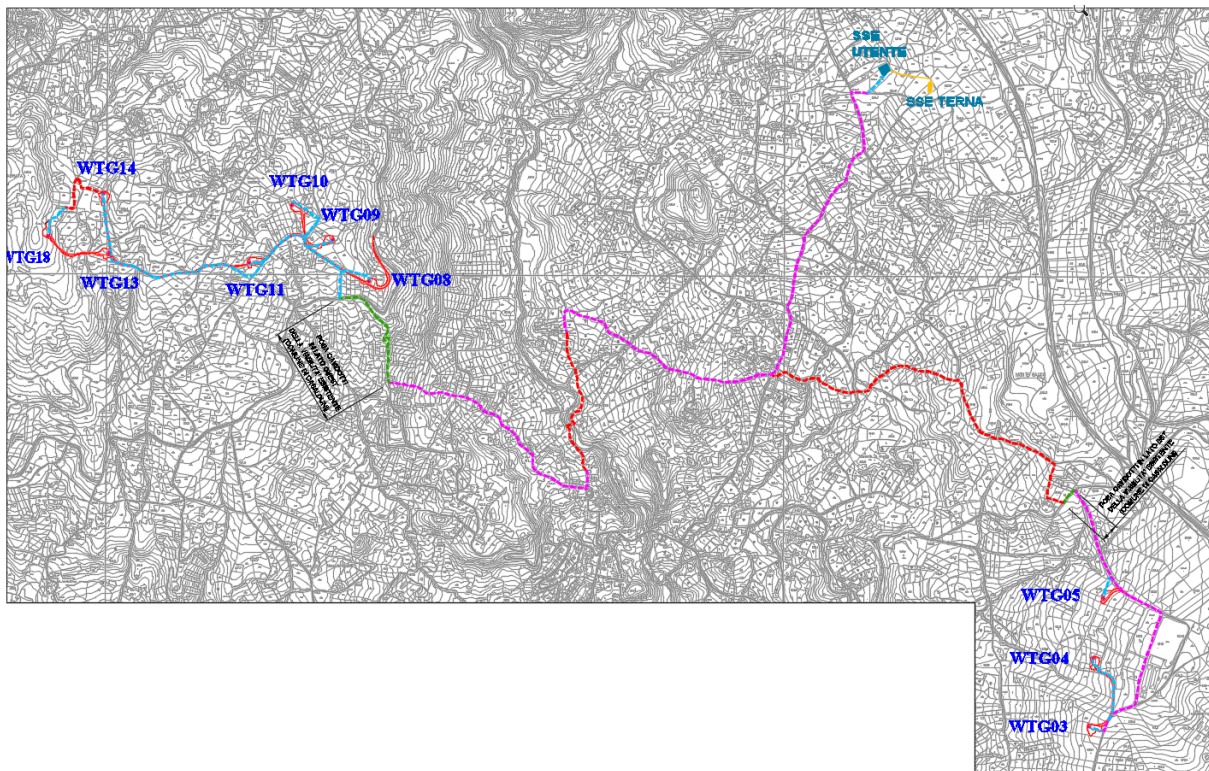


Figura 7. Percorsi dei cavidotti, si faccia riferimento all'elaborato "Percorsi, posa e tipologia cavidotti - Planimetria di inquadramento e sezioni tipologiche".








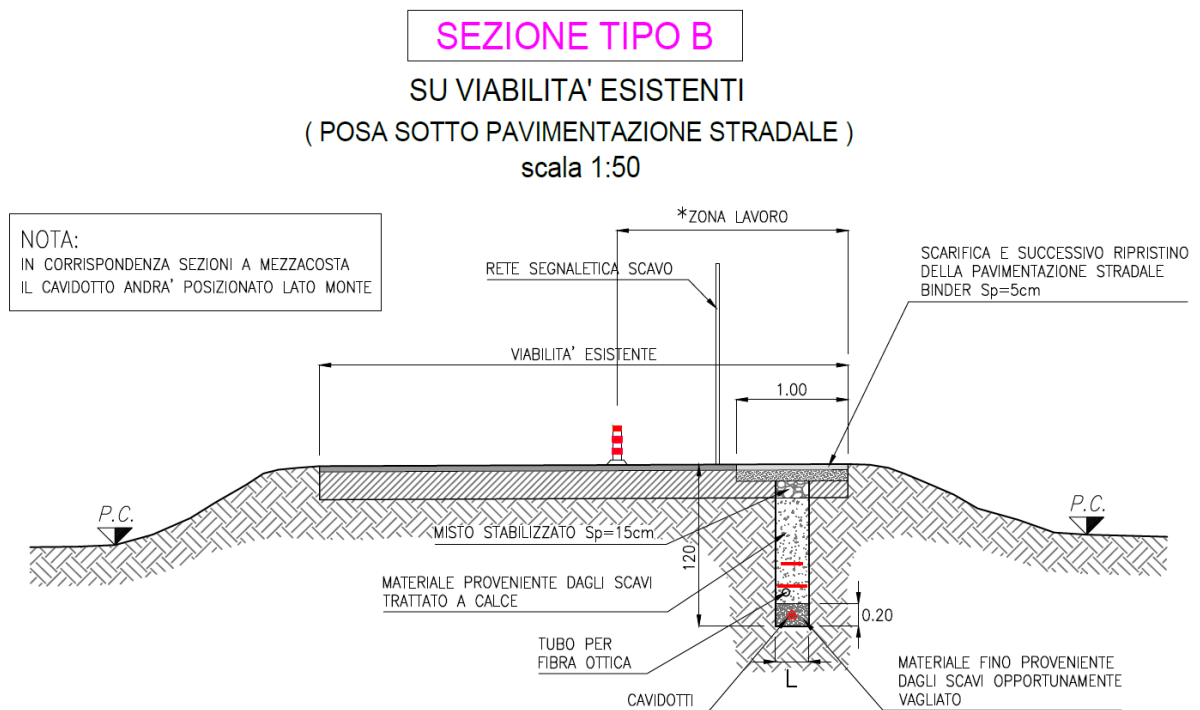
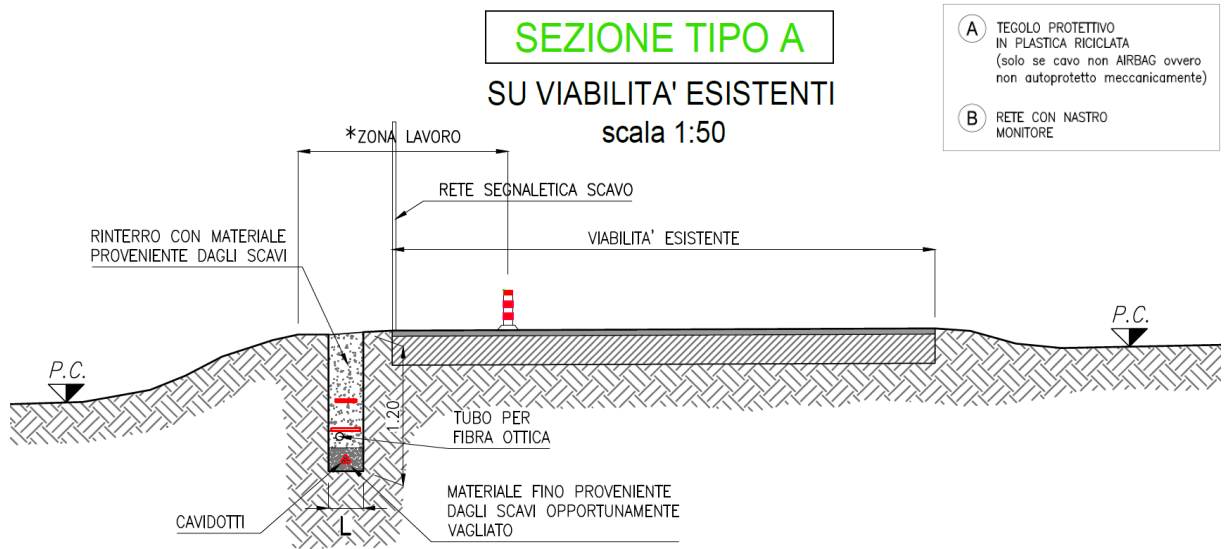
LEGENDA	
SEZIONE DI POSA CAVIDOTTO	
	SEZIONE TIPO A
	SEZIONE TIPO B
	SEZIONE TIPO C
	SEZIONE TIPO D
	LINEA CON n°1 CAVIDOTTO - Lmin= 30 cm
	LINEA CON n°2 CAVIDOTTI - Lmin= 40 cm
	LINEA CON n°3 CAVIDOTTI - Lmin= 50 cm

Figura 8. Legenda sezioni tipologiche, si faccia riferimento all'elaborato "Percorsi, posa e tipologia cavidotti - Planimetria di inquadramento e sezioni tipologiche".



SEZIONE TIPO C

SU VIABILITA' DA PROGETTO
scala 1:50

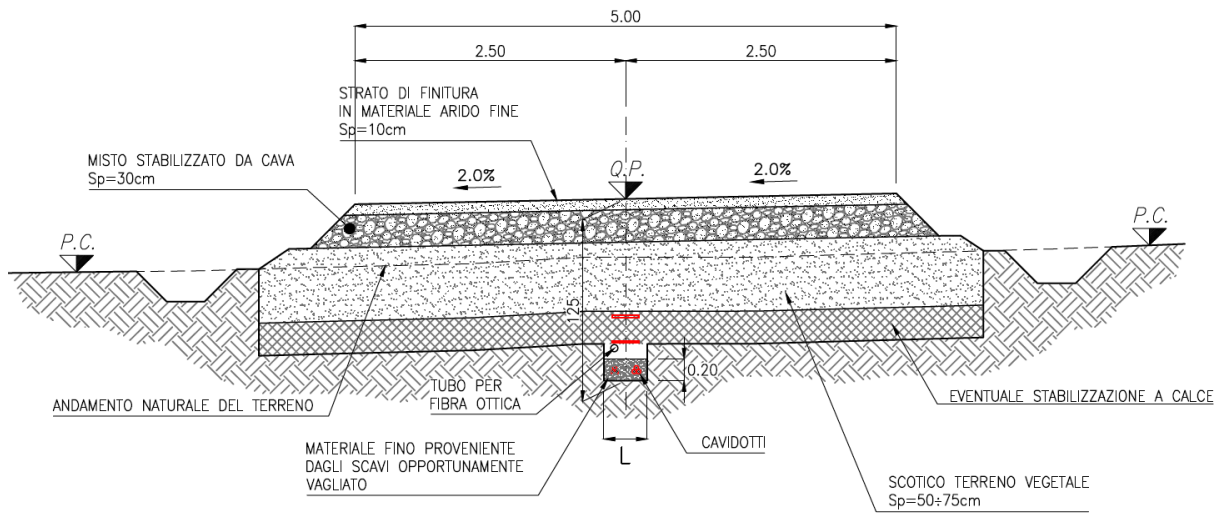


Figura 11. Sezione tipo C.

SEZIONE TIPO D

SU TERRENO AGRICOLA O ALBERATO
scala 1:50

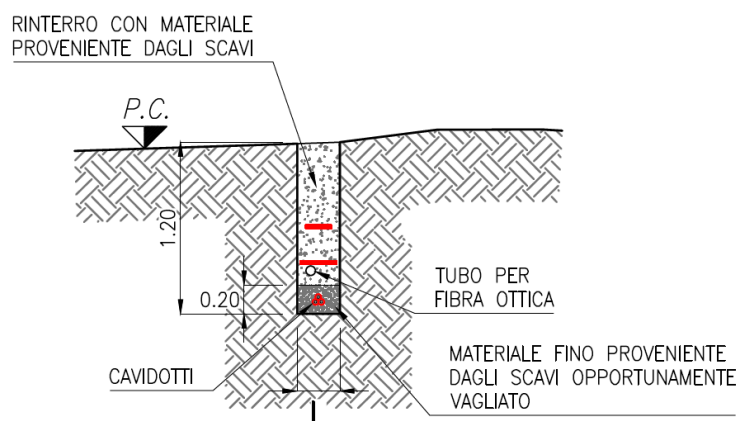


Figura 12. Sezione tipo D.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

L'area in esame rientra nell'ambito dell'arco appenninico meridionale, che comprende l'arco molisano – sannitico, l'arco campano – lucano e l'arco calabro, ed è separata dall'arco appenninico settentrionale, esteso dal Monferrato al Lazio-Abruzzi, tramite una linea trasversale nota come Linea Ortona - Roccamonfina. La costruzione dei due segmenti di catena è dovuta ad una lunga storia di deformazioni, a partire dal Cretaceo, che dall'Oligocene al Miocene medio sono completamente connesse alla convergenza della placca europea e della placca africano – adriatica subdotta, mentre a partire dal Tortoniano superiore fino al Quaternario la propagazione dei thrusts nella catena e l'apertura del Tirreno sono stati controllati da roll – back della litosfera dell'avampaese in subduzione. Tali deformazioni avrebbero dato luogo all'impilamento delle falde liguridi, sicilidi e calabridi. Dopo l'inizio della rotazione antioraria del blocco sardo-corso al passaggio Oligocene - Miocene è continuata la subduzione del Promontorio adriatico (o Adria) con sviluppo di forte compressione negli Appennini (da Chiocchini et alii, 2007). Le principali note bibliografiche disponibili per il settore in esame sono state redatte nell'ambito dei rilievi geologici eseguiti negli anni 2001-2003 per il progetto CARG, che hanno riguardato il settore centrale dei Monti del Sannio (Foglio 419 "San Giorgio LA Molarà" – Pescatore et alii, 2008) (Figura 13) ubicato nel segmento molisano-sannitico dell'Appennino meridionale.

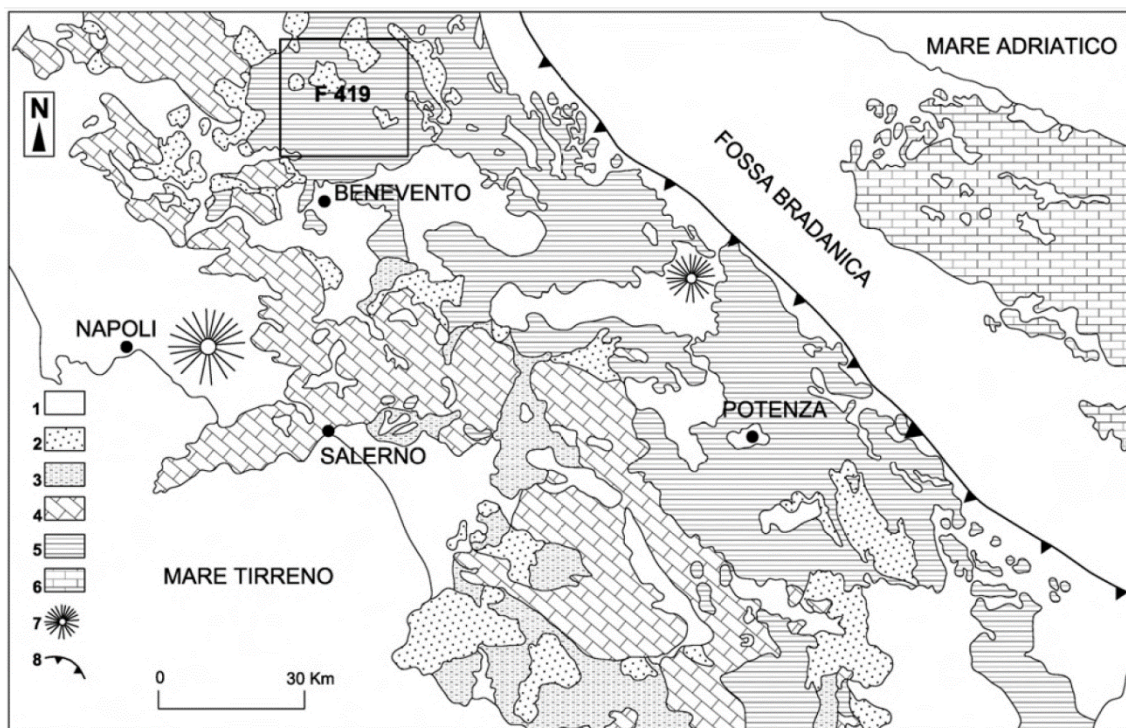


Figura 13. Carta geologica schematica dell'Appennino meridionale con ubicazione dell'area studiata. Legenda: 1) Depositi pliocenici e quaternari; 2) Depositi sinorogenici miocenici; 3) Unità Sicilide e Liguride; 4) Unità della piattaforma carbonatica sud-appenninica; 5) Unità del Bacino Lagonegrese-Molisano; 6) Unità Apula; 7) Edifici vulcanici; 8) Limite ipogeo della catena.

Le successioni stratigrafiche riscontrabili nell'area sono delimitate a tetto e a letto da superfici di sovrascorrimento di importanza regionale.

Nell'area di studio sono state distinte due principali unità tettono-stratigrafiche pre-orogeniche: l'Unità del Sannio e l'Unità del Fortore (Figura 14).

Il rilevamento geologico condotto e le indagini in sito hanno permesso di redigere una carta geologica in scala 1:10000 (stralcio in Figura 15) ed un Profilo geologico di dettaglio.

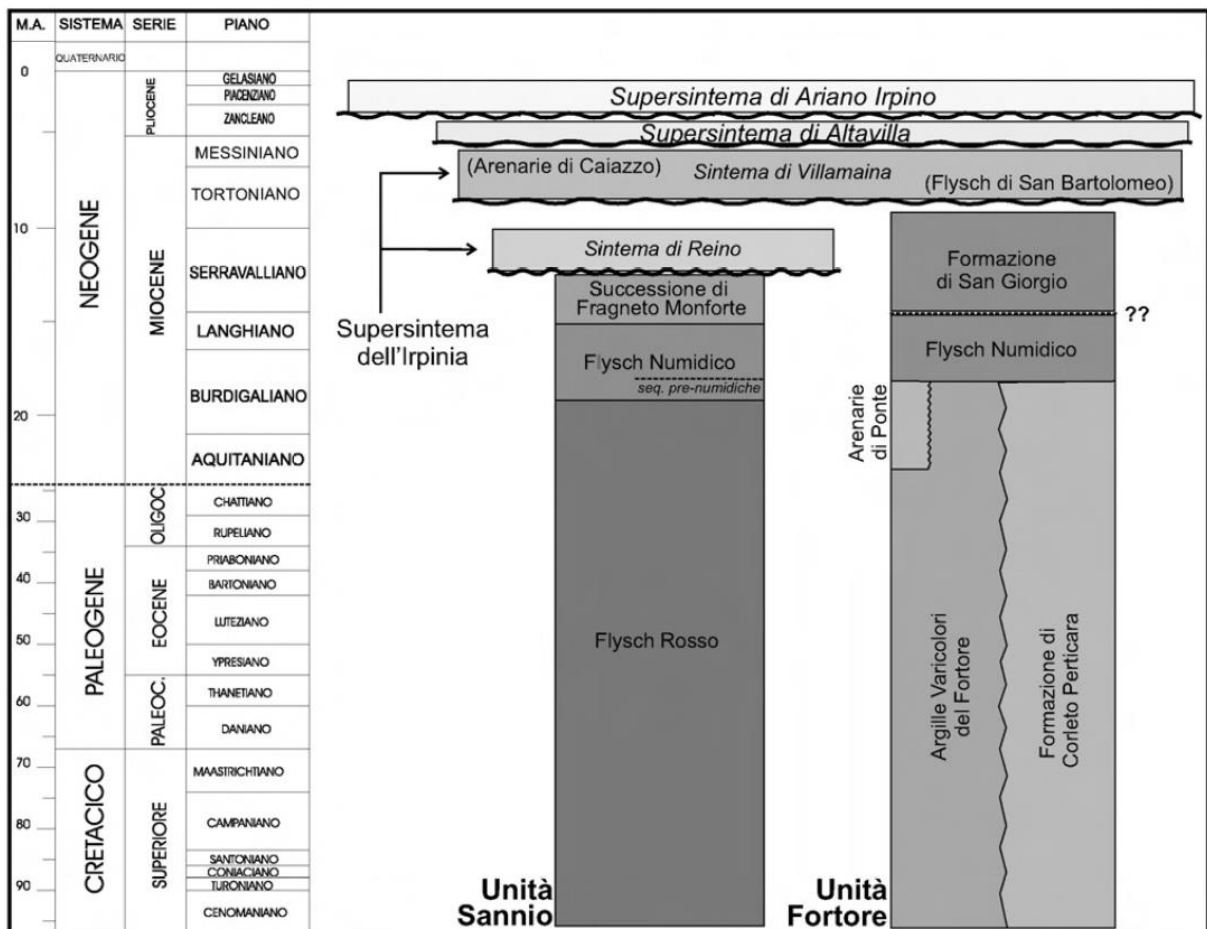


Figura 14. Schema cronostatigrafico delle unità pre- e sin-orogeniche affioranti nell'area di studio.

4.1.1 UNITÀ DEL SANNIO (UNITÀ DI FRIGENTO P.P.)

Nell'ambito dell'Unità del Sannio è stata ricostruita una successione continua dal Cretacico superiore al Miocene medio. Nell'area in esame, essa si compone dal basso verso l'alto delle formazioni del Flysch Rosso, del Flysch Numidico e di una successione arenacea post-numidica, denominata preliminarmente Successione di Fragneto Monforte.

Flysch Rosso (Ricadono in questa formazione le torri WTG 10-11-13-14-18)

Il Flysch Rosso (Cretacico sup. - Miocene inf.) è formato da successioni prevalentemente calcareo-clastiche e subordinatamente calcareo-marnoso-pelitiche, che raggiungono spessori di almeno 400 metri. In particolare, sono state individuate diverse associazioni di facies, in base alla prevalenza di una o di alcune delle litofacies comuni (calcareniti, calciruditi, argille, marne, radiolariti).

In rapporto a successioni simili studiate nel settore irpino della catena, tali terreni possono rappresentare variazioni latero-verticali dello stesso depocentro di sedimentazione o indicano differenti depocentri separati da limiti non conformi. In via preliminare, si propone di attribuire alle successioni affioranti il carattere di un'unità formazionale con la distinzione in due membri con le relative litofacies.

Il Membro diasprigno (FYR1 - Cretacico sup.) in posizione basale è costituito da una successione prevalentemente torbiditica, data da alternanze di argille marnose e siltose e argilliti, calciliti grigio-verdastre laminate, marne calcaree, argille silicifere nerastre, diaspri, calcari marnosi diasprigni. Stratificazione sottile, piano parallela. Base non esposta, verso l'alto parziale eteropia con FYR2. Successione di bacino formata da emipelagiti e flussi gravitativi distali. Spessore fino a 500 m

Il Membro calcareo (FYR2 - Cretacico superiore- Burdigaliano superiore) è costituito da Calciruditi ricristallizzate in strati e banchi massivi, costituite da clasti con rudiste e da frammenti di strato di calcari di piattaforma carbonatica, brecciole calcaree a macroforaminiferi, calciruditi policrome, calcareniti gradate con alveolinae, nummuliti e orbitoidi; calcari cristallini. Verso il basso parziale eteropia con FYR1. Successione di base scarpata-bacino di natura prevalentemente torbiditica. Associazione a nannoplancton del Cretaceo sup. e dell'Eocene. Spessore fino a 200 m.

Flysch Numidico

Il Flysch Numidico (Burdigaliano medio-sup. - Langhiano medio-sup.) è formato da alternanze di quarzoareniti grigiastre, giallastre, in strati anche gradati, a cemento siliceo e matrice argillosa, con clasti arrotondati e smerigliati di quarzo, a grana variabile da fine a grossolana. Sono presenti anche intercalazioni di argille siltose e marnose. Alla base dell'unità si rinviene un intervallo "pre-numidico", indicativo di un passaggio graduale al Flysch Rosso, con alternanze di calcareniti ibride, marne siltose e calcari parzialmente silicizzati. Si rinvengono, inoltre, microconglomerati granulari quarzosi in strati spessi e banchi massivi e amalgamati, a luoghi gradati, con dishes ed altre strutture da fluidificazione, ed arenarie con letti e nuvole di ciottoli, che originano corpi sedimentari spesso cartografati come allungati, linguiformi e canalizzati. In alcuni settori la presenza di una abbondante frazione calcarea consente di distinguere una "litofacies calcareo-argilloso-arenacea", formata da strati medi e sottili di calcareniti fini e laminate grigiastre, argille marnose verdastre, marne argillose biancastre e, subordinatamente, orizzonti di argille scagliose rossastre. Tali depositi, riferibili a facies di

intercanale, sono in rapporto sedimentario latero-verticale con i corpi quarzoarenitici canalizzati. Lo spessore della successione è stimato in un centinaio di metri.

I campioni analizzati presentano delle associazioni indicative del Miocene inferiore, generalmente del Burdigaliano medio-superiore per la presenza di *Sphenolithus heteromorphus* e *Discoaster variabilis*. Le associazioni a foraminiferi planctonici hanno permesso di attribuire alla parte alta di questa formazione un'età del Langhiano superiore per la presenza di *Orbulina suturalis*.

Successione di Fragneto Monforte

In continuità di sedimentazione ai terreni del Flysch Numidico è stata individuata una successione arenaceo-pelitica "post-numidica", indicata in via preliminare come "Successione di Fragneto Monforte", la cui età sulla base dei rapporti stratigrafici è riferita al Langhiano superiore - Serravalliano inferiore-medio. Essa è costituita da strati e banchi massivi di arenarie quarzose e quarzoso- litiche-feldspatiche giallastre a grana media e fine, alternate ad argille ed argille siltose verdastre e grigie. Si tratta di depositi prevalentemente torbiditici, organizzati in strati e banchi massivi di ampia estensione laterale, in alternanza a marne ed argille di ambiente pelagico. Lo spessore è di circa 100 metri. Questi terreni rappresentano la sedimentazione bacinale "post-numidica" concordante di età serravalliana, riferibile ad un depocentro non deformato di avanfossa.

4.1.2 UNITÀ DEL FORTORE

L'unità si compone, dal basso verso l'alto, delle formazioni delle "Argille Varicolori del Fortore", di Corleto Perticara, delle "Arenarie di Ponte" e del "Flysch Numidico". La Formazione delle "Arenarie di San Giorgio" è considerata in continuità stratigrafica sui termini superiori dell'Unità del Fortore.

Argille Varicolori del Fortore

I terreni delle "Argille Varicolori del Fortore" (Cretacico sup. - Miocene inf.) si caratterizzano con varie litofacies, tra cui prevalgono argille di colore grigio, verde, rosso e violaceo, in strati sottili, con intercalazioni di calcilutiti verdoline e grigie a vene di calcite spatosa, calcareniti e calciruditi grigie a Nummuliti (*Discocyclina* ed *Alveolina*) in strati sottili e medi, calcareniti fini silicifere, calcilutiti e calcareniti con patine limonitiche o manganesifere in strati sottili e medi; argille marnose di colore scuro scagliettate con intercalazione di calcari marnosi grigi ad intensa fratturazione prismatica e di marne brune o rossastre e calcilutiti marnose. Lo spessore complessivo sembra non essere inferiore ai 500 m.

Si segnala la presenza di corpi intercalati calcareo- clastici (associazioni di facies di canale), formati da risedimenti di origine carbonatica distinguibili in due principali litofacies:

- a) litofacies a intra-, bio- e pel-spariti, formata da mud/wackestones con bioclasti (alghe, molluschi, milioliti e rudiste), pack/grainstones lito-biostatiche con frammenti di rudiste, molluschi, rodoliti ed Orbitoidi, riferibili nel complesso ad elementi di piattaforma carbonatica o scarpata prossimale;
- b) litofacies a calciruditi e calcareniti biostatiche con macroforaminiferi, gradate e laminate, passanti verticalmente e lateralmente a marne, argille grigio-cenere e rari strati arenitici. Si tratta di depositi derivanti da flussi gravitativi di risedimento carbonatico di channel-levee con aumento verso l'alto dell'apporto silicoclastico. Si rinvengono, inoltre, calcareniti e calcilutiti di colore grigio- avana e grigio-cenere, compatte, con laminazioni piano-ondulate di natura torbiditica. I livelli superiori delle

Argille Varicolori del Fortore sono attribuibili all'Oligocene superiore.

Formazione di Corleto Perticara (Ricadono in questa formazione le torri WTG03-04-05 e la sottostazione elettrica SSE)

La Formazione di Corleto Perticara (CPA - Cretacico sup. - Burdigaliano sup.) ha uno spessore di circa 1000 m. In essa sono state distinte tre litofacies:

a) litofacies calcareo-marnosa-arenacea, formata da calcilutiti bianche e giallognole, a frattura concoide e/o prismatica, laminate, in strati medi e spessi; marne calcaree di colore grigio e verde chiaro in strati sottili e medi, a luoghi spessi, interessate da clivaggio di fratturazione; calcareniti fini di colore marrone chiaro, laminate, con strutture sedimentarie (sequenze Tb-c di Bouma), in strati sottili e medi, con intercalazioni di argille ed argille marnose laminate di colore verde, grigioscuro e marrone, in strati medi e spessi; marne argillose laminate e marne silicizzate a frattura prismatica (paesiforme). Ricontrata sulla verticale **SSE**.

b) litofacies pelitico-calcareo, formata da argille e argille siltose grigie e giallastre, associate a sottili strati di calcilutiti grigie e giallognole con vene di calcite spatica; verso l'alto locali intercalazioni di arenarie vulcanoclastiche;

c) litofacies argillitico-calcareo-diasprigna, formata da alternanze di argilliti grigiastre e grigioviolacee, marne silicizzate rosso-bruno-violacee o giallastre in strati medio-sottili, paesiformi, a geometria tabulare con stratificazione ritmica; strati e banchi di calcari marnosi giallo-arancio alterati, con subordinate intercalazioni di calcareniti grigio-chiaro, argille scagliose rosso bruno e vinaccia, marne silicifere rosso vinaccia e violacee, calcareniti ibride e siltiti laminate. **Ricontrata sulle verticali 04-05.**

Le litofacies "pelitico-calcareo" e "argillitico-calcareo-diasprigna" si presentano talora eteropiche e passano verso l'alto alla litofacies "calcareomarnosa-arenacea". Le età riscontrate nelle analisi biostratigrafiche variano dal Cretacico sup., per la presenza di *Eiffelithus postpichalii*, all'Oligocene sup., per la presenza di *Cyclicargolithus abisectus*. La parte alta della litofacies calcareo-marnoso-arenacea è risultata di età miocenica (Burdigaliano superiore).

Formazione delle Arenarie di Ponte

La formazione delle Arenarie di Ponte (Miocene inf.) è formata da arenarie grigiastre o giallognole, arcose ed arcose-litiche con quarzo, a grana medio-grossolana e medio-fine, e da litareniti micacee e tufitiche in strati e banchi massivi e fratturati, passanti verso l'alto ad intervalli laminati in arenaria fine e siltosa. Subordinatamente si rinvengono intercalazioni di calcareniti grigioavana, marne grigiastre ed argille grigio-verdastre, anche scagliose di colore rosso-vinaccia. Lo spessore non sembra superare i 50 m.

Flysch Numidico

Il Flysch Numidico (Burdigaliano medio-sup. - Langhiano medio-sup.) è formato, nell'unità in esame, da quarzoareniti grigiastre o giallastre, in strati medi e sottili, gradati, a cemento siliceo ed in matrice argillosa, con clasti di quarzo arrotondati e smerigliati, a grana variabile da fine a grossolana.

Nella porzione basale si rinvengono intercalate arenarie micacee giallastre a luoghi laminate ed argille siltose e marnose, calcareniti, marne siltose e calcari parzialmente silicizzati; subordinatamente arenarie quarzoso-litiche, a luoghi laminate.

Lo spessore è stimato in circa un centinaio di metri. Le associazioni fossilifere sono indicative del Burdigaliano medio-superiore per la presenza di *Sphenolithus heteromorphus* e *Discoaster variabilis*; la presenza di *Orbulina suturalis*, tra le associazioni a foraminiferi planctonici, ha permesso di attribuire alla parte alta di questa formazione un'età del Langhiano medio-superiore.

Formazione di San Giorgio (Ricadono in questa formazione le torri WTG08-WTG09)

La successione della Formazione delle Arenarie di San Giorgio è prevalentemente silico-clastica e subordinatamente calcareo-clastica. Buone esposizioni sono presenti in corrispondenza degli abitati di Molinara e San Giorgio La Molarata. Su base litostratigrafica la successione è stata suddivisa in quattro membri di età Serravalliano inferiore - Tortoniano inferiore, descritti nel seguito a partire da quello stratigraficamente più basso.

- a) Il Membro arenaceo-calcareo-marnoso (GGM1) è formato da arenarie quarzoso-feldspatiche e quarzose a grana medio-fine in strati medi e sottili, con intercalazioni di calcareniti torbiditiche, calcari marnosi, marne argillose e marne a rodoficee; subordinati microconglomerati granulari in strati e banchi amalgamati; alla base intercalazioni di strati di quarzoareniti di tipo numidico. Lo spessore è di circa 100 m.
- b) Il Membro arenaceo-pelitico (GGM2) è formato da areniti medio-fini di colore grigio-avana con intervalli Tb-c di Bouma e sottili interstrati pelitici, e da arenarie granulari e microconglomerati in strati da medi a spessi, talora amalgamati, massivi o a laminazione a grossa scala. Lo spessore è di circa 200 m. Nei due membri sono state ritrovate microfaune del Miocene inferiore, ma per la posizione stratigrafica la loro età è riferibile almeno al Serravalliano inferiore.
- c) Il Membro arenaceo-conglomeratico (GGM3) è formato da arenarie medio-grossolane, da quarzofeldspatiche a quarzoso-litiche, microconglomerati granulari e, subordinatamente, arenarie ciottolose, in strati molto spessi e banchi amalgamati a stratificazione indistinta, con strutture massive o gradate; a luoghi si riconoscono strutture da fluidificazione, prodotte da flussi torbiditici di alta densità. Lo spessore è di circa 180 m (Langhiano superiore, per posizione stratigrafica Serravalliano).
- d) Il Membro arenaceo-calcareo-pelitico (GGM5) è formato da sottili intercalazioni di areniti medio-fini, micacee e litiche, siltiti grigiastre, arenarie calcaree, calcari marnosi in strati sottili, argilliti e marne argillose nerastre, riferibili a torbiditi sottili con laminazioni piano/oblique e convolute; si rinvengono subordinate arenarie a grana media in banchi massivi. Lo spessore è di circa 80 m. La parte bassa del membro è attribuita al Serravalliano superiore/Tortoniano inferiore; la parte alta per la presenza di *Discoaster calcaris* è attribuita al Tortoniano inferiore. La successione, nell'insieme, presenta i caratteri della sedimentazione distale di un sistema torbiditico in appoggio concordante sulle Argille Varicolori del Fortore, con uno spessore complessivo approssimativamente di circa 550 m. Essa è troncata tettonicamente dai terreni dell'Unità del Sannio.

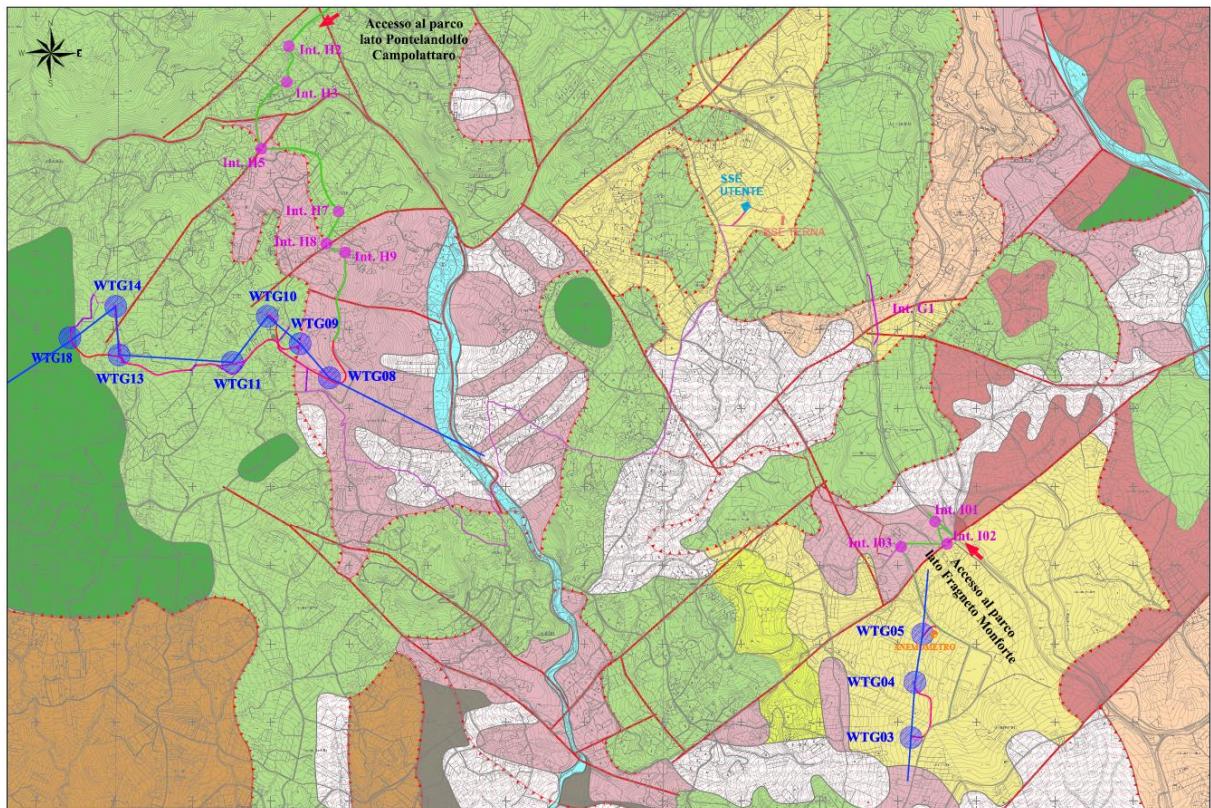
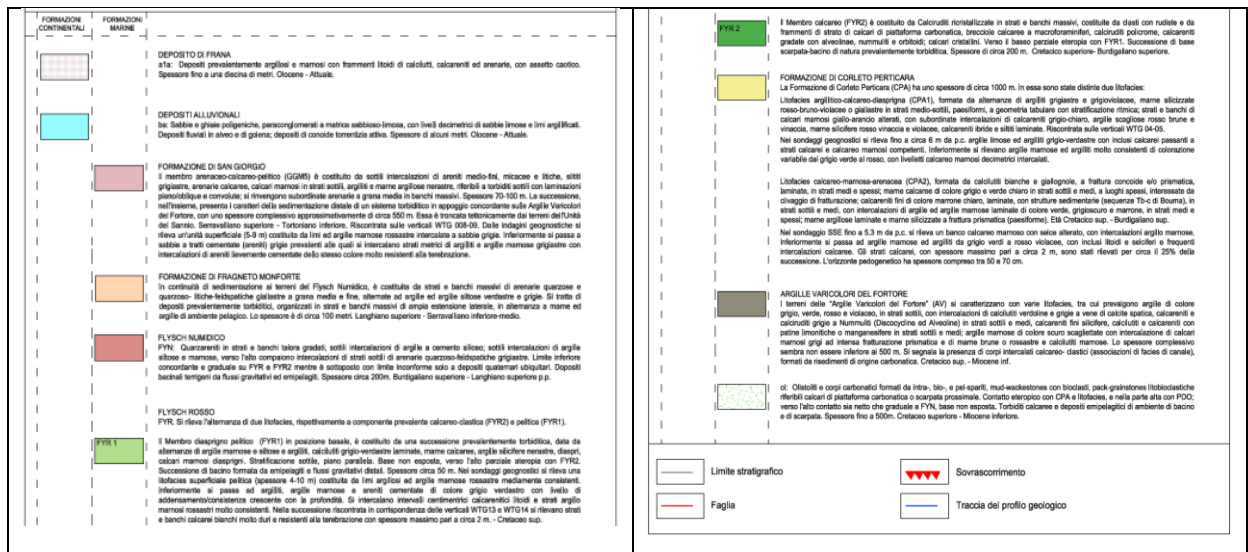


Figura 15. Stralcio della carta geologica e legenda con opere in progetto.

4.2 ASSETTO STRUTTURALE

L'assetto strutturale è caratterizzato da una embricazione prevalente est-vergente di megapieghe associate a faglie inverse entro sovrascorrimenti di diversa estensione sovrapposti nella direzione adriatica. La sovrapposizione tettonica documenta due momenti che sostanziano una fase di deformazione e una fase di strutturazione del settore di avampaese-catena marginale miopliocenico.

Il primo momento è rappresentato dalla deformazione precoce o embrionale delle successioni multistratificate a partire dal Serravalliano superiore-Tortoniano inferiore, in direzione prevalentemente settentrionale per la presenza di transpressioni destre incipienti; il secondo momento è caratterizzato da fasi di sradicamento ed affastellamento, che risultano definitivamente limitate entro tronchi discreti in direzione orientale per gli effetti di transpressioni a componente di movimento destre (Figura 16), meglio espresse a partire dal Messiniano inferiore (fascia compresa entro il lineamento Fiume Calore – Torrente San Lazzaro a sud e il lineamento Piana di Morcone - Rio Freddo a nord).

L'area sannita, oggetto di questo lavoro, è rappresentabile come parte di un tronco discreto nel quale il motivo strutturale dominante è l'associazione delle trascorrenze destre e del raddoppio delle successioni di bacino meso-cenozoico lagonegrese-molisano (sovrapposizione tettonica dei terreni dell'Unità del Sannio sui terreni dell'Unità del Fortore). Il *thrust* ha una geometria sub-orizzontale (settore di *flat* del sovrascorrimento) e costringe al muro l'insieme dei terreni dell'Unità del Fortore e di parte dei terreni del Supersistema dell'Irpinia. La sovrapposizione avrebbe troncato ed inibito la sedimentazione di avanfossa s.l. nel settore in studio già a partire dal Serravalliano superiore (top della Successione di Fragneto Monforte) e fino al Tortoniano inferiore (*top* delle "Arenarie di San Giorgio").

Il limite più orientale dell'unità di tetto del sovrascorrimento (Unità del Sannio) è visibile in corrispondenza della località Case Romiti, nei pressi dell'abitato di Montefalcone di Val Fortore, ubicata subito ad est dell'area di studio. Tale limite contiene al muro i terreni del Flysch di San Bartolomeo, che nel presente lavoro sono compresi nel Sistema di Villamaina. Nelle porzioni ad occidente della longitudine di Montefalcone Valfortore, l'unità di letto (Unità del Fortore) affiora esclusivamente in finestra tettonica.

I settori che espongono l'unità di letto sono la finestra tettonica del Torrente Reinello e più ad occidente la finestra tettonica del Torrente Tammarecchia - Fiume Tammaro. In tali settori sono spinti i processi sub-aerei di inversione del rilievo con i quali gli alti strutturali (strutture antiformali) corrispondono a bassi morfologici.

L'esposizione dell'unità di letto poste al nucleo delle strutture antiformali è oltremodo favorita dai rigetti del limite tettonico in posizione di *flat* per l'azione di faglie normali epigenetiche. Le strutture plicative (megapieghe anticlinali e sinclinali associate a taglio inverso) nello specifico si possono considerare come il prodotto della deformazione e parziale strutturazione dell'ampia banda di taglio limitata da lineamenti trascorrenti destri .

Un esempio è il settore corrispondente alla banda di taglio destra (lineamento Fiume Calore - Torrente San Lazzaro e lineamento Piana di Morcone - Rio Freddo), ove sono sviluppate megapieghe con assi immergenti verso sud e con orientazione NNE-SSW, quali per esempio l'anticlinale di Circello - San Marco dei Cavoti. Tale struttura anticlinale espone al nucleo i terreni argillosi delle Argille Varicolori del Fortore ed i terreni calcareo-marnosi della Formazione di Corleto Perticara nei settori nordorientali, mentre, in corrispondenza dei settori sud-occidentali, al nucleo sono presenti i terreni

silico-clastici del Sintema di Reino. Ancora più ad ovest la struttura anticlinale prosegue con soluzioni di continuità (finestra tettonica del Torrente Tammarecchia - Fiume Tammaro) con il *thrust* di Casalduni - Pontelandolfo - Morcone. Quest'ultimo costituisce uno dei blocchi morfostrutturali relitti con maggiore evidenza nel paesaggio, in cui il membro calcareo del Flysch Rosso risulta tettonicamente sovrapposto ai diversi termini del Sintema di Reino.

In corrispondenza del settore della banda di taglio destra, ubicato ad est dell'abitato di San Giorgio La Molara, le megapieghe sono ordinate secondo ampie anticlinali con fianco esterno verticale o rovesciato e giustapposto su antistanti fianchi di simili strutture con orientazione degli assi WSWENE (N40°-70°). Ciò rivela che il piano meccanico giunge anche a tagliare e dislocare la superficie assiale mascherando al muro sinclinali serrate e rovesciate; in altri casi esso determina lo sviluppo di anticlinali tagliate, tipo *box-fold* asimmetriche e trasportate fin sopra i fianchi normali delle strutture plicative più esterne.

Le mesostrutture si riconducono a due sistemi di orientazione degli assi. Un primo sistema è orientato WSW-ENE (N40°-70°) ed è associato alla deformazione da *wrenching*; un secondo e successivo sistema ha orientazione degli assi NW-SE (orientazione appenninica) ed è associato alla fase di inglobamento della copertura sedimentaria nel cuneo tettonico.

L'assetto tettonico di natura compressiva è complicato dalla diffusa presenza di lineamenti tensili legati alla epigenesi. In particolare evidenza sono le faglie a componente normale con orientazione NW-SE, che sembrano tagliare, a partire dal Pleistocene medio, tutti gli altri lineamenti tensili di età plio-pleistocenica (N-S, E-W).

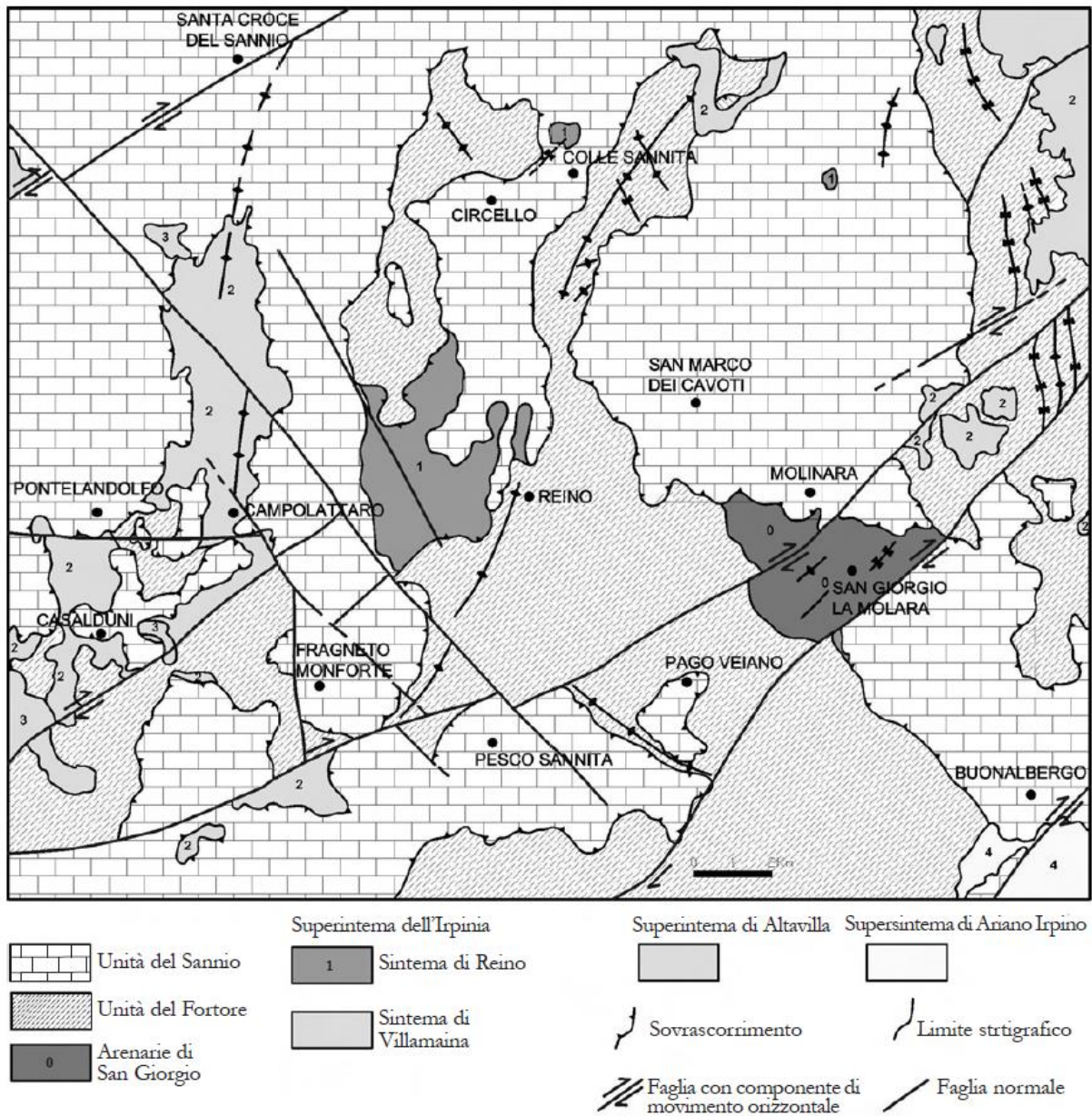


Figura 16. Schema tettonico del settore centrale dei Monti del Sannio.

5 ASPETTI SISMOLOGICI

5.1 SISMICITA' STORICA

L'area indagata è stata interessata più volte in epoca storica da eventi sismici anche di dimensioni notevoli. Al fine di delineare un quadro più preciso delle conoscenze di sismicità storica occorsa nell'area Sannio-Matese consideriamo le informazioni contenute nel catalogo CPTI11 (Gruppo di Lavoro CPTI11, 2011). Il catalogo CPTI11 si riferisce a un database macrosismico (DBMI11; Locati et al., 2011) e su una base di dati strumentali ampia e aggiornata. CPTI11 si compone di due sezioni, delle quali la principale (1000-2006), contenente 2984 terremoti. Le soglie di riferimento sono $l_0 = 5-6$ e $M_w = 4.5$, il catalogo contiene diverse centinaia di eventi al di sotto di queste soglie. La base di dati macrosismici, che costituisce l'oggetto di DBMI11 (Locati et al., 2011), rappresenta quanto disponibile a tutto il 2008, con l'eccezione dei dati provenienti dagli studi di Molin et al. (2008). La base di dati strumentali è stata arricchita mediante l'utilizzo di cataloghi parametrici e bollettini strumentali, quali:

- i Cataloghi Strumentali dei Terremoti Italiani 1981-1996 (CSTI1.1, Gruppo di lavoro CSTI, 2005) e 1981-2002 (CSI1.1, Castello et al., 2006);
- il bollettino strumentale INGV 2002-2008 (INGV, 1983-2008); - le determinazioni di M_w fornite da Pondrelli et al. (2001, 2002, 2004, 2006).

Nelle immediate vicinanze di Casalduni in epoca storica sono occorsi numerosi eventi sismici anche di dimensioni rilevanti (la magnitudo massima degli eventi più prossimi è di poco inferiore a 7). Nella Figura 18 sono riportate le osservazioni macrosismiche per il comune di Casalduni contenute nel database Macrosismico Italiano – DBMI (Locati et al., 2011). Gli eventi raccolti in questa tabella sono ordinati cronologicamente. L'evento sismico che ha prodotto i maggiori danni è il terremoto occorso nel 1688; la magnitudo momento stimata per questo evento corrisponde a 7.06 che ha determinato un'intensità macrosismica del decimo grado.

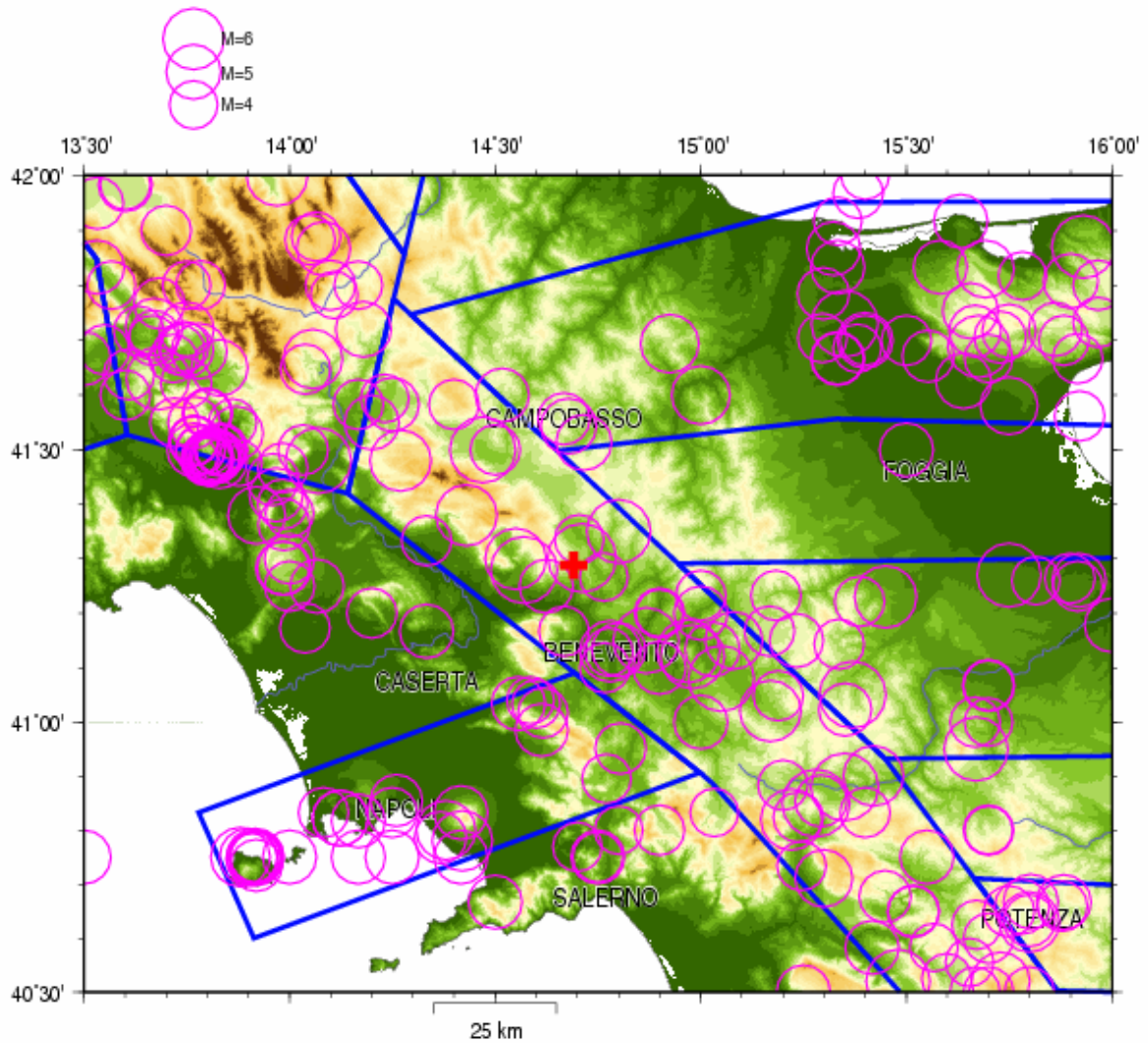


Figura 17. Sismicità storica contenuta nel catalogo CPTI (Gruppo di Lavoro CPTI11, 2011). I poligoni con bordo blu descrivono gli elementi della zonazione sismogenetica ZS9.

Casalduni

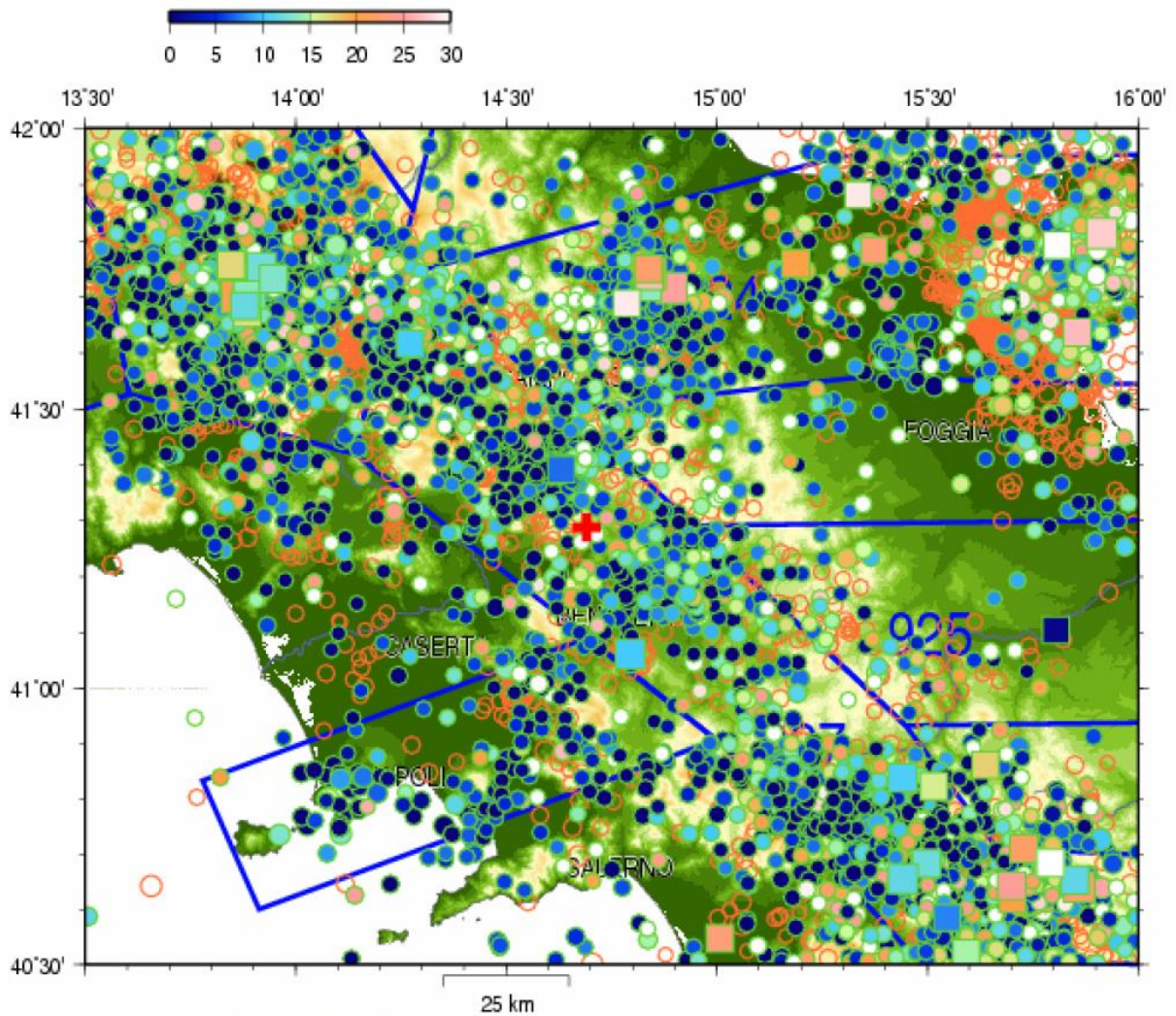
PlaceID IT_59478
 Coordinate (lat, lon) 41.260, 14.695
 Comune (ISTAT 2015) Casalduni
 Provincia Benevento
 Regione Campania
 Numero di eventi riportati 21

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
9-10	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
10	1688	06	05	15	30		Sannio	215	11	7.06
7	1732	11	29	07	40		Irpinia	183	10-11	6.75
NF	1903	05	04	03	44		Valle Caudina	78	7	4.69
5	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
7-8	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
7	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1990	04	22	09	45	0	Sannio	74	6	3.98
NF	1990	04	22	16	47	0	Sannio	34	5	3.63
5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
NF	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
4-5	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52
3	1997	04	22	03	12	0	Sannio-Matese	57	5	4.06
2	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
5	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
2-3	2002	11	12	09	27	4	Molise	174	5-6	4.57
NF	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44
2	2003	12	30	05	31	3	Molise	326	4-5	4.53
NF	2005	05	21	19	55	1	Area Nolana	271	5	4.07
NF	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64

Figura 18. Osservazioni macrosismiche per Circello contenute nel database DBMI15 (Stucchi et al., 2007).

5.2 SISMICITA' STRUMENTALE

La mappa in Figura 19 rappresenta la distribuzione della sismicità strumentale raccolta nel Catalogo della Sismicità Italiana – CSI (Castello et al., 2006). Il catalogo CSI contiene eventi sismici registrati dalla rete sismica INGV nell'intervallo temporale compreso tra il 1981e il 2002.



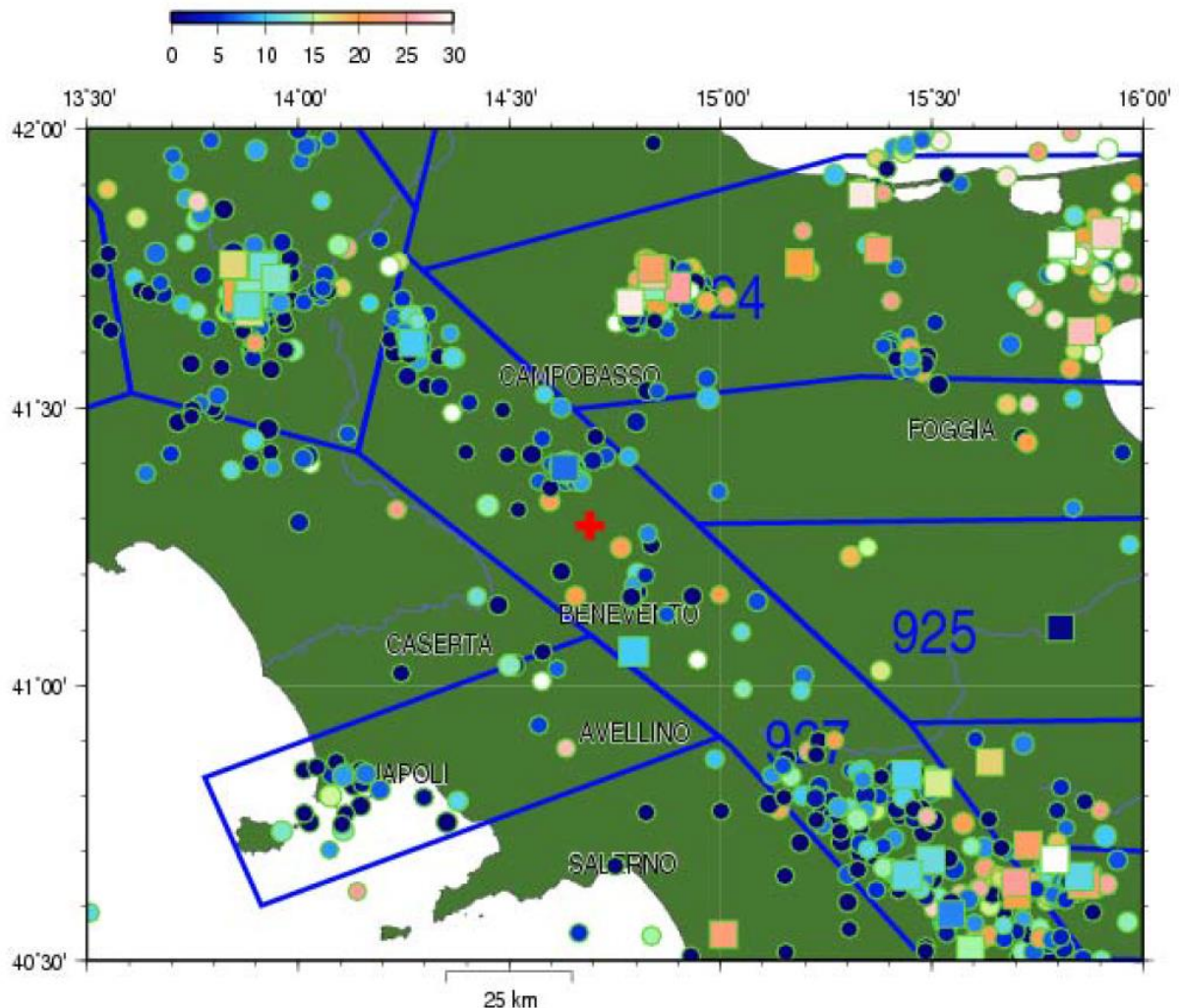


Figura 19. (pannello superiore) Sismicità strumentale contenuta nel catalogo CSI (Castello et al., 2006). Il colore di campitura dei cerchi è proporzionale alla profondità ipocentrale degli eventi (si veda a questo proposito la legenda posta in alto a sinistra). I cerchi non campiti di colore arancione rappresentano gli eventi contenuti nel Bollettino Sismico dell'INGV. (pannello inferiore) come pannello superiore ma solo con eventi del catalogo CSI di magnitudo superiore a 2.5.

L'area indagata si trova in un settore caratterizzato da un'intensa attività sismica con eventi di natura prevalentemente crostale la cui profondità ipocentrale è mediamente inferiore a 15-20km.

La sismicità strumentale osservata, quest'ultima perlopiù intesa come sismicità di bassa energia, viene attribuita da diversi Autori a strutture con direzione anti-Appenninica, considerate come strutture di svincolo tra le faglie distensive con direzione Appenninica dotate del maggior potenziale sismogenetico.

Bisio et al. (2004) studiando un insieme di eventi sismici di bassa magnitudo occorsi nel periodo 1991-2001 nell'area Sannio-Matese osservano un'evidente disomogeneità crostale in cui si distinguono parti ad alta resistenza con strutture anticlinali est-vergenti sepolte. Tali elementi

tettonici vengono fatti corrispondere a settori, disposti con un orientamento di tipo appenninico, dotati di elevati valori di propagazione delle onde di compressione ovvero capaci d'accumulare elevati livelli di deformazione. Bisio et al. confrontando la posizione delle aree epicentrali di alcuni tra i maggiori terremoti storici occorsi nell'area Sannita (1805, 1688) con le posizioni delle regioni ad alta velocità individuate notano una buona corrispondenza. Inoltre, osservano una disposizione preferenziale della sismicità strumentale ai bordi di queste zone ad alta resistenza. Milano et al. (2005) riprendendo i risultati di precedenti studi effettuati sulle sequenze sismiche e sui principali eventi occorsi nell'area - 1990, 1991-1992 e 1997-1998 - questi Autori (Milano et al., 2005) accertano che le sequenze sopraccitate mostrano un allungamento prevalente con direzione anti-appenninica ed una posizione interposta tra le aree generatrici di terremoti di rilevanti dimensioni (1805, 1688).

5.3 SORGENTI SISMOGENETICHE

La zona investigata si trova in una delle aree caratterizzate da più alti valori del potenziale sismogenetico dell'intero territorio nazionale. Considerando la zonazione sismotettonica del territorio italiano ZS9, impiegata per il calcolo delle più recenti mappe di pericolosità sismica (Gruppo di Lavoro, 2004; Meletti et al., 2008), Casalduni si situa all'interno della zona sismogenetica 927. Questa zona sismogenetica si contraddistingue per l'occorrenza di numerosi terremoti distruttivi (la magnitudo massima indicata dal Gruppo di Lavoro (2004) per questa zona sismogenetica corrisponde a 7.00) ed un meccanismo di rottura prevalente di tipo normale (Meletti et al., 2008). La prevalenza di meccanismi focali di natura distensiva in questi settori è confermata anche da Pondrelli et al., 2006 e da Milano et al., 2005.

Bousquet et al. (1993) hanno studiato la neotettonica dell'area circostante Benevento individuando un'attività di età quaternaria lungo strutture con direzione "appenninica" (ESE-ONO) e strutture con strike disposte E-O. Nelle conclusioni del citato articolo, questi stessi autori, prendendo ad esempio il caso del terremoto Irpino del 1980, pongono l'attenzione sul fatto che in questi settori terremoti di energia elevata possono realizzarsi lungo sistemi con scarse evidenze superficiali.

Studi paleosismologici hanno consentito di caratterizzare le faglie responsabili di molti di questi terremoti, dimostrando che dislocazioni tardo pleistoceniche-oloceniche hanno interessato molte strutture considerate in passato completamente inattive.

Dall'analisi del Catalogo INGV DISS (Database of Individual Seismogenic Sources - <http://diss.rm.ingv.it/dissGM/>) risulta che l'area di sedime dalle opere in oggetto non è interessata da faglie considerate attive e capaci. Le seguenti sorgenti sismogenetiche costituiscono il quadro sismogenetico del settore in esame:

- Sorgente sismogenetica composita ITCS024: Miranda-Apice (Figura 21);
- Sorgente sismogenetica composita ITIS005: Tammaro Basin (Figura 22);

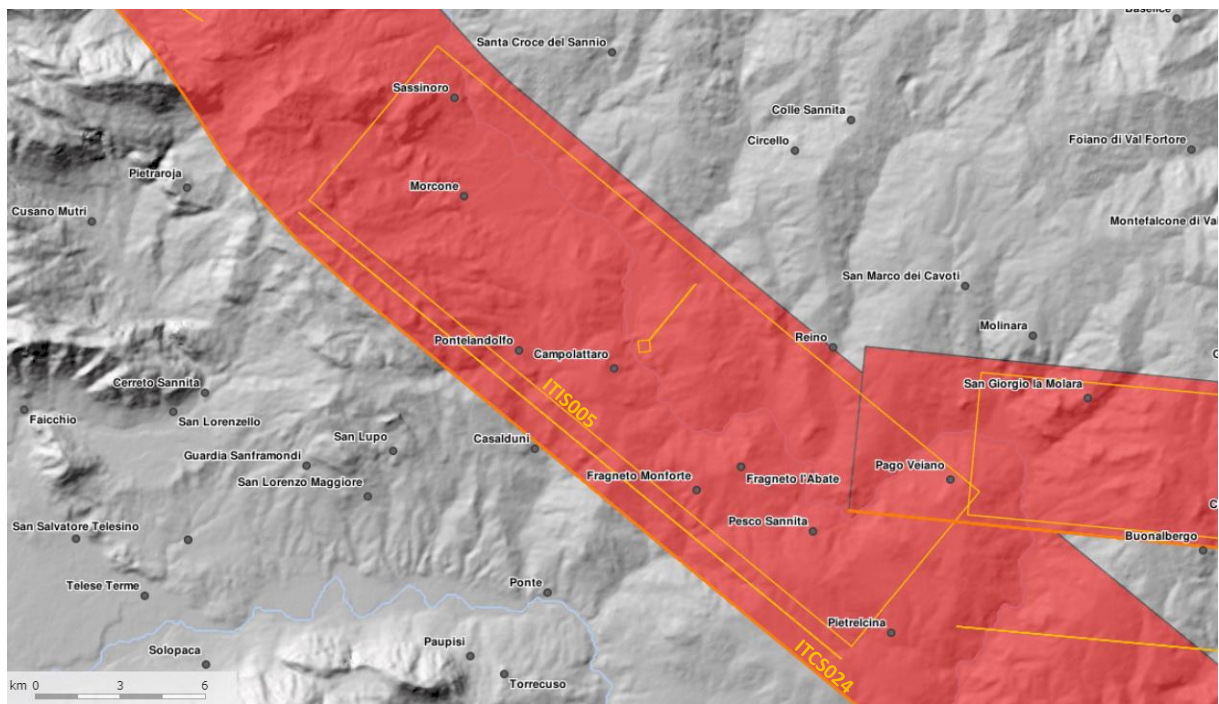




Figura 20. Sorgenti sismogenetiche che interessano il territorio di Casalduni e Pontelandolfo (DISS)

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS024
Name	Miranda-Apice
Compiler(s)	Fracassi U.(1)
Contributor(s)	Valensise G.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08-Jan-2005
Updated	20-May-2010
Display map ...	 
Related sources	ITIS004 ITIS005 ITIS089



PARAMETRIC INFORMATION

	PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	1.0	LD	Based on data of instrumental seismicity.
Max depth [km]	14.0	LD	Based on data of instrumental seismicity.
Strike [deg] min... max	300...330	OD	Based on geological and geomorphological observation.
Dip [deg] min... max	50...60	OD	Based on geological and geomorphological observation.
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from regional seismological constraints.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1... 1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.6	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 21. Catalogo DISS (INGV): Sorgente sismogenetica composta ITCS024.

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITIS005
Name	Tammaro Basin
Compiler(s)	Bordoni P.(1), Pantosti D.(2)
Contributor(s)	Bordoni P.(1), Pantosti D.(2), Valensise G.(2)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Centro Nazionale Terremoti; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	31-Oct-2001
Updated	25-Jun-2015
Display map ...	 
Related sources	ITCS024

PARAMETRIC INFORMATION

	PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	41.29 / 14.74	LD	Based on geological and geomorphological observation.
Length [km]	25.0	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Width [km]	14.3	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	1.0	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Max depth [km]	13.4	AR	Derived from dip, width and min depth.
Strike [deg]	311	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Dip [deg]	60	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Rake [deg]	270	EJ	Inferred from regional seismological considerations.
Slip Per Event [m]	0.9	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	900...9000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.6	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 22. Catalogo DISS (INGV): Sorgente sismogenetica individuale ITIS005.

6 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

6.1 INQUADRAMENTO GENERALE

L'area di studio è caratterizzata da versanti di natura prevalentemente argillosa, con intercalazioni limo-sabbiose ed intervalli calcarei, caratterizzate da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.

L'azione morfogenetica predominante viene esercitata dall'azione delle acque dilavanti, particolarmente sviluppata nelle porzioni di versanti più acclivi e prive di vegetazione, determinando processi d'erosione accelerata. Le acque incanalate inducono instabilità locali che possono estendersi verso monte compromettendo l'equilibrio dei versanti stessi. L'area direttamente interessata dal presente lavoro comprende la sommità di una serie di rilievi, a pendenza piuttosto dolce, talvolta corrispondenti a paleosuperfici erosive, reincise dall'approfondimento del reticolo fluviale successivo al sollevamento della catena. Il reticolo di drenaggio è di tipo dendritico, i versanti si presentano molto articolati, sia per il susseguirsi di valli e vallecole di erosione lineare, sia per la presenza di nicchie di frana di varia natura e dimensioni, talvolta localizzate sui fianchi e testate di valli di basso ordine gerarchico, di recente sviluppo o ancora in fase di approfondimento accelerato. Nell'analisi geomorfologica dei versanti esaminati, forme e processi di genesi gravitativa sono stati frequentemente riscontrati. I versanti sono interessati da estesi movimenti per colamento e di genesi complessa, generalmente quiescenti, riattivabili in corrispondenza di importanti eventi meteorici.

I litotipi che affiorano nell'area sono caratterizzati da un tipo di permeabilità prevalentemente per porosità e, solo subordinatamente, nelle porzioni litoidi fratturate, da una permeabilità per fessurazione. Il grado di permeabilità di questi complessi idrogeologici è nell'insieme piuttosto basso, così come bassa risulta l'infiltrazione efficace. La circolazione idrica sotterranea in questi terreni risulta piuttosto superficiale e quantitativamente molto limitata e localizzata nella coltre d'alterazione superficiale, soprattutto dove questa assume potenza maggiore, o nei litotipi fratturati. Lo strato di alterazione, nei periodi di piovosità, diventa sede di una falda idrica in quanto dotato di una permeabilità più elevata rispetto ai livelli più profondi impermeabili. Il pelo libero della falda mostra un andamento conforme al pendio e nei periodi di massima piovosità si porta fino al piano campagna, saturando così tutto lo spessore dei materiali della coltre.

Il Fiume Tammaro rappresenta il corso d'acqua principale. Nasce in Molise e attraversa, per la quasi totalità del suo corso, la provincia di Benevento. Esso corre lungo i versanti orientali del massiccio del Matese, su substrati prevalentemente dolomitici, alimentandosi delle acque di diversi affluenti, dei quali il più importante è il Torrente Tammarecchia. Nel tratto superiore, in corrispondenza dell'abitato di Campolattaro (BN) il suo corso è interrotto da una diga. La diga di Campolattaro, sul Fiume Tammaro, è ubicata a circa un chilometro a nord-est dell'omonimo comune. La capacità utile dell'invaso è pari a 109.000.000 m³. L'invaso utilizza integralmente le acque del Fiume Tammaro e del Torrente Tammarecchia. I bacini sottesi risultano avere un'estensione di 256 km² sull'asta del Fiume Tammaro e di 95 km² sul Torrente Tammarecchia.

Tammaro

Ampiezza bacino	673 Km ²
Lunghezza Totale	70 Km
Quote sorgenti	558 m s.l.m.
Regione interessata	Campania Molise
Province	Campobasso Benevento
N° comuni del bacino	16
Stazioni monitorate	3

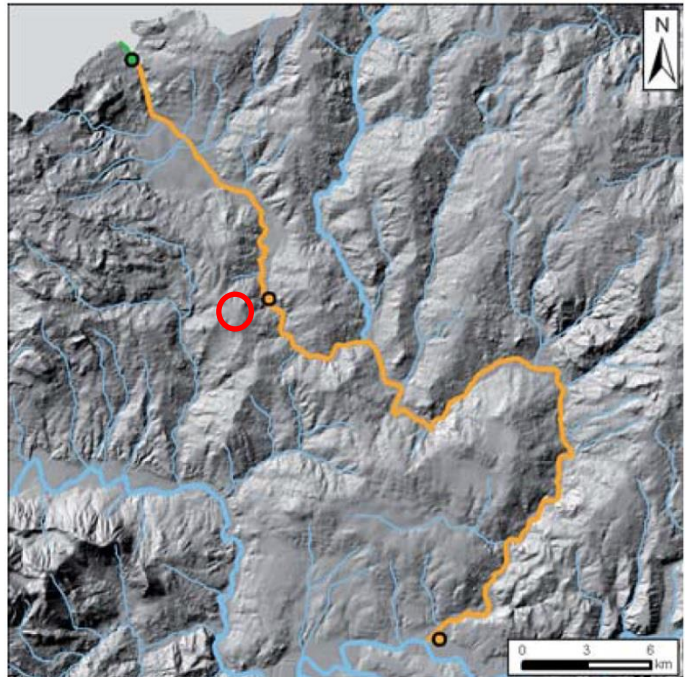


Figura 23. Scheda Fiume Tammaro. In rosso l'area del parco eolico.

Tammarecchia

Ampiezza bacino	123 Km ²
Lunghezza Totale	30 Km
Quote sorgenti	m s.l.m.
Regione interessata	Campania
Province	Benevento
N° comuni del bacino	4
Stazioni monitorate	1

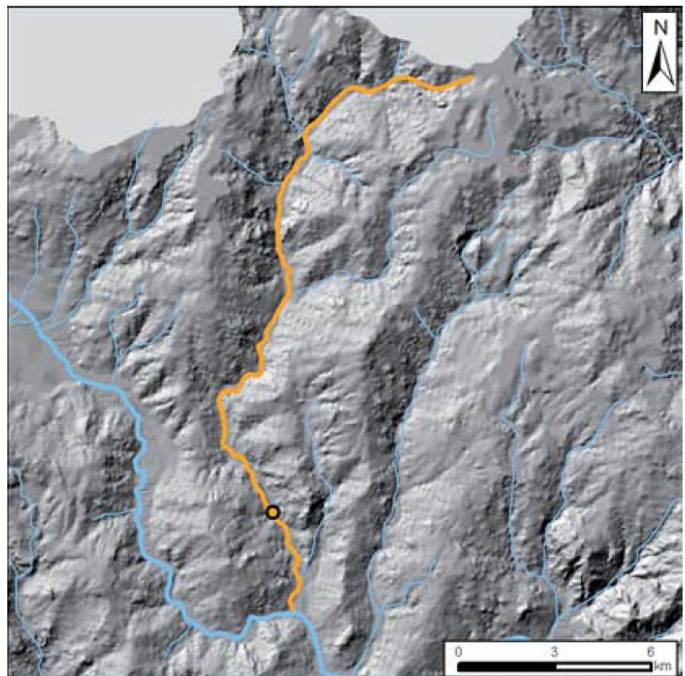


Figura 24. Scheda Fiume Tammarecchia.

6.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

Durante la progettazione esecutiva sono stati condotti sopralluoghi finalizzati a verificare eventuali criticità geomorfologiche interferenti con le opere previste progettualmente. Le informazioni acquisite sono state confrontate con gli elementi descritti nella cartografia ufficiale. In particolare le informazioni rilevate sono state confrontate con la cartografia geomorfologica fornita dal Progetto IFFI e con la Carta degli scenari di rischio contenuta nel PAI-Piano stralcio per l'assetto idrogeologico.

Le aree di sedime delle torri eoliche non ricadono in aree a rischio frana; le opere saranno fondate su aree geomorfologicamente stabili con pendenze inferiori a 15°. Nel corso delle lavorazioni si provvederà ad una minima interferenza con il regime delle acque superficiali, installando in corrispondenza di piazzole e piste adeguati fossi di guardia in terra, i quali permetteranno nella configurazione provvisoria il drenaggio delle acque negli impluvi naturali.

Diversamente, alcuni settori attraversati dal cavidotto in progetto risultano essere interessati da dissesti localizzati legati all'azione erosiva concentrata esercitata dalle acque correnti superficiali. L'erosione concentrata può determinare localmente l'attivazione o la riattivazione di corpi di frana per colamento, di limitato spessore (solitamente 1-2 m) e dalla limitata estensione areale. I movimenti in alcuni casi coinvolgono le infrastrutture locali, determinando lesioni sulla pavimentazione stradale (Figura 28, Figura 29).

Gli interventi relativi alla realizzazione del cavidotto di collegamento (Par. 3.4), prevedono lo scavo di una sezione di limitate dimensioni (larghezza massima di 70 cm e profondità di 1.2 m), la posa in opera dei cavi e il rinterro della sezione, interventi tali da non incidere sulla stabilità globale e locale del pendio. L'attraversamento dell'area in frana sarà effettuato adottando specifici accorgimenti finalizzati alla minimizzazione delle interruzioni che eventuali fenomeni dislocativi potrebbero potenzialmente determinare sulle opere. Non verranno creati ruscellamenti e infiltrazioni concentrate, al fine di non alterare lo stato dei luoghi.

L'analisi della "Carta degli scenari di rischio", Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dell'Autorità di bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, evidenzia che gli interventi in progetto interessano in alcuni settori aree a rischio da frana. È stato pertanto condotto un accurato Studio di compatibilità idrogeologica (SCI-el. 239EEOLIM000GEORE005A), in ottemperanza alle prescrizioni dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, espresse nell'ambito del parere favorevole al rilascio dell'Autorizzazione all'installazione ed all'esercizio dell'impianto eolico (Protocollo 7939 del 22/10/2014).

Lo studio, commisurato all'importanza e dimensione degli interventi ed alla tipologia di rischio e di fenomeno, è stato redatto secondo le indicazioni contenute all'art. 17 delle Norme attuative del Piano stralcio dell'assetto idrogeologico –Rischio di Frana(PsAI-Rf) edito dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno (L. n. 183/1989 e s.m.i.).

Nell'elaborato sono state condotte verifiche di stabilità di settori ricadenti in aree a Rischio frana interessati dalle piste d'accesso alle torri; inoltre sono state analizzati settori in corrispondenza dei quali si prevede la realizzazione di rilevati e fronti di scavo, facendo riferimento alle sezioni caratterizzate dalla maggiore altezza della scarpata pari a 4.00 m circa.

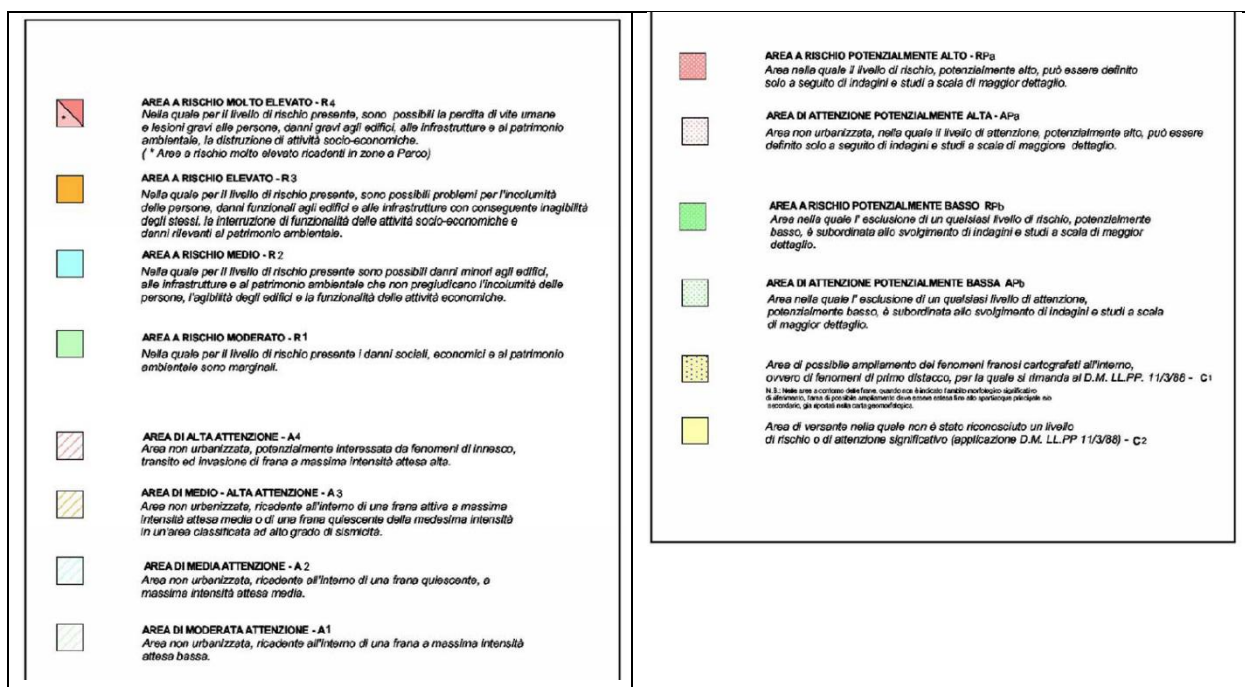
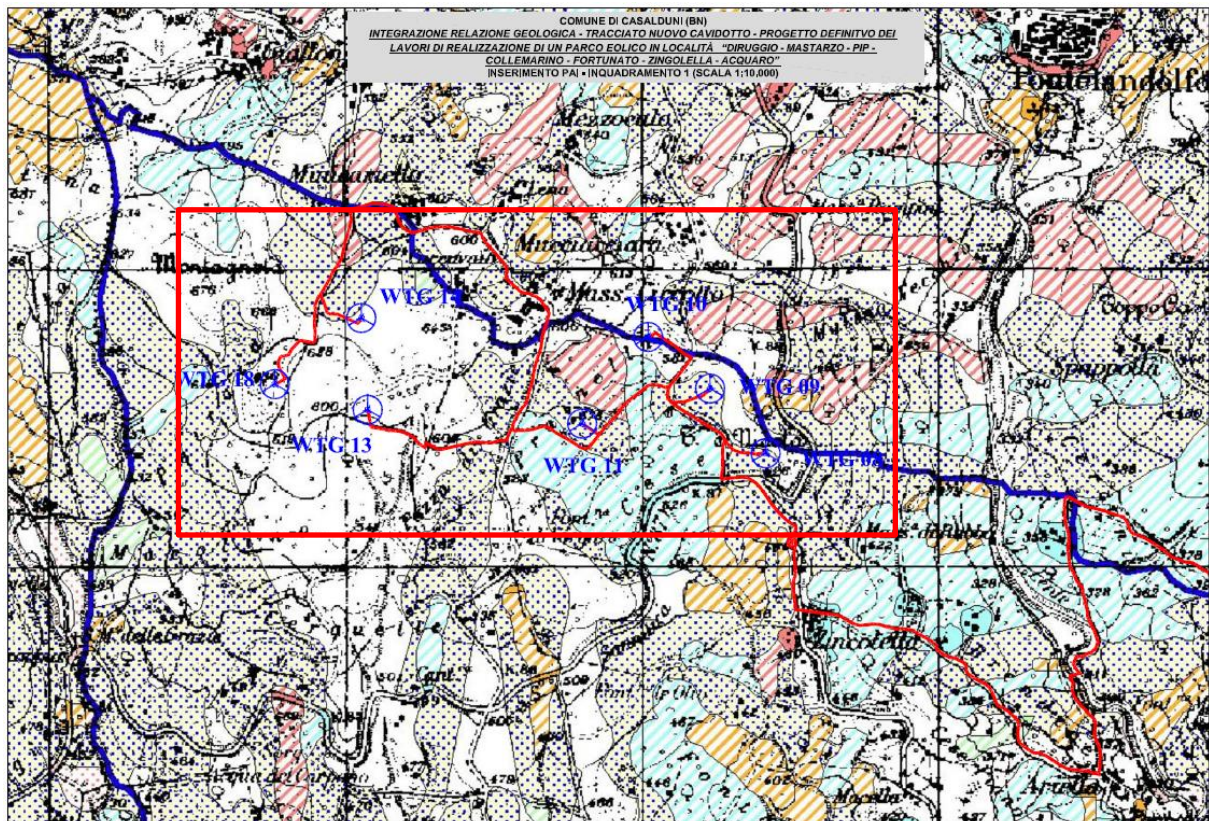


Figura 25. Sovrapposizione della planimetria di progetto alla Carta degli scenari di rischio, PAI – Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dell'Autorità di bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno. In evidenza l'area d'interesse.



Figura 26. Accesso area di sedime WTG 04



Figura 27. Area di sedime WTG 05



Figura 28. Forme di scalzamento per erosione regressiva al margine della strada comunale vicino l'area di sedime della WTG 05



Figura 29. Lesioni ed avvallamenti sulla carreggiata stradale in corrispondenza della pista di accesso alla WTG08.



Figura 30. Area di sedime WTG 08





Figura 31. Area di sedime WTG 09



Figura 32. Vista del Versante a valle della WTG08





Figura 33. Area di sedime WTG 10



Figura 34. Area di sedime WTG 11



Figura 35. Area di sedime WTG 13



Figura 36. Area di sedime WTG 14



Figura 37. Area di sedime WTG 18. Affioramento facies calcarea del Flysch Rosso, fortemente areata e carsificata.

6.2.1 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA DI PROGETTO

Per le aree di produzione la Carta Idrogeologica della Provincia di Benevento (Figura 38) individua i seguenti complessi idrogeologici.

Il complesso alluvionale (*a*-Figura 38) è costituito da depositi ciottolosi delle alluvioni attuali e recenti; ghiaie e sabbie di fondovalle, di golena e di riempimento degli alvei abbandonati dei maggiori corsi d'acqua. Permeabilità alta per porosità. Tale complesso si localizza nel fondovalle del T. Tammarecchia.

Il complesso arenaceo-molassico (*am*-Figura 38) è costituito da sabbioni ed arenarie grigio giallastre, talora gradate; argille arenacee grigio azzurre, talora alternanti a livelli di calcareniti e marne; lenti di puddinghe poligeniche. Permeabilità per fratturazione e porosità da bassa a media. Miocene.

Il complesso calcarenitico (*cr*-Figura 38) è costituito da brecce e calcareniti, arenarie quarzose e calcari cristallini, talora con liste e noduli di selce, associate, nella parte basale, a livelli di marne e argille policrome e talvolta anche a diaspri bruni e rossastri. Permeabilità medio alta per fratturazione. Miocene.

Il complesso argilloso marnoso (*arm*-Figura 38) è costituito da argille e marne siltose, grigie e varicolori, con intercalazioni di calcari e calcari marnosi, di calcareniti con liste di selce bruna, di arenarie talora grossolane. Permeabilità per porosità e fratturazione bassa. Oligocene.

Il complesso delle argille varicolori (*av* -Figura 38) è costituito da argille e argille siltose, generalmente con intercalazioni di calcari silicei e di arenarie sottilmente stratificate. Permeabilità molto bassa per porosità.

La circolazione idrica nei complessi oligo-miocenici è limitata alle lenti sabbiose più permeabili, tra loro difficilmente connesse a causa dall'elevato grado di eterogeneità laterale e verticale dei depositi. Tale configurazione determina la presenza di un numero limitato di sorgenti a carattere stagionale, circa dieci nel territorio comunale di Casalduni (Figura 38), caratterizzate da portate inferiori a 1 l/s. La vulnerabilità all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei descritti è da media a bassa.

I risultati delle analisi di laboratorio confermano quanto descritto in bibliografia, permettendo di attribuire al complesso argilloso marnoso e al complesso delle argille varicolori un intervallo di permeabilità compreso tra 10^{-10} e 10^{-12} m/s.

È stato condotto un monitoraggio dei livelli di falda nei piezometri installati (Tabella 6). L'installazione dei piezometri è stata predisposta in modo da monitorare i livelli piezometrici in tutte le zone interessate dalle opere in progetto, predisponendo il tratto filtrante del tubo piezometrico in funzione delle sequenze stratigrafiche riscontrate.

Nel complesso, data la bassa permeabilità dei complessi esaminati, la maggior parte delle acque di precipitazione defluiscono nel reticolo idrografico a basso grado di gerarchizzazione (aste di ordine massimo pari al secondo), avente come recapito finale il Torrente Tamaro.

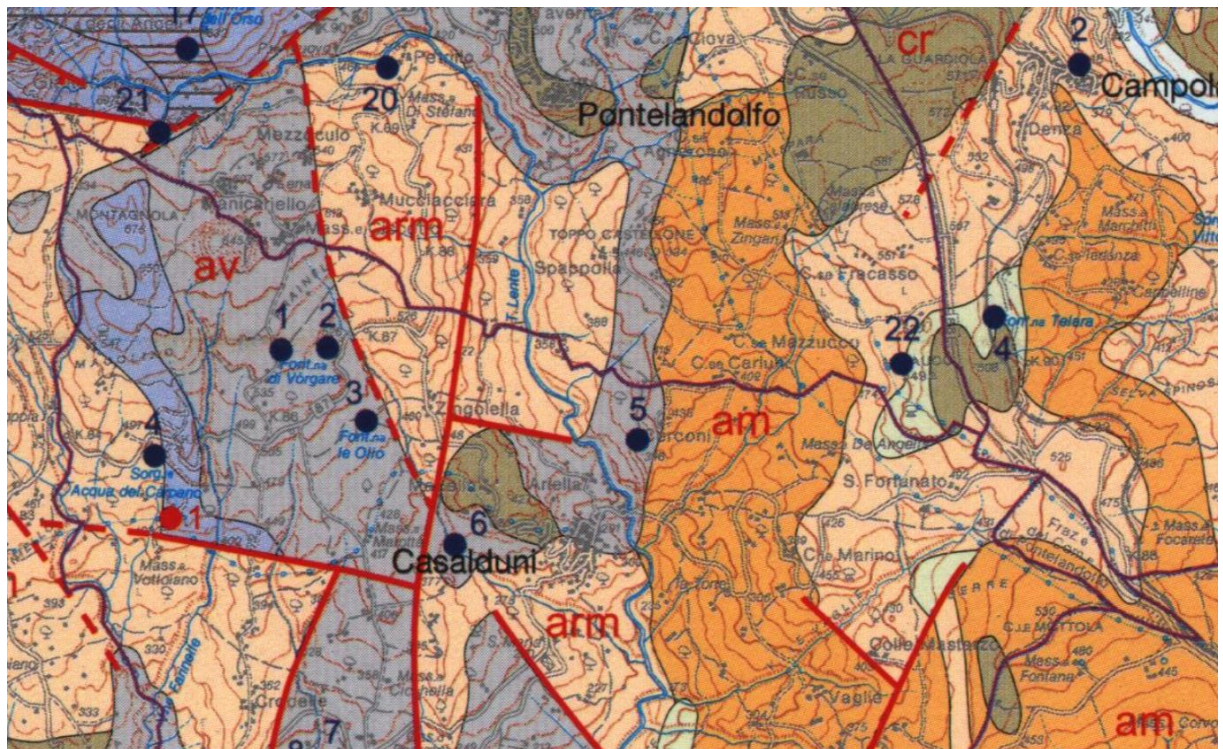


Figura 38. Carta Idrogeologica della Provincia di Benevento (Esposito et alii, 2002). La numerazione indica le sorgenti censite.

7 INDAGINI ESEGUITE

Nell'agosto 2011, in fase di progettazione definitiva, è stata condotta una prima campagna indagini di tipo geognostico, geotecnico e geofisico dalla società GeoSveva in corrispondenza delle torri eoliche WTG05, WTG10.

Dal mese di Agosto 2019 ad Ottobre 2019, al fine di integrare le conoscenze sulle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del volume significativo di terreno interessato dalle opere in progetto, è stata eseguita una seconda campagna di indagini di tipo geognostico, geotecnico e geofisico dalla società GeoSveva. La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni campionati in termini di proprietà fisiche, di resistenza e di rigidità è stata effettuata sulla base dei risultati ottenuti da indagini di laboratorio condotte conferendo i provini prelevati presso il laboratorio geotecnico autorizzato della medesima società ed in un ulteriore laboratorio (GTest s.a.s.) fornito di autorizzazioni ministeriali per prove su rocce.

La campagna di indagini ha interessato le aree di sedime ad oggi accessibili alla committente (WTG04, WTG05, WTG08, WTG09, WTG10, WTG11, WTG13, WTG14, SSE). Non sono state effettuate indagini di sito e laboratorio in corrispondenza delle aree di sedime delle torri WTG03 e WTG18, al momento non accessibili.

Le redatte stratigrafie di sondaggio, unitamente alle risultanze delle indagini geofisiche e delle prove geotecniche di laboratorio sono raccolte nell'elaborato "Risultati delle indagini di sito e laboratorio" allegato al presente progetto.

7.1 CAMPAGNA INDAGINI 2011

Nella prima campagna indagini condotta per la redazione del progetto definitivo sono stati effettuati n. 2 sondaggi geognostici condizionati per prova down hole; le verticali di indagine sono state definite indicando nel nome del sondaggio il numero della torre eolica (WTG10-WTG05).

Nel corso delle perforazioni di sondaggio sono stati prelevati un totale di n. 8 campioni indisturbati sui quali sono state eseguite indagini di laboratorio finalizzate alla determinazione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni prelevati.

Le prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati sono indicate in Tabella 1.

Nei fori WTG05 e WTG10, appositamente condizionati, sono state effettuate prospezioni geofisiche di tipo down-hole, al fine di determinare la categoria di appartenenza del sottosuolo investigato. Le indagini condotte hanno permesso di valutare il parametro $V_{S,eq}$, necessario ad individuare la categoria di sottosuolo, in base a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018.

Nel metodo sismico down-hole (DH) viene misurato il tempo di trasmissione dalle onde P e S da una sorgente sismica, posta in superficie, ai ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio. Dall'analisi dei tempi d'arrivo, nota la geometria del sistema di acquisizione, è possibile calcolare la velocità di trasmissione delle onde, lo spessore dei sismostrati ed alcuni dei parametri geotecnici che caratterizzano il sottosuolo.

WTG	CAMPIONE	Apertura campione	caratteristiche fisiche	Analisi granulometrica	Sedimentazione	Limiti di Atterberg	Prova edometrica	Prova di taglio diretto	Prova di taglio residuo	Prova triassiale CID	Prova triassiale CIU	Prova triassiale UU	Prova esp. laterale libera
10	CI1	x	x	x	x	x		x					x
10	CI2	x	x	x	x	x	x	x					x
10	CI3	x	x	x	x	x		x					x
10	CI4	x	x	x	x	x	x	x					x
05	CI1	x	x	x	x	x		x					x
05	CI2	x	x	x	x	x		x					x
05	CI3	x	x	x	x	x		x					x
05	CI4	x	x	x	x	x	x	x					x

Tabella 1. Sintesi delle indagini geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni prelevati - Campagna 2011

WTG10
***** Velocità *****

Tratto :0-6	Vel. P :945.0 m/s	Vel. S :541.0 m/s
Tratto :6-18	Vel. P :1881.0 m/s	Vel. S :651.0 m/s
Tratto :18-30	Vel. P :2223.0 m/s	Vel. S :660.0 m/s

Tabella 2. Sismostrati individuati tramite la prova down-hole eseguita – WTG10 Campagna 2011

La VS,eq (30 m) è risultata pari a 628.86 m/s corrispondente ad una categoria di sottosuolo B.

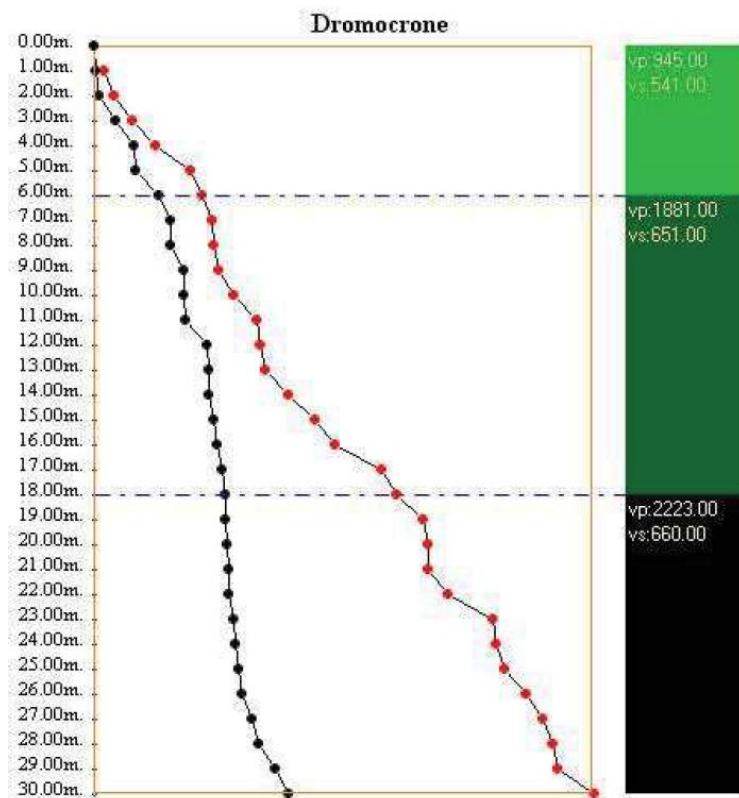


Figura 39 – “Profili delle dromocrone delle onde P e delle onde S ottenuti dalla prova down-hole – WTG10 Campagna 2011”

WTG05
***** Velocità *****

Tratto :0-5	Vel. P :871.0 m/s	Vel. S :541.0 m/s
Tratto :5-10	Vel. P :1355.0 m/s	Vel. S :500.0 m/s
Tratto :10-30	Vel. P :2670.0 m/s	Vel. S :563.0 m/s

Tabella 3. Sismostrati individuati tramite la prova down-hole eseguita – WTG05 Campagna 2011

La VS,eq (30 m) è risultata pari a 543.0 m/s corrispondente ad una categoria di sottosuolo B.

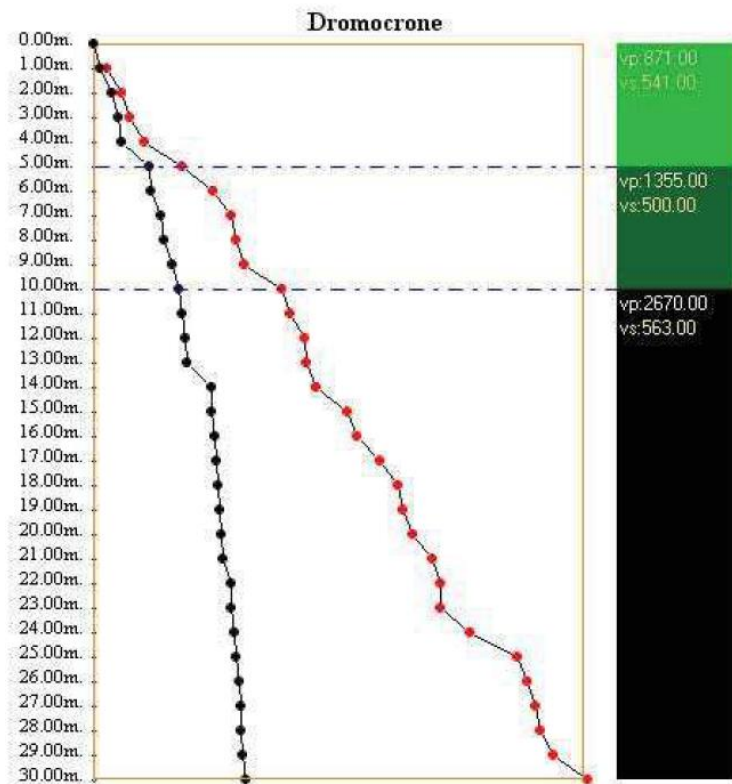


Figura 40 – “Profili delle dromocrone delle onde P e delle onde S ottenuti dalla prova down-hole – WTG05 Campagna 2011”

7.2 CAMPAGNA INDAGINI 2019

7.2.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Al fine di definire un modello geologico e geotecnico del sottosuolo interessato dalle torri eoliche in progetto, nel periodo tra Agosto e Ottobre 2019 è stata effettuata, dalla società Geosveva srl, una campagna di indagini di tipo geognostico, geotecnico e geofisico, in corrispondenza dell'area di sedime di ciascuna opera.

Le redatte stratigrafie di sondaggio, unitamente alle risultanze delle indagini geofisiche e delle prove geotecniche di laboratorio sono raccolte nell'elaborato "Risultati delle indagini di sito e laboratorio" allegato al presente progetto.

L'esecuzione delle indagini è stata condizionata dall'accessibilità alle aree, alcune delle quali, in corrispondenza delle torri eoliche WTG03 e WTG18, non ancora nella disponibilità del committente nel periodo di esecuzione.

Sono state condotte le seguenti indagini in sito:

- 2 sondaggi geognostici per ogni turbina (Tabella 4):
 - Il primo sondaggio, della lunghezza di 40 m, è stato condotto a carotaggio continuo in corrispondenza del centro di ciascuna torre eolica. Sono stati prelevati campioni indisturbati ogni circa 5-6 m, effettuando una prova SPT dopo ogni prelievo. Nelle stratigrafie di sondaggio viene fornita una dettagliata descrizione delle unità stratigrafiche rilevate. Vengono inoltre riportati i risultati ottenuti dalle prove condotte con il penetrometro tascabile sulle carote di sondaggio ("pocket penetrometer"). Ogni foro è stato condizionato per l'esecuzione di una prova down hole, eseguita almeno 20 giorni dopo la posa in opera della cementazione. Sono state effettuate 9 prove geofisiche down-hole in corrispondenza dell'area di sedime di tutte le torri ad oggi accessibili e della sottostazione elettrica.
 - Il secondo sondaggio è stato condotto a distruzione di nucleo a circa 20 m dalla prima perforazione. In tale verticale sono state condotte 2 prove pressiometriche Menard e sono stati installate 2 celle Casagrande in modo tale da permettere il monitoraggio piezometrico su ogni sito (Tabella 5). La Tabella 6 riporta i risultati delle letture piezometriche effettuate prima dello spurgo delle celle di casagrande.
- In corrispondenza di ciascuna delle torri eoliche WTG05 e WTG10 è stata effettuata una prova MASW al fine di verificare i risultati delle prove down hole condotte in fase di progettazione definitiva.

Considerata la natura e la consistenza dei terreni investigati non sono state condotte prove penetrometriche di tipo CPT o DPSH.

I sondaggi sono stati denominati in funzione della torre eolica di riferimento e dell'installazione effettuata (ad es. in corrispondenza della torre eolica WTG09 è stato effettuato il sondaggio condizionato con down hole denominato WTG09-DH ed il sondaggio WTG09-PZ con installazione di celle casagrande).

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni ed il modello geotecnico si rimanda alla "Relazione Geotecnica", mentre l'elaborato "Relazione sulle indagini di sito e laboratorio" fornisce una descrizione di dettaglio delle modalità di esecuzione delle indagini condotte.

Cod. punto	Sondaggio	Nord (m)	Est (m)	Quota (m s.l.m.)
WTG	WTG 4_DH	4567248.977	477100.029	477.729
piezometro	WTG 4_PZ	4567253.837	477138.833	482.749
WTG	WTG 5	4567553.993	477148.995	473.992
piezometro	WTG 5_PZ	4567555.963	477129.771	472.087
WTG	WTG 8_DH	4569187.006	473365.978	541.841
piezometro	WTG 8_PZ	4569183.108	473389.161	541.965
WTG	WTG 9_DH	4569405.009	473178.004	564.428
piezometro	WTG 9_PZ	4569418.512	473196.321	566.065
WTG	WTG 10	4569579.004	472970.021	588.492
piezometro	WTG 10_PZ	4569596.693	472956.445	590.452
WTG	WTG 11_DH	4569286.026	472747.008	567.339
piezometro	WTG 11_PZ	4569297.524	472730.721	569.896
WTG	WTG 13_DH	4569333.007	472023.967	600.576
piezometro	WTG 13_PZ	4569348.872	472013.890	602.252
WTG	WTG 14_DH	4569640.000	472000.010	628.402
piezometro	WTG 14_PZ	4569622.746	471985.356	626.675
WTG	WTG 18_DH	4569416.969	471709.004	634.981

Tabella 4. Ubicazione dei sondaggi geognostici effettuati, condizionati per prova down hole e con piezometro di casagrande, in corrispondenza di ciascuna torre eolica.

POSIZIONE	PIEZOMETRO CASAGRANDE		PROVE PRESSIOMETRICHE	
	CAS1	CAS2	PRES1	PRES2
WTG03				
WTG04	11	25.0	7.5	24.5
WTG05		25.0	9.0	24.0
WTG08	8	29.0	15.4	28.0
WTG09	10	28.0	9.0	24.5
WTG10	11	26.0	8.0	17.0
WTG11	13	34.0	8.0	32.0
WTG13	9	24.0	7.5	27.0
WTG14	9	28.0	9.0	26.0
WTG18				
STAZIONE ELETTRICA - SSE	8	26.0	6.5	12.0

Tabella 5. Quota di esecuzione delle prove pressiometriche Menard e di installazione delle celle di casagrande in corrispondenza di ciascuna verticale di indagine.

WTG	DATA ISTALLAZIONE	CAS (m)	11/10/2019	17/10/2019	17/10/2019	31/10/2019	31/10/2019	21/11/2019	12/12/2019
3		-	-	-	-	-	-	-	-
4	30/09/2019	11	3.90	3.42	SPURGO	3.05	Prelievo	-	-
		25	4.00	3.42	SPURGO	3.05		-	-
5	05/10/2019	25	21.40	10.00	SPURGO	9.20	Prelievo	-	-
8	04/09/2019	8	5.00	4.60	SPURGO	6.40	-	1.30	2.15
		29	5.60	4.70	SPURGO	6.70	-	1.30	2.55
9	06/09/2019	10	3.08	3.10	SPURGO	-	-	0.55	1.30
		28	3.20	3.10	SPURGO	-	-	0.55	1.20
10	07/09/2019	11	1.50	1.50	SPURGO	-	-	p.c.	0.40
		26	1.50	1.50	SPURGO	-	-	p.c.	0.40
11	03/09/2019	13	p.c	p.c	SPURGO	-	-	p.c.	p.c
		32	p.c	p.c	SPURGO	-	-	p.c.	p.c
13	30/09/2019	9	1.15	1.15	SPURGO	-	-	-	0.80
		24	1.15	1.15	SPURGO	-	-	-	0.80
14	17/09/2019	9	2.75	1.20	SPURGO	-	-	-	1.20
		28	2.70	1.20	SPURGO	-	-	-	1.20
18		-	-	-	-	-	-	-	-
SSE	14/10/2019	8	-	4.00	SPURGO	4.10	Prelievo	-	-
		26	-	4.00	SPURGO	4.10		-	-

Tabella 6. Letture piezometriche effettuate fino alla data del 12/12/ 2019.

Le misure speditive dei parametri di resistenza del terreno (in particolar modo della resistenza non drenata) mediante l'utilizzo del pocket penetrometro, su carote appena estratte, sono da ritenersi utili in affiancamento alle prove di laboratorio per determinare la presenza di eventuali anomalie all'interno dell'unità geotecnica, avendo anche il vantaggio di essere misure continue eseguite sull'intero sondaggio.

Durante la perforazione sono state complessivamente effettuate 33 prove SPT (ASTM D 1586-84). La prova penetrometrica dinamica consente in prima approssimazione di individuare la costituzione litologica del sottosuolo per omogeneità geomeccanica, differenziando i terreni coerenti da quelli incoerenti, e permettendo di stimare alcuni parametri geotecnici dal valore NSPT, attraverso correlazioni note bibliograficamente.

Nel seguito sono riportati i risultati delle prove SPT.

WTG	Prof. media (m da p.c.)	N1 (-)	N2 (-)	N3 (-)	NSPT (-)
04_DH	5.50	R			R
04_DH	9.60	11	16	17	33
04_DH	16.10	34	R		R
05_PZ	5.00	10	11	11	22
05_PZ	11.00	20	36	29	65
05_PZ	18.00	30	15	22	37
05_PZ	22.00	25	48	46	94
05_PZ	26.50	R			R
08_DH	4.40	11	15	20	35
08_DH	11.50	19	R		R
08_DH	17.00	R			R
09_DH	4.60	31	13	14	27
09_DH	9.60	R			R
09_DH	18.40	R			R
10_PZ	4.60	9	14	15	29
10_PZ	10.50	19	28	R	R
10_PZ	15.50	18	R		R
10_PZ	20.50	18	36	46	82
11_DH	4.50	9	12	17	29
11_DH	10.60	19	R		R
11_DH	15.00	46	18	27	45
11_DH	22.00	R			R
13_DH	4.50	13	23	40	63
13_DH	11.00	12	R		R
13_DH	16.50	13	35	R	R
14_DH	4.50	9	16	11	27
14_DH	10.00	12	18	30	48
14_DH	16.50	18	30	46	76
14_DH	21.50	16	27	35	62
SSE_DH	4.50	R			R
SSE_DH	10.50	R			R

Tabella 7 – “Risultati delle prove SPT – Campagna 2019”.

7.2.2 INDAGINI DI LABORATORIO GEOTECNICO

I campionamenti di tipo indisturbato e rimaneggiato, hanno permesso una caratterizzazione geotecnica dei terreni riscontrati mediante analisi di laboratorio.

In particolare sono state condotte le seguenti prove:

- Analisi granulometriche per setacciatura e sedimentazione;
- Limiti di atterberg;
- Peso di volume, secco, naturale, saturo;
- Contenuto d'acqua naturale;

Inoltre sono state eseguite le seguenti prove di caratterizzazione meccanica:

- Prove edometriche;
- Prove di taglio diretto;
- Prove triassiali (non consolidate non drenate –UU, Consolidate drenate – CD, Consolidate non drenate – CU);
- Prove point load su spezzoni litoidi.

Nel corso delle perforazioni di sondaggio, laddove possibile, sono stati prelevati un totale di n. 61 campioni indisturbati e n. 12 rimaneggiati sui quali sono state eseguite indagini di laboratorio finalizzate alla determinazione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni prelevati.

Le prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati sono indicate in Tabella 8.

WTG	CAMPIONE	Apertura campione	caratteristiche fisiche	Analisi granulometrica	Sedimentazione	Limiti di Atterberg	Prova edometrica	Prova di taglio diretto	Prova di taglio residuo	Prova triassiale CID	Prova triassiale CIU	Prova triassiale UU	Prova esp. laterale libera
04_DH	CR1	x	x	x	x	x		x					
04_DH	CI1	x	x	x	x	x		x					
04_DH	CI2	x	x	x	x	x	x						
04_DH	CI3	x	x	x	x	x					x		
04_DH	CI4	x	x	x	x	x				x			
04_DH	CI5	x	x	x	x	x						x	
04_DH	CI6	x	x	x	x	x				x			
04_DH	CI7	x	x	x	x	x	x					x	
05_PZ	CR1	x	x	x	x	x		x					
05_PZ	CI1	x	x	x	x	x	x					x	
05_PZ	CI2	x	x	x	x	x	x	x					
05_PZ	CR3	x	x	x	x	x							
05_PZ	CI4	x	x	x	x	x		x				x	
05_PZ	CI5	x	x	x	x	x	x						
05_PZ	CI6	x	x	x	x			x					
05_PZ	CI8	x	x	x	x								
08_DH	CI1	x	x	x	x	x		x				x	
08_DH	CR2	x	x	x	x	x		x	x				
08_DH	CI3	x	x	x	x	x					x		
08_DH	CI4	x	x	x	x	x						x	
08_DH	CI5	x	x	x	x	x	x	x					
08_DH	CI6	x	x	x	x	x						x	
08_DH	CI7	x	x	x	x	x					x		
08_DH	CI8	x	x	x	x	x		x					
09_DH	CI1	x	x	x	x	x	x	x					
09_DH	CI2	x	x	x	x	x		x			x		
09_DH	CI3	x	x	x	x	x	x						
09_DH	CI4	x	x	x	x	x				x			
09_DH	CI5	x	x	x	x	x		x					
09_DH	CI6	x	x	x	x	x		x					
09_DH	CI7	x	x	x	x	x		x					
10_PZ	CR1												
10_PZ	CI1	x	x	x	x	x		x					
10_PZ	CI2	x	x	x	x	x	x						

WTG	CAMPIONE	Apertura campione	caratteristiche fisiche	Analisi granulometrica	Sedimentazione	Limiti di Atterberg	Prova edometrica	Prova di taglio diretto	Prova di taglio residuo	Prova triassiale CID	Prova triassiale CIU	Prova triassiale UU	Prova esp. laterale libera
10_PZ	CI3	x	x	x	x	x				x			
10_PZ	CI4	x	x	x	x	x		x					
10_PZ	CI5	x	x	x	x	x	x					x	
10_PZ	CI6	x	x	x	x	x		x					
10_PZ	CI7	x	x	x	x	x		x					
11_DH	CI1	x	x	x	x	x	x	x					
11_DH	CI2	x	x	x	x	x		x					
11_DH	CI3	x	x	x	x	x	x	x					
11_DH	CI4	x	x	x	x	x							
11_DH	CI5	x	x	x	x	x	x	x					
11_DH	CI6	x	x	x	x	x		x					
11_DH	CI7	x	x	x	x	x		x					
11_DH	CI8	x	x	x	x	x					x		
13_DH	CR1	x	x	x	x	x		x					
13_DH	CI1	x	x	x	x	x	x	x					
13_DH	CI2	x	x	x	x	x	x	x					
13_DH	CI3	x	x	x	x	x	x	x					
13_DH	CI4	x	x	x	x	x		x				x	
13_DH	CI4	x	x	x	x	x		x					
13_DH	CI6	x	x	x	x	x						x	
13_DH	CI7	x	x	x	x	x		x					
14_DH	CR1	x	x	x	x	x		x					
14_DH	CI1	x	x	x	x	x	x	x					
14_DH	CI2	x	x	x	x	x	x						
14_DH	CI3	x	x	x	x	x		x					
14_DH	CI4	x	x	x	x	x	x	x					
14_DH	CI5	x	x	x	x	x		x					
14_DH	CI6	x	x	x	x	x						x	
14_DH	CI7	x	x	x	x	x	x				x		
SSE_DH	CR1	x	x	x	x	x		x					
SSE_DH	CI1	x	x		x			x					
SSE_DH	CI2	x	x	x	x	x	x						
SSE_DH	CI3	x	x		x			x					
SSE_DH	CI4	x	x	x	x	x		x					
SSE_DH	CR5	x	x	x	x	x		x					
SSE_DH	CI6	x	x	x	x	x		x					

Tabella 8 – “Sintesi delle indagini geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni prelevati - Campagna 2019”

La Tabella 9 e la Tabella 10 forniscono un quadro sinottico dei risultati ottenuti dalle prove di laboratorio condotte sui campioni prelevati nei sondaggi WTG04_DH, WTG05_PZ, WTG08_DH, WTG09_DH, WTG10_PZ, WTG11_DH, WTG13_DH, WTG14_DH e WTGSSE_DH.

Il campione CI3, prelevato in corrispondenza della WTG05 tra 17.5 e 17.95 m da p.c., è stato sottoposto ad una prova di colonna risonante ed una prova triassiale ciclica (Tabella 11, Tabella 12).

La Tabella 13 riporta i risultati delle prove point load eseguite su alcuni campioni litoidi competenti prelevati da cassetta in corrispondenza di alcune verticali geognostiche.

		QUADRO SINOTTICO Prove di laboratorio																															
Campioni	Campioni	Generali							Granulometrie					LIMITI di Atterberg			E.L.L.		Taglio Diretto		Taglio Residuo		UU		Triass. CU		Triass. CD		Edom		Classificazione delle Terre		
		γ_s	γ	W	γ_{sat}	γ_d	e	n	Sr	G	S	L	A	Potenz.	LL	LP	IP	Cu	ϕ	c	ϕ_r	Cr	Cu	ϕ_u	C'u	E _s	ϕ'	C'	E _s	Ed*		Ed**	Gruppo
		KN/m ³	KN/m ³	%	KN/m ³	KN/m ³	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	°	KPa	°	KPa	KPa	°	KPa	Mpa	°	KPa	Mpa	Mpa	Mpa			
WTG 08 DH	1	1146 S8 C1 m 03.80-04.40	26.320	19.338	22.054	19.747	15.844	0.661	39.802	89.522	0.00%	29.00%	44.00%	27.00%	43	19	23.6		26.25	11.72			96.1									A7-6	
	2	1146 S8 C2 m 07.80-08.30	26.377	21.905	13.470	21.934	19.305	0.366	26.812	98.894	43.00%	26.00%	22.00%	9.00%	31	17	13.6		32.98	10.68	23.63	0.24										A2-6	
	3	1146 S8 C3 m 11.00-11.60	26.424	20.370	12.037	21.240	18.182	0.453	31.192	71.543	0.00%	43.00%	47.00%	10.00%	36	15	20.9							20.20	15.18							A6	
	4	1146 S8 C4 m 16.60-17.00	26.528	20.095	10.937	21.224	18.114	0.464	31.716	63.696	5.00%	35.00%	47.00%	13.00%	37	18	18.8						176									A6	
	5	1146 S8 C5 m 22.00-22.60	26.627	20.159	20.016	20.417	16.797	0.585	36.916	92.868	4.00%	20.00%	50.00%	26.00%	59	26	33.2		24.76	10.63									-	11.89		A7-6	
	6	1146 S8 C6 m 28.00-28.60	26.678	20.514	17.346	20.862	17.482	0.526	34.471	89.704	0.00%	24.00%	50.00%	26.00%	57	25	31.7						356.7										A7-6
	7	1146 S8 C7 m 32.00-32.50	26.701	20.595	11.855	21.456	18.412	0.450	31.042	71.703	0.00%	10.00%	66.00%	24.00%	59	25	33.6							19.70	22.15								A7-6
	8	1146 S8 C8 m 39.60-40.00	26.781	21.644	9.858	22.294	19.702	0.359	26.433	74.924	13.00%	28.00%	38.00%	21.00%	68	19	49.2		32.79	18.41													A7-6
WTG 09 DH	1	1147 S9 C1 m 04.00-04.60	26.362	20.063	19.755	20.327	16.753	0.574	36.450	92.589	19.00%	20.00%	42.00%	19.00%	56	29	27.6		18.01	10.87									6.65	8.19		A7-5	
	2	1147 S9 C2 m 09.00-09.60	26.397	21.093	6.290	22.279	19.845	0.330	24.822	51.276	1.00%	58.00%	32.00%	9.00%	33	17	15.7		28.15	19.02													A6
	3	1147 S9 C3 m 18.00-18.40	26.449	19.771	12.382	20.876	17.593	0.503	33.486	66.337	9.00%	45.00%	34.00%	12.00%	33	16	17.2												5.63	8.35		A6	
	4	1147 S9 C4 m 23.50-24.00	26.510	20.342	9.139	21.550	18.638	0.422	29.694	58.492	9.00%	45.00%	38.00%	8.00%	35	17	18.2									30.00	22.00					A6	
	5	1147 S9 C5 m 28.10-28.60	26.642	20.280	9.929	21.464	18.448	0.444	30.755	60.732	10.00%	34.00%	43.00%	13.00%	69	23	46.5		24.78	11.30													A7-6
	6	1147 S9 C6 m 33.20-33.70	26.732	20.575	9.648	21.687	18.765	0.425	29.805	61.941	11.00%	23.00%	47.00%	19.00%	44	18	26.1		25.04	13.20													A7-6
	7	1147 S9 C7 m 39.50-40.00	26.798	20.452	12.869	21.295	18.120	0.479	32.383	73.428	11.00%	43.00%	35.00%	11.00%	33	16	16.7		31.22	8.46													A6
WTG 10 PZ	1	1152 S10 C1 m 04.00-04.60	26.333	20.145	17.854	20.534	17.093	0.541	35.088	88.690	14.00%	26.00%	35.00%	25.00%	49	27	22.7		21.01	13.93													A7-6
	2	1152 S10 C2 m 10.00-10.50	26.383	19.512	18.962	20.112	16.402	0.609	37.830	83.833	0.00%	16.00%	51.00%	33.00%	56	28	27.5						20.80	19.36					16.70	15.35		A7-6	
	3	1152 S10 C3 m 15.00-15.50	26.462	19.428	19.419	20.046	16.269	0.627	38.519	83.636	4.00%	18.00%	44.00%	34.00%	66	30	35.9									25.06	19.40						A7-5
	4	1152 S10 C4 m 20.00-20.50	26.515	20.211	17.513	20.644	17.199	0.542	35.136	87.414	6.00%	18.00%	43.00%	33.00%	65	33	32.0		25.74	32.87													A7-5
	5	1152 S10 C5 m 25.00-25.50	26.625	20.490	18.965	20.686	17.224	0.546	35.311	94.330	0.00%	13.00%	56.00%	31.00%	66	33	33.0												12.04	10.59			A7-5
	6	1152 S10 C6 m 31.00-31.50	26.677	20.497	20.648	20.550	16.989	0.570	36.315	98.504	0.00%	13.00%	53.00%	34.00%	65	34	30.5		24.38	15.77			141.5										A7-5
	7	1152 S10 C7 m 39.50-40.00	26.774	20.910	19.201	20.923	17.542	0.526	34.481	99.613	22.00%	9.00%	38.00%	31.00%	72	32	39.9		28.27	24.19													A7-5
WTG 11 DH	1	1149 S11 C1 m 04.00-04.40	26.298	20.284	20.022	20.404	16.900	0.556	35.738	96.549	0.00%	13.00%	62.00%	25.00%	52	25	26.9		20.08	16.95									8.65	13.73			A7-6
	2	1149 S11 C2 m 10.00-10.40	26.373	20.000	7.513	21.492	18.603	0.418	29.464	48.369	23.00%	30.00%	31.00%	16.00%	35	18	16.4		25.66	10.17													A6
	3	1149 S11 C3 m 14.60-15.00	26.436	20.474	19.302	20.602	17.162	0.540	35.082	96.282	9.00%	20.00%	46.00%	25.00%	66	26	39.5		24.16	15.47									-	14.52			A7-6
	4	1149 S11 C4 m 21.60-22.00	26.462	20.208	7.736	21.612	18.757	0.411	29.117	50.819	24.00%	30.00%	31.00%	15.00%	47	20	27.4																A6
	5	1149 S11 C5 m 28.50-29.00	26.535	20.242	10.273	21.379	18.357	0.446	30.820	62.390	2.00%	67.00%	24.00%	7.00%	33	17	15.6		31.00	9.76									11.99	20.58			A2-6
	6	1149 S11 C6 m 33.50-34.00	26.577	20.564	10.573	21.542	18.597	0.429	30.026	66.775	53.00%	21.00%	18.00%	8.00%	31	16	15.5		32.90	3.62													A2-6
	7	1149 S11 C7 m 36.00-36.50	26.654	20.213	10.076	21.413	18.363	0.451	31.106	60.654	38.00%	29.00%	23.00%	10.00%	35	16	19.8		31.84	16.40													A2-6
	8	1149 S11 C8 m 39.50-40.00	26.701	19.572	13.988	20.671	17.171	0.555	35.692	68.618	0.00%	15.00%	44.00%	41.00%	60	26	34.3							24.30	27.15								A7-5

Tabella 9. Quadro sinottico dei risultati ottenuti dalle prove di laboratorio condotte sui campioni prelevati nei sondaggi WTG08- WTG09- WTG10- WTG11.

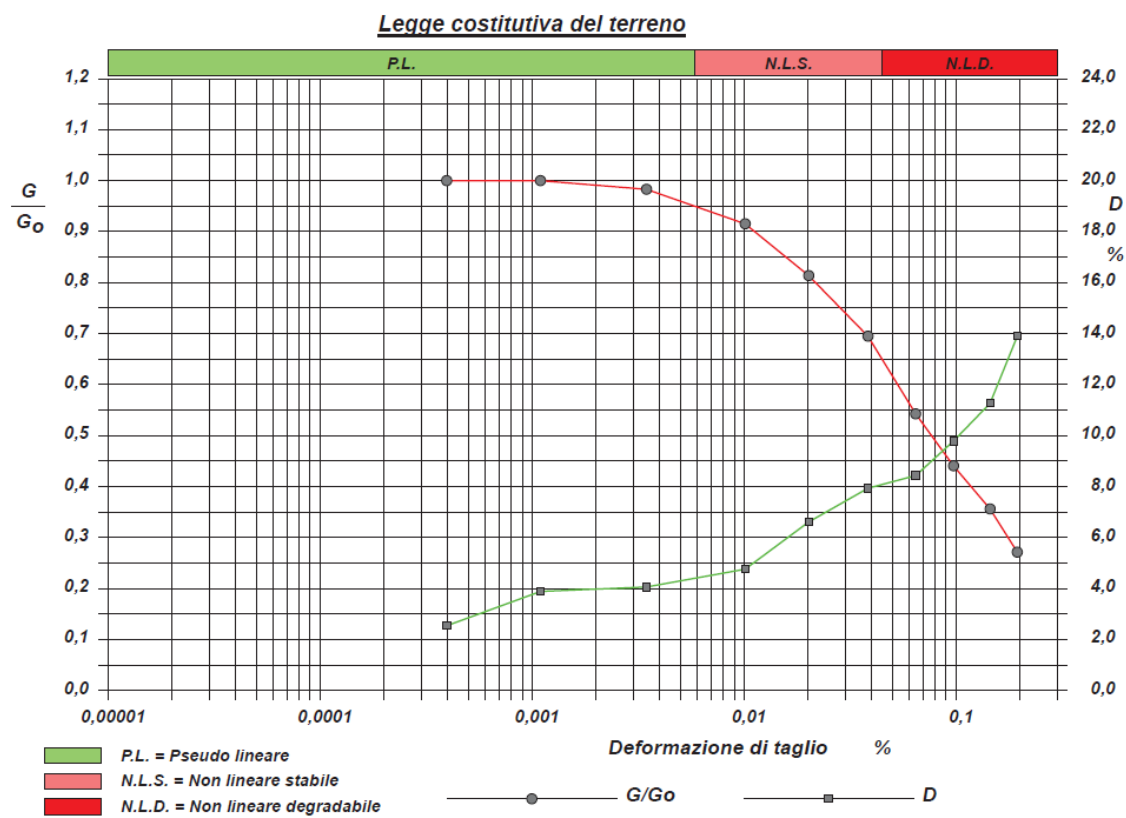


Tabella 11. Curve G/G_0 - γ , D - γ ottenute dalla prova di colonna risonante condotta sul campione WTG05- C13. G = modulo di taglio; D =smorzamento; γ = deformazione di taglio %.

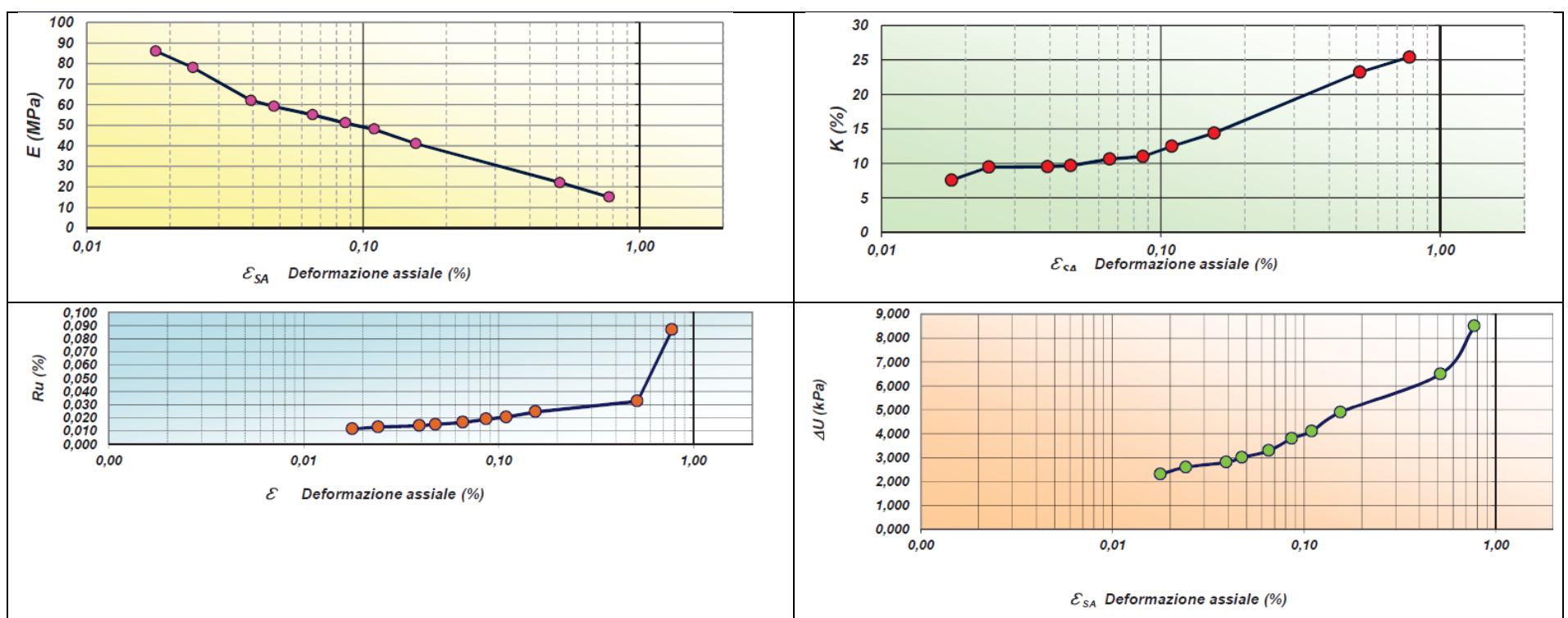


Tabella 12. Variazione di alcuni parametri geotecnici all'aumentare della deformazione assiale durante la prova triassiale ciclica condotta sul campione WTG05- C13. E =Modulo di Young; K = Smorzamento assiale; ϵ_{sa} = deformazione assiale in singola ampiezza; R_u = Rapporto tra pressione interstiziale e pressione efficace di consolidazione.

		σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ_5	σ_{edio}
		(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)
WTG08-DH	14-16	22,79	11,65	19,69	25,16	•	19,82
	17-18	35,93	3,93	14,32	•	•	18,06
	~ 23	22,64	17,98	•	•	•	20,31
	26-27	23,13	19,48	•	•	•	21,31
	36-37	15,76	17,93	4,20	•	•	16,98
WTG09-DH	13-15	14,90	14,22	4,68	7,21	9,81	10,16
	16	2,25	0,87	•	•	•	1,56
WTG10-PZ	28	44,75	55,82	17,45	25,49	•	35,87
WTG11-DH	28	13,84	18,89	•	•	•	16,37

Tabella 13. Valutazione della resistenza a compressione uniaxiale con prove point load eseguite su alcuni campioni litoidi prelevati da cassetta catalogatrice.

7.2.3 CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

È stato redatto un Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo ai sensi del DPR 120/2017, al quale si rimanda per il dettaglio delle modalità di gestione delle terre e rocce da scavo generate dalle lavorazioni previste progettualmente.

La caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo è stata effettuata effettuando in corrispondenza di ogni torre eolica il carotaggio dei primi 4 m di terreno mediante campionamento ambientale. Dalle cassette catalogatrici sono stati prelevati e conferiti presso laboratorio chimico 3 campioni in duplice aliquota prelevati alle seguenti quote da p.c.:

CA01: 0 - 1 m da pc;

CA02: 1.5-2.5 m da pc;

CA03: 3-4 m da pc

La formazione dei campioni per le analisi è stata effettuata prelevando il terreno in duplice aliquota dalle cassette catalogatrici e collocandolo in contenitori di vetro a chiusura ermetica del volume di circa 400 ml (per la determinazione dei composti non volatili) e in vials da 40 ml (per la determinazione dei composti volatili). I contenitori sono stati conservati in ambiente refrigerato a 4°C. Il prelievo dei campioni del terreno da sottoporre ad analisi quantitativa, è stato effettuato in accordo ai criteri contenuti nella norma UNI 10802, nell'Allegato 4 al DPR 120/2017 e nell'Allegato 2 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006, alla sezione "Campionamenti terreni e acque sotterranee".

I campioni consegnati al laboratorio sono stati privati della frazione maggiore di 2 cm (da scartare in campo) e le determinazioni analitiche sono state condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. La concentrazione del campione è stata determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro campionato (frazione compresa tra 2 cm e 2 mm).

Il set di parametri analitici da ricercare è il set analitico minimale da considerare è quello riportato in Tabella 4.1 del DPR 120/2017 (Figura 41).

I risultati delle analisi sui campioni sono confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica. Le analisi chimico-fisiche sono condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

Secondo quanto prevede l'articolo 4 comma 3 del DPR 120/2017 "Nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale non può superare la quantità massima del 20% in peso, da quantificarsi secondo la metodologia di cui all'allegato 10. Oltre al rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui al comma 2, lettera d), le matrici materiali di riporto sono sottoposte al test di cessione, effettuato secondo le metodiche di cui al DM 5 febbraio 1998, per i parametri pertinenti, ad esclusione del parametro amianto, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, o, comunque, dei valori di fondo naturale stabiliti per il sito e approvati dagli enti di controllo."

Nelle verticali investigate, localizzate in siti prettamente agricoli, non sono stati rilevati riporti.

Arsenico
Cadmio
Cobalto
Nichel
Piombo
Rame
Zinco
Mercurio
Idrocarburi C>12
Cromo totale
Cromo VI
Amianto
BTEX (*)
IPA (*)
(*) Da eseguire nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera. Gli analiti da ricercare sono quelli elencati alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, Parte Quarta, Titolo V, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Figura 41. Set analitico minimale DPR 120/2017.

7.3 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DEL SOTTOSUOLO INTERESSATO DALLE OPERE IN PROGETTO

Di seguito viene descritto l'assetto litostratigrafico e geomorfologico delle aree interessate dalle torri eoliche WTG04-WTG05-WTG08-WTG09-WTG10-WTG11-WTG13-WTG14 e della sottostazione SSE.

7.3.1 TORRE EOLICA WTG04

L'area di sedime della Torre eolica WTG04 si localizza in un settore geomorfologicamente stabile (Figura 26), con pendenze inferiori a 15°.

Le indagini geognostiche condotte hanno permesso di rilevare una successione stratigrafica costituita da unità riconducibili alla formazione di Corleto Perticara (CPA - Par. 4.1.1), litofacies argillitico-calcareo-diasprigna. Si rilevano fino a 4 m da p.c. argille limose ed argilliti grigio-verdastre con inclusi calcarei **passanti a strati calcarei e calcareo marnosi competenti**. Inferiormente si riscontrano argilliti e calcari marnosi (2.5 m) poggianti su argille marnose ed argilliti molto consistenti di colorazione variabile dal grigio verde al rosso, con livelletti calcareo marnosi decimetrici intercalati.

L'analisi sismica Down hole ha evidenziato la presenza di 5 orizzonti sismostratigrafici.

Il primo orizzonte, con spessore pari a circa 4 m è caratterizzato da una Vs media pari a 320 m/s e corrispondente ad argille limose

Il secondo sismostrato è caratterizzato da una Vs media pari a 366 m/s e corrisponde a argille marnose e argilliti dure.

Il terzo sismostrato è caratterizzato da una Vs media pari a 538 m/s ed è costituito da argille marnose molto consistenti e resistenti alla terebrazione

Il sismostrato inferiore rinvenuto da 24 m dal p.c. è caratterizzato da una Vs media pari a 543 m/s e corrisponde ad argille marnose dure.

In questi depositi si osserva un progressivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità tale da far escludere fenomeni di inversione delle rigidità.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate, considerato l'assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dall'opera in esame, si ritiene opportuno attribuire al sottosuolo investigato la Categoria B, prevista dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

Tabella 14 – “Sismostrati individuati tramite la prova down-hole eseguita per la WTG04 – Campagna 2019”

Depth	Spessore	VS	VP	Density	ν	Vp/Vs	G	Ed	K	
										POISSON
[m]	[m]	[m/s]	(m/s)	[KN/m ³]	(-)	(-)	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	
1	4.0	4.0	320.24	924.19	20.50	0.43	2.89	214	614	1500
2	8.0	4.0	366.39	1978.26	20.60	0.48	5.40	282	836	7845
3	24.0	16.0	537.99	1996.99	20.10	0.46	3.71	593	1733	7383
4	30.0	6.0	543.04	1809.70	20.00	0.45	3.33	601	1745	5878
5	40.0	10.0	543.21	2620.36	20.00	0.48	4.82	602	1778	13202

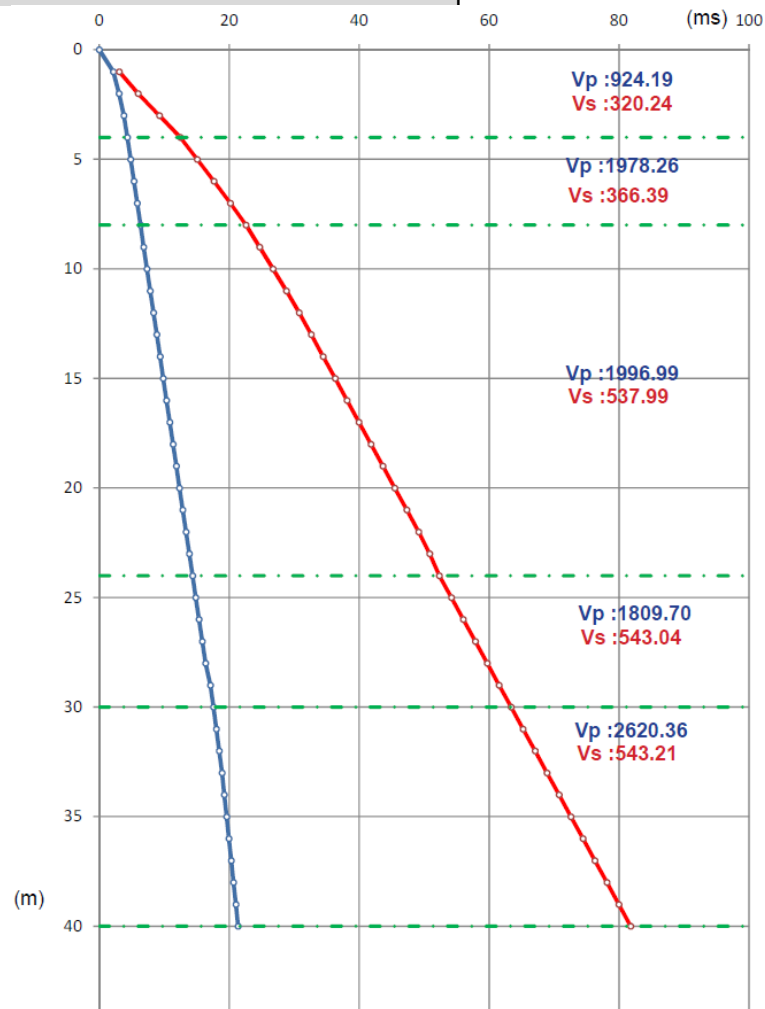


Figura 42 – “Dromocrone tempi-distanza delle onde P e delle onde S ottenuti dalla prova down-hole per la WTG04– Campagna 2019”

7.3.2 TORRE EOLICA WTG05

L'area di sedime della Torre eolica WTG05 si localizza in un settore geomorfologicamente stabile (Figura 27), con pendenze inferiori a 15°.

Le indagini geognostiche condotte hanno permesso di rilevare una successione stratigrafica costituita da unità riconducibili alla formazione di Corleto Perticara (CPA - Par. 4.1.1), litofacies argillitico-calcareo-diasprigna. Si rilevano fino a 6.10 m da p.c. argille limose e marnose argilliti grigio-giallastre con inclusi e strati decimetrici calcarei competenti. Inferiormente si rilevano argille marnose ed argilliti varicolori molto consistenti di colorazione variabile dal grigio verde al rosso, con livelletti calcareo marnosi e calcarenitici decimetrici intercalati.

L'analisi sismica Down hole ha evidenziato la presenza di 3 orizzonti sismostratigrafici.

Il primo orizzonte, con spessore pari a circa 5 m è caratterizzato da una Vs media pari a 541 m/s e corrispondente ad argille limose consistenti.

Il secondo sismostrato (5-10 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 500 m/s e corrisponde ad argilla marnosa consistente.

Il terzo e ultimo sismostrato (10-30 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 563 m/s ed è costituito da argilliti e argille marnose da molto consistenti a dure.

In questi depositi si osserva un progressivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità tale da far escludere fenomeni di inversione delle rigidità.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate, considerato l'assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dall'opera in esame, si ritiene opportuno attribuire al sottosuolo investigato la Categoria B, prevista dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

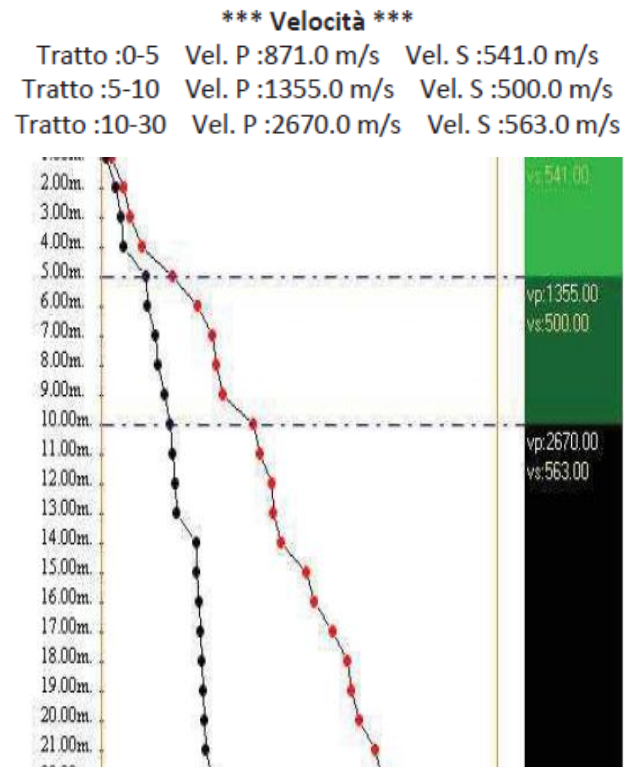


Figura 43 – “Dromocrone tempi-distanza delle onde P e delle onde S ottenuti dalla prova down hole per la WTG05 – Campagna 2011”

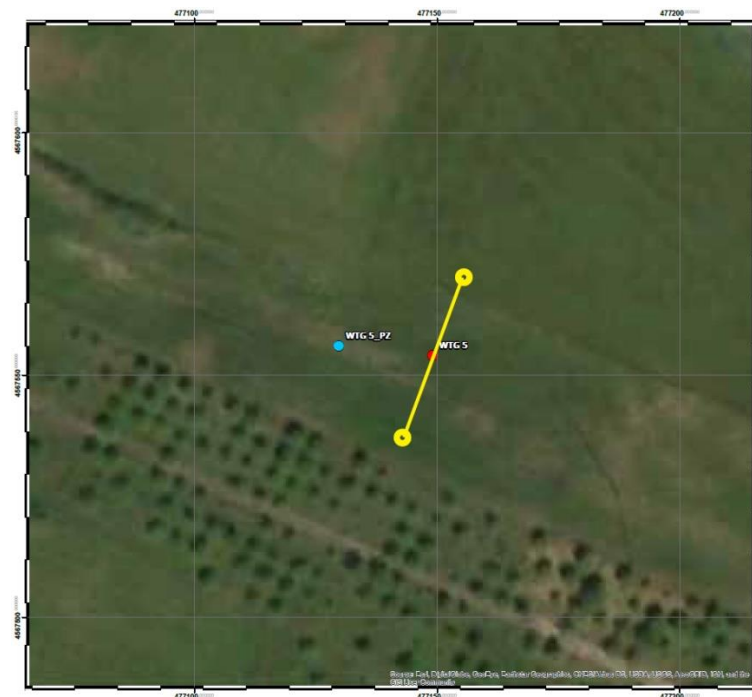


Figura 44 – “Ubicazione planimetrica della prova MASW – Campagna 2019”

Depth	Spessore	S-velocity	P-velocity	Density	ν	Vp/Vs	G	Ed	
[m]	[m]	[m/s]	(m/s)	[KN/m ³]	(-)	(-)	[Mpa]	[Mpa]	
1	0.0	1.1	284.35	568.70	19.50	0.33	2.00	161	429
2	1.1	1.2	208.02	416.04	19.90	0.33	2.00	88	234
3	2.3	1.4	223.56	447.12	19.90	0.33	2.00	101	270
4	3.7	1.6	321.34	642.68	20.00	0.33	2.00	211	562
5	5.3	1.7	411.75	823.49	20.00	0.33	2.00	346	922
6	7.0	1.9	445.63	891.25	20.00	0.33	2.00	405	1080
7	8.9	1.1	435.77	871.54	20.00	0.33	2.00	387	1033
8	10.0	3.2	439.60	1777.95	20.00	0.47	4.04	394	1157
9	13.2	2.4	535.92	1884.87	20.00	0.46	3.52	586	1706
10	15.6	2.6	615.36	1973.05	20.00	0.45	3.21	772	2234
11	18.1	2.7	677.01	2041.48	20.00	0.44	3.02	935	2689
12	20.9	2.9	716.29	2085.08	20.50	0.43	2.91	1073	3074
13	23.7	3.0	710.39	2078.53	20.50	0.43	2.93	1055	3025
14	26.8	3.2	757.53	2130.86	20.60	0.43	2.81	1206	3442
15	30.0 -	-	870.14	2255.86	20.60	0.41	2.59	1591	4494

Tabella 15 – “Sismostrati individuati tramite la prova down-hole eseguita per la WTG04 – Campagna 2019”

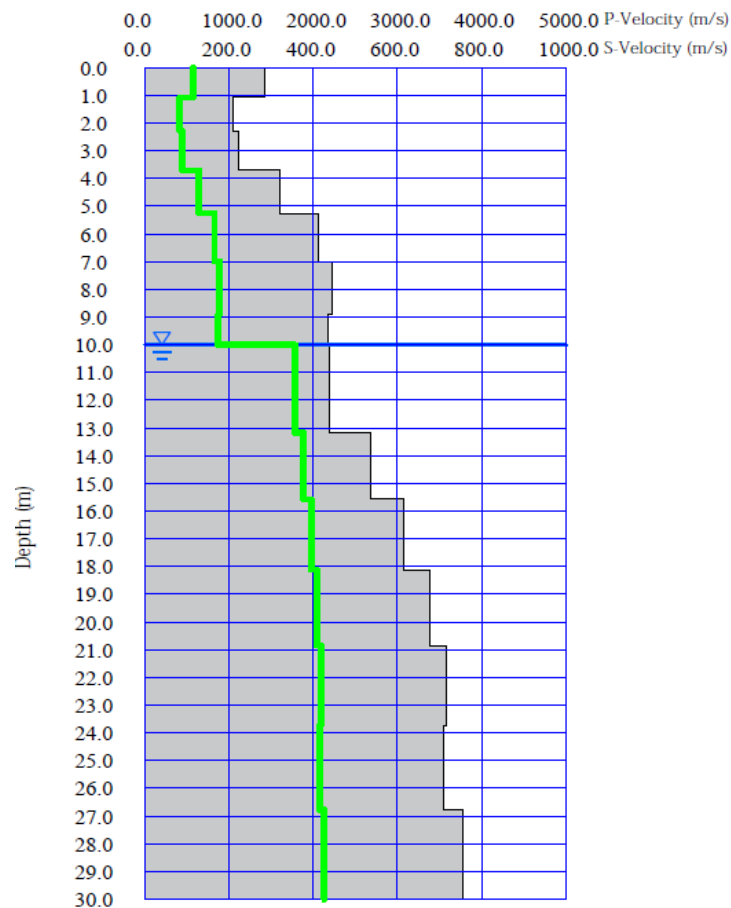


Figura 45 – “Dromocrona tempi-distanza delle onde P e delle onde S ottenuti dalla prova MASW per la WTG05 – Campagna 2019”

7.3.3 TORRE EOLICA WTG08

L'area di sedime della Torre eolica WTG08 si localizza in un settore geomorfologicamente stabile (Figura 30), con pendenze inferiori a 15°.

Le indagini geognostiche condotte hanno permesso di rilevare una successione stratigrafica costituita da unità riconducibili alla formazione delle Arenarie di San Giorgio, Membro arenaceo-calcareo-pelitico (Par. 4.1.2).

La litofacies pelitica è preponderante sulla verticale investigata. Si riscontrano nella porzione sommitale, fino a 9 m dal p.c. sabbie ed areniti grigie da grigie ad ocre, intercalate a limi argillosi. Inferiormente si rilevano argilliti e argille marnose compatte grigio verdastre, intercalate ad areniti e calcareniti fratturate. **La porzione semilitoide calcarenitica ha spessori fino a 2 m e rappresenta circa il 15% della verticale esaminata.**

L'analisi sismica Down hole ha evidenziato la presenza di 3 orizzonti sismostratigrafici.

Il primo orizzonte, con spessore pari a circa 3 m è caratterizzato da una Vs media pari a 280 m/s e corrispondente a sabbie limose fini.

Il secondo sismostrato (3-8 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 468 m/s e corrisponde a argille marnose compatte.

Il terzo sismostrato è caratterizzato da una Vs superiore a 1000 m/s ed è costituito da argille e argille marnose con livelli di calcareniti molto rigide.

In questi depositi si osserva un progressivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità tale da far escludere fenomeni di inversione delle rigidità.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate, considerato l'assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dall'opera in esame, si ritiene opportuno attribuire al sottosuolo investigato la Categoria B, prevista dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

Tabella 16 – “Sismostrati individuati tramite la prova down-hole eseguita per la WTG08 – Campagna 2019”

	Depth	Spessore	VS	VP	Density	ν	V_p/V_s	G	Ed	K
	[m]	[m]	[m/s]	(m/s)	[KN/m ³]	(-)	(-)	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1	3.0	3.0	278.94	921.74	19.30	0.45	3.30	153	444	1468
2	8.0	5.0	461.60	1590.11	21.00	0.45	3.44	456	1327	4806
3	16.0	8.0	475.88	1619.42	20.00	0.45	3.40	462	1342	4733
4	25.0	9.0	1373.28	2635.73	20.20	0.31	1.92	3885	10207	9131
5	40.0	15.0	1028.74	2195.28	20.50	0.36	2.13	2212	6015	7125

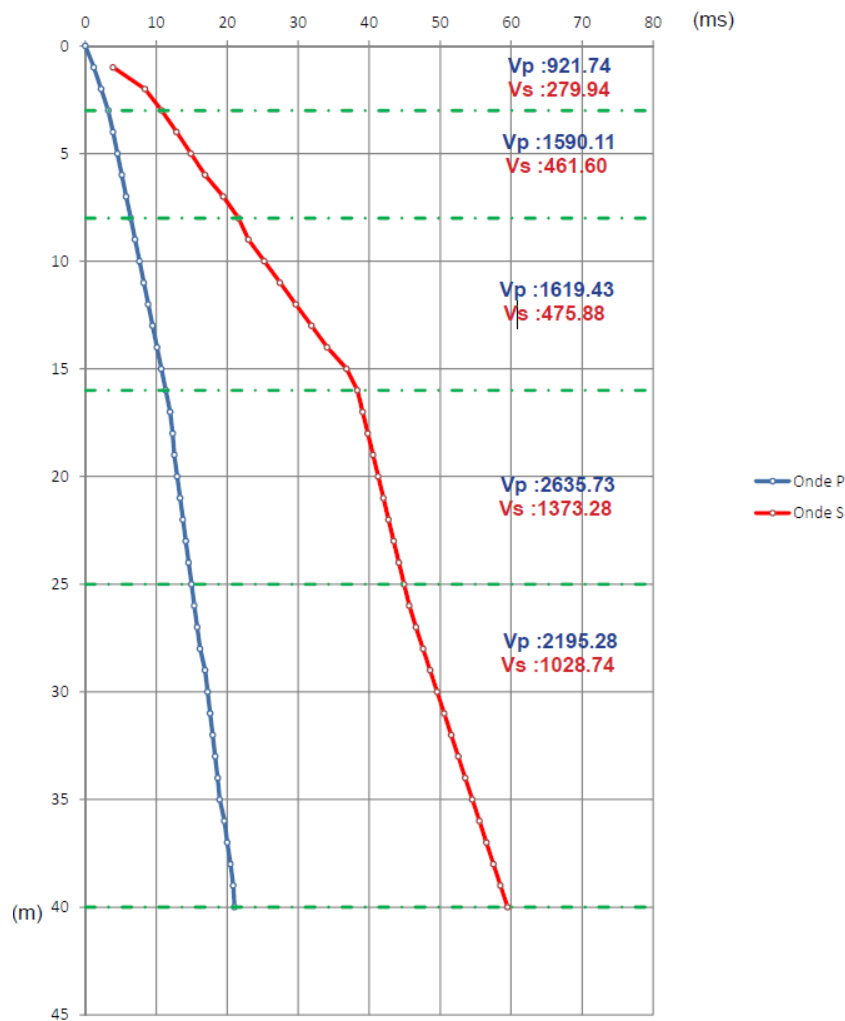


Figura 46 – “Dromocrone tempi-distanza delle onde P e delle onde S ottenuti dalla prova down-hole per la WTG08 – Campagna 2019”

7.3.4 TORRE EOLICA WTG09

L'area di sedime della Torre eolica WTG09 si localizza in un settore geomorfologicamente stabile (Figura 31), con pendenze inferiori a 15°.

Le indagini geognostiche condotte hanno permesso di rilevare una successione stratigrafica costituita da unità riconducibili alla formazione delle Arenarie di San Giorgio, Membro arenaceo-calcareo-pelitico (Par. 4.1.2).

La litofacies pelitica è preponderante, nei primi 5 m si rilevano limi ed argille marnose rossastre. Inferiormente si passa a sabbie a tratti cementate (areniti) grigie prevalenti alle quali si intercalano strati metrici di Argilliti e argille marnose grigiastre con intercalazioni di areniti lievemente cementate dello stesso colore molto resistenti alla terebrazione.

L'analisi sismica Down hole ha evidenziato la presenza di 4 orizzonti sismostratigrafici.

Il primo orizzonte, con spessore pari a circa 3 m è caratterizzato da una Vs media pari a 245 m/s e corrispondente a limi argillosi plastici rosso giallastri.

Il secondo sismostrato (3-9 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 342 m/s e corrisponde a sabbie limose grigie.

Il terzo sismostrato (9-19 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 587 m/s ed è costituito da areniti con intercalazioni di marne argillose grigie addensate.

Il sismostrato di base, rilevato a partire da 19 m da p.c., è caratterizzato da una Vs media superiore a 900 m/s ed è costituito da areniti cementate.

In questi depositi si osserva un progressivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità tale da far escludere fenomeni di inversione delle rigidità.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate, considerato l'assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dall'opera in esame, si ritiene opportuno attribuire al sottosuolo investigato la Categoria B, prevista dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

Tabella 17 – “Sismostrati individuati tramite la prova down-hole eseguita per la WTG09 – Campagna 2019”

Depth	Spessore	VS	VP	Density	ν	Vp/Vs	G	Ed	K	
[m]	[m]	[m/s]	(m/s)	[KN/m ³]	POISSON (-)	(-)	[Mpa]	[Mpa]	BULK [Mpa]	
1	3.0	3.0	244.97	583.22	20.00	0.39	2.38	122	341	531
2	9.0	6.0	341.69	1391.56	21.00	0.47	4.07	250	734	3814
3	19.0	10.0	586.39	2335.70	19.70	0.47	3.98	691	2026	10039
4	30.0	11.0	924.34	2922.79	20.30	0.44	3.16	1769	5110	15326
5	40.0	10.0	980.39	3502.56	20.40	0.46	3.57	2000	5829	22856

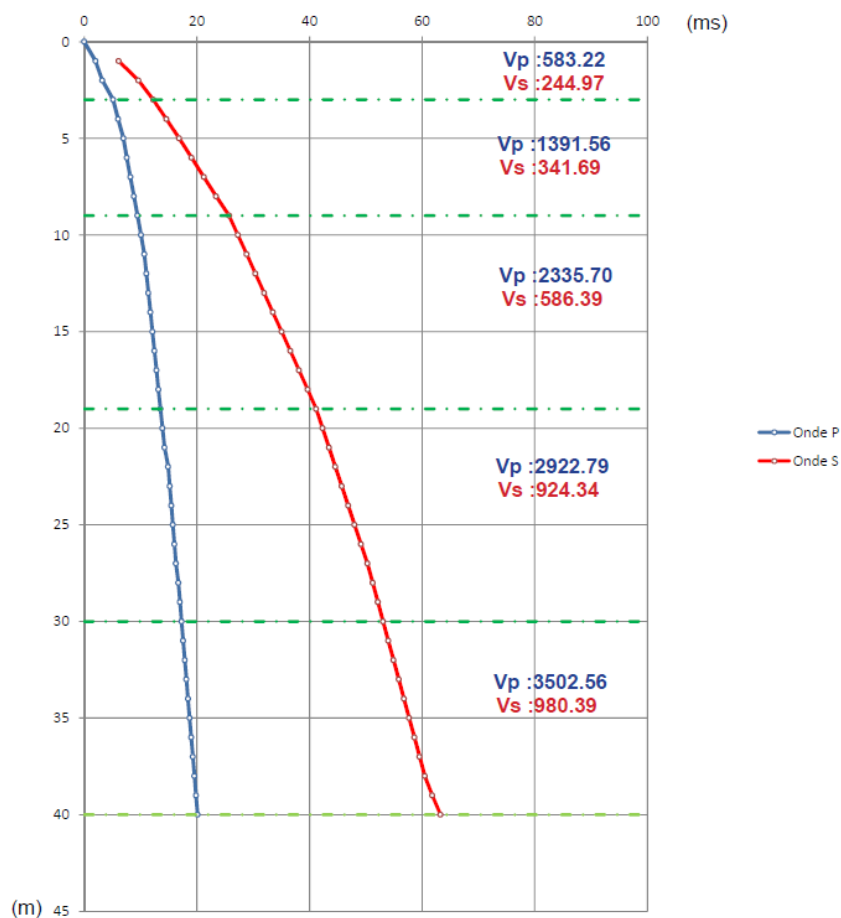


Figura 47 – “Dromocrone tempi-distanza delle onde P e delle onde S ottenuti dalla prova down-hole per la WTG09 – Campagna 2019”

7.3.5 TORRE EOLICA WTG10

L'area di sedime della Torre eolica WTG10 si localizza in un settore geomorfologicamente stabile (Figura 33), con pendenze inferiori a 15°.

Le indagini geognostiche condotte hanno permesso di rilevare una successione stratigrafica costituita da unità riconducibili alla formazione del Flysch rosso (FYR), Membro calcareo-pelitico (FYR1 - Paleocene - Burdigaliano medio) litofacies pelitica (Par. 4.1.1).

La litofacies pelitica è preponderante, nei primi 4 m si rilevano limi argillosi ed argille marnose rossastre mediamente consistenti. Inferiormente si passa ad argilliti, argille marnose e areniti cementate di colore grigio verdastro con livello di addensamento/consistenza crescente con la profondità. **Si intercalano intervalli centimentrici calcarenitici litoidi e strati argillo marnosi rossastri molto consistenti.**

L'analisi sismica Down hole condotta nel 2011 fornisce una sismostratigrafia confrontabile con l'assetto stratigrafico riscontrato. A conferma dell'indagine down hole, è stata effettuata una prospezione sismica superficiale di tipo MASW (WTG10 – MW1).

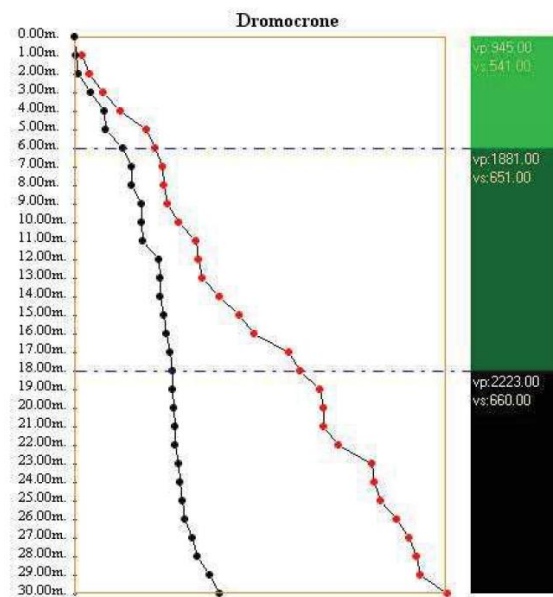
L'analisi ha evidenziato la presenza di 2 orizzonti sismostratigrafici.

Il primo orizzonte, con spessore pari a circa 5 m è caratterizzato da una Vs compresa tra 290 e 406 m/s e corrispondente a Limo argilloso con pietrisco di colore rossastro e grigio-verde mediamente consistente.

Il sismostrato inferiore è caratterizzato da una Vs compresa tra 400 e 600 m/s e corrisponde a argilliti, argille marnose e areniti cementate

In questi depositi si osserva un progressivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità tale da far escludere fenomeni di inversione delle rigidità.

Per la MASW in esame la velocità equivalente delle onde di taglio, $V_{S,eq}$, calcolata da p.c. e per una profondità del substrato pari a 30 m, è risultata pari a 463.30 m/s, corrispondente ad una categoria di sottosuolo B (NTC 2018).



*** Velocità ***
 Tratto :0-6 Vel. P :945.0 m/s Vel. S :541.0 m/s
 Tratto :6-18 Vel. P :1881.0 m/s Vel. S :651.0 m/s
 Tratto :18-30 Vel. P :2223.0 m/s Vel. S :660.0 m/s
 VS30 = 651.0 m/s

Figura 48 – “Dromocrone tempi-distanza delle onde P e delle onde S ottenuti dalla prova down hole per la WTG10 – Campagna 2011”

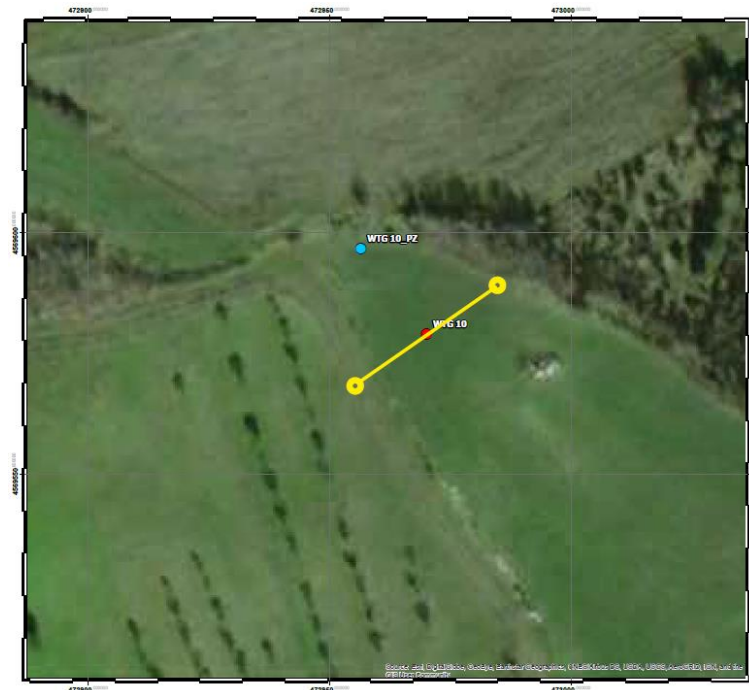


Figura 49 – “Ubicazione planimetrica della prova MASW – Campagna 2019”

L'interpretazione del sismogramma e l'inversione della relativa curva di dispersione hanno permesso di definire il seguente profilo sismo-stratigrafico (Tabella 18 e Figura 50).

Tabella 18 – "Sismostrati individuati tramite la prova MASW eseguita – Campagna 2019"

Depth	Spessore	S-velocity	P-velocity	Density	ν	Vp/Vs	G	Ed	
[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[KN/m ³]	(-)	(-)	[Mpa]	[Mpa]	
1	0.0	1.1	289.55	579.09	20.00	0.33	2.00	171	456
2	1.1	1.2	255.12	510.24	20.10	0.33	2.00	133	356
3	2.3	1.4	327.80	655.60	20.15	0.33	2.00	221	589
4	3.7	1.3	382.72	765.44	20.15	0.33	2.00	301	803
5	5.0	2.0	406.48	1741.19	20.00	0.47	4.28	337	992
6	7.0	1.9	396.70	1730.33	20.00	0.47	4.36	321	945
7	8.9	2.1	409.28	1744.30	19.80	0.47	4.26	338	995
8	11.0	2.2	456.41	1796.61	19.50	0.47	3.94	414	1214
9	13.2	2.4	518.12	1865.11	20.00	0.46	3.60	548	1597
10	15.6	2.6	567.42	1919.84	20.10	0.45	3.38	660	1917
11	18.1	2.7	593.63	1948.93	20.15	0.45	3.28	724	2098
12	20.9	2.9	599.18	1955.09	20.20	0.45	3.26	740	2142
13	23.7	3.0	588.14	1942.83	20.40	0.45	3.30	720	2086
14	26.8	3.2	614.01	1971.55	20.70	0.45	3.21	796	2302
15	30.0 -		614.01	1971.55	20.90	0.45	3.21	804	2324

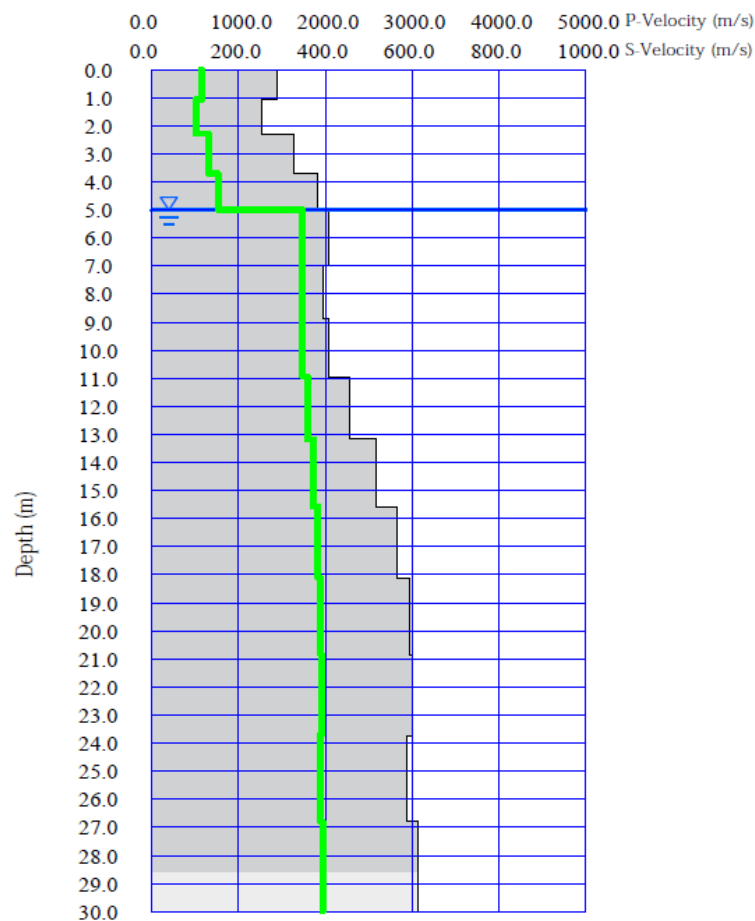


Figura 50 – "Profili di velocità delle onde S e P ottenuti dalla prova MASW – Campagna 2019"

7.3.6 TORRE EOLICA WTG11

L'area di sedime della Torre eolica WTG11 si localizza in un settore geomorfologicamente stabile con pendenze inferiori a 15°.

Le indagini geognostiche condotte hanno permesso di rilevare una successione stratigrafica costituita da unità riconducibili alla formazione del Flysch rosso (FYR), Membro calcareo-pelitico (FYR1 - Paleocene - Burdigaliano medio) litofacies pelitica (Par. 4.1.1).

La litofacies pelitica è preponderante, nei primi 10.6 m si rilevano ed argille marnose rossastre molto consistenti. Inferiormente si passa ad argilliti e areniti cementate di colore grigio con intercalazioni argillo marnose. Da 15.10 a 30 m da p.c. prevalgono argille marnose grigiastre con livelletti calcarenitici molto consistenti. Inferiormente si passa a sabbie limose ed areniti/calcareni cementate.

L'analisi sismica Down hole ha evidenziato la presenza di 5 orizzonti sismostratigrafici.

Il primo orizzonte, con spessore pari a circa 4 m è caratterizzato da una Vs media pari a 284 m/s e corrispondente ad argille marnose rossastre mediamente consistenti.

Il secondo sismostrato (4-9 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 310 m/s e corrisponde ad argille marnose molto consistenti.

Il terzo sismostrato (9-22 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 390 m/s ed è costituito da argilliti ,areniti ed argille marnose grigio verdastre interdigitate .

Il quarto sismostrato (22-28 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 753 m/s, ed è costituito da argille marnose grigiastre alternate ad areniti con livelletti calcarenitici dello stesso colore e molto consistenti.

Il sismostrato di base , rilevato a partire da 28 m da p.c., è caratterizzato da una Vs media superiore a 800 m/s ed è costituito da areniti, sabbie cementate ed argille marnose.

In questi depositi si osserva un progressivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità tale da far escludere fenomeni di inversione delle rigidità.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate, considerato l'assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dall'opera in esame, si ritiene opportuno attribuire al sottosuolo investigato la Categoria B, prevista dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

Tabella 19 – “Sismostrati individuati tramite la prova down-hole eseguita per la WTG11 – Campagna 2019”

Depth	Spessore	VS	VP	Density	ν	Vp/Vs	G	Ed	K	
[m]	[m]	[m/s]	(m/s)	[KN/m ³]	POISSON (-)	(-)	TAGLIO [Mpa]	YOUNG [Mpa]	BULK [Mpa]	
1	4.0	4.0	283.66	625.22	20.20	0.37	2.20	166	454	584
2	9.0	5.0	310.39	1926.31	20.00	0.49	6.21	196	584	7306
3	22.0	13.0	389.98	1954.87	20.30	0.48	5.01	315	931	7491
4	28.0	6.0	753.40	1838.23	20.30	0.40	2.44	1175	3288	5429
5	40.0	12.0	1406.37	2519.89	20.50	0.27	1.79	4135	10534	7762

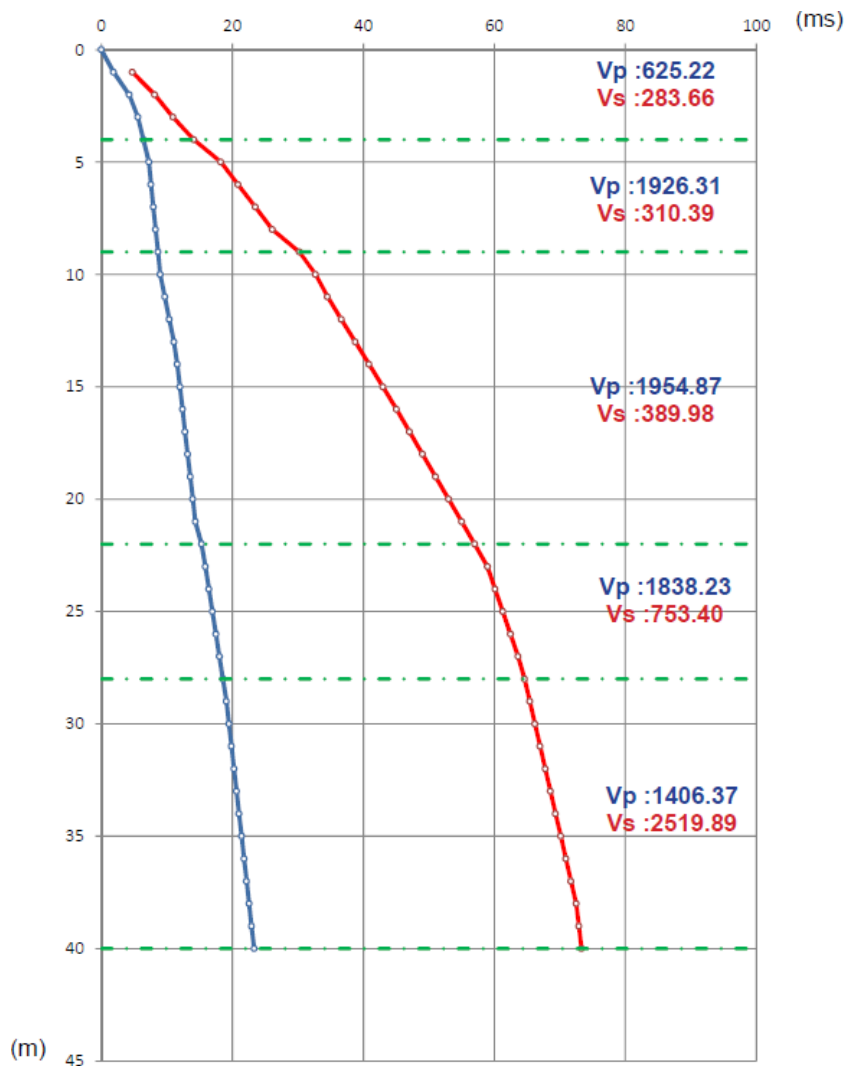


Figura 51 – “Dromocrone tempi-distanza delle onde P e delle onde S ottenuti dalla prova down-hole per la WTG11 – Campagna 2019”

7.3.7 TORRE EOLICA WTG13

L'area di sedime della Torre eolica WTG13 si localizza in un settore geomorfologicamente stabile con pendenze inferiori a 15°.

Le indagini geognostiche condotte hanno permesso di rilevare una successione stratigrafica costituita da unità riconducibili alla formazione del Flysch rosso (FYR), Membro calcareo-pelitico (FYR1 - Paleocene - Burdigaliano medio) litofacies pelitica (Par. 4.1.1).

Si rilevano argille marnose e argilliti rossastre prevalenti da molto consistenti a dure inglobandi clasti calcarei e caratterizzate da intercalazioni calcaree centimetriche. **Nella successione si rilevano strati e banchi calcarei bianchi molto duri e resistenti alla terebrazione con spessore massimo pari a circa 2 m, riscontrati per circa il 10% della verticale indagata.**

L'analisi sismica Down hole ha evidenziato la presenza di 6 orizzonti sismostratigrafici.

Il primo orizzonte, con spessore pari a circa 3 m è caratterizzato da una Vs media pari a 175 m/s e corrispondente a limi argilloso e livelli calcarei molto duri.

Il secondo sismostrato (3-9 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 621 m/s e corrisponde ad alternanze di argille marnose, argilliti e livelli calcarei.

Il terzo sismostrato (9-15 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 712 m/s ed è costituito da alternanze di argille marnose, argilliti e livelli calcarei.

Il quarto sismostrato (15-20 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 929 m/s e corrisponde ad argille marnose ed argilliti con livelli calcarei.

Il quinto sismostrato (20-30 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 712 m/s ed è costituito da argille marnose e brecce calcarea in matrice argillosa-limosa.

Il sismostrato di base, rilevato a partire da 30 m da p.c., è caratterizzato da una Vs media superiore a 922 m/s ed è costituito da argille limose da molto consistenti a dure.

In questi depositi si osserva un progressivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità tale da far escludere fenomeni di inversione delle rigidità.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate, considerato l'assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dall'opera in esame, si ritiene opportuno attribuire al sottosuolo investigato la Categoria B, prevista dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

Tabella 20 – “Sismostrati individuati tramite la prova down-hole eseguita per la WTG13 – Campagna 2019”

PRSE 175 - WTG 13 _DH

Depth	Spessore	VS	VP	Density	ν	Vp/Vs	G	Ed	K	
					POISSON	(-)	TAGLIO	YOUNG	BULK	
[m]	[m]	[m/s]	(m/s)	[KN/m ³]	(-)	(-)	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	
1	3.0	3.0	175.87	921.97	19.00	0.48	5.24	60	178	1567
2	9.0	6.0	621.10	1855.90	19.00	0.44	2.99	747	2148	5677
3	15.0	6.0	711.85	2185.96	19.50	0.44	3.07	1008	2903	8159
4	20.0	5.0	929.44	2476.38	19.20	0.42	2.66	1691	4797	9752
5	30.0	10.0	710.73	3672.82	20.00	0.48	5.17	1030	3051	26139
6	40.0	10.0	922.44	3520.68	20.50	0.46	3.82	1779	5205	23541

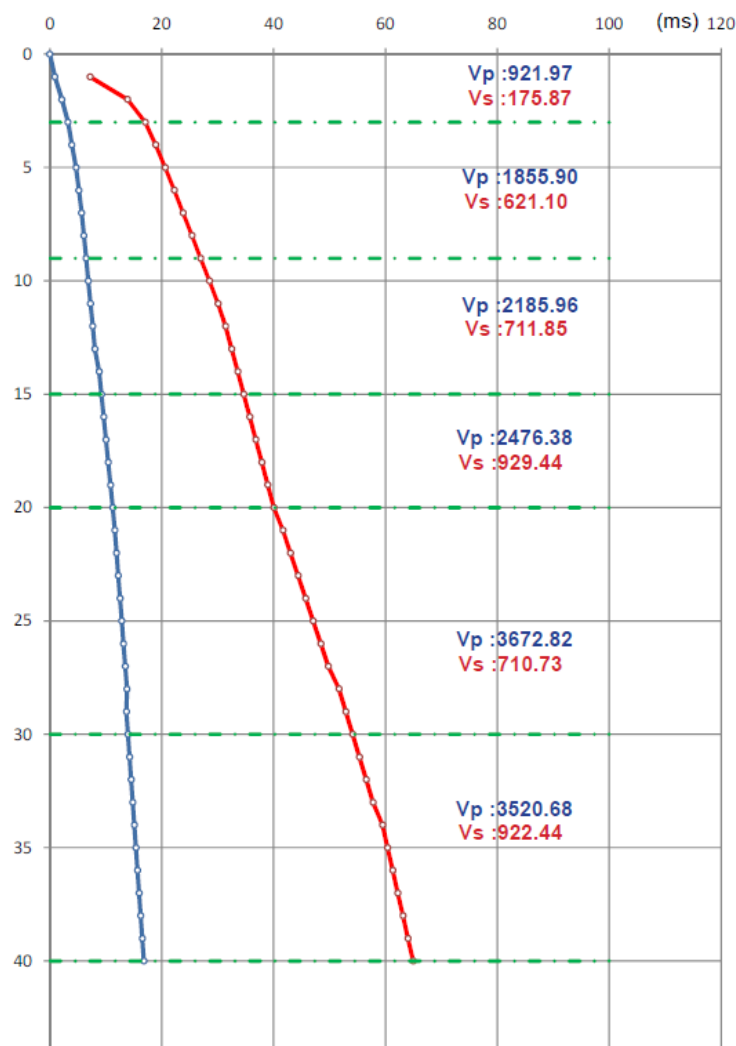


Figura 52 – “Dromocrone tempi-distanza delle onde P e delle onde S ottenuti dalla prova down-hole per la WTG13 – Campagna 2019”

7.3.8 TORRE EOLICA WTG14

L'area di sedime della Torre eolica WTG14 si localizza in un settore geomorfologicamente stabile (Figura 36) con pendenze inferiori a 15°.

Le indagini geognostiche condotte hanno permesso di rilevare una successione stratigrafica costituita da unità riconducibili alla formazione del Flysch rosso (FYR), Membro calcareo-pelitico (FYR1 - Paleocene - Burdigaliano medio) litofacies pelitica (Par. 4.1.1).

Si rilevano argille marnose e argilliti rossastre prevalenti da molto consistenti a dure inglobandi clasti calcarei e caratterizzate da intercalazioni calcaree centimetriche. **Nella successione si rilevano strati calcarei bianchi molto duri e resistenti alla terebrazione.**

L'analisi sismica Down hole ha evidenziato la presenza di 5 orizzonti sismostratigrafici.

Il primo orizzonte, con spessore pari a circa 3 m è caratterizzato da una Vs media pari a 170 m/s e corrispondente a limo argilloso consistente.

Il secondo sismostrato (3-7 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 337 m/s e corrisponde ad argille marnose molto consistenti.

Il terzo sismostrato (7-26 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 479 m/s ed è costituito da alternanze di argille marnose, argilliti e livelli calcarei.

Il quarto sismostrato (26-30 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 730 m/s e corrisponde ad argille marnose ed argilliti con livelli calcarei da molto consistenti a dure.

Il sismostrato di base, rilevato a partire da 30 m da p.c., è caratterizzato da una Vs media superiore a 838 m/s ed è costituito da argille marnose e livelli di calcare marnoso e selcioso.

In questi depositi si osserva un progressivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità tale da far escludere fenomeni di inversione delle rigidità.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate, considerato l'assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dall'opera in esame, si ritiene opportuno attribuire al sottosuolo investigato la Categoria B, prevista dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

Tabella 21 – “Sismostrati individuati tramite la prova down-hole eseguita per la WTG14– Campagna 2019”

Depth	Spessore	VS	VP	Density	ν	Vp/Vs	G	Ed	K	
										POISSON
[m]	[m]	[m/s]	(m/s)	[KN/m ³]	(-)	(-)	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	
1	3.0	3.0	170.68	368.98	18.00	0.36	2.16	53	146	179
2	7.0	4.0	337.13	756.55	18.50	0.38	2.24	214	590	794
3	26.0	19.0	479.09	1987.74	19.50	0.47	4.15	456	1341	7248
4	30.0	4.0	730.28	2287.79	20.00	0.44	3.13	1088	3140	9225
5	40.0	10.0	838.38	2207.98	19.50	0.42	2.63	1398	3958	7831

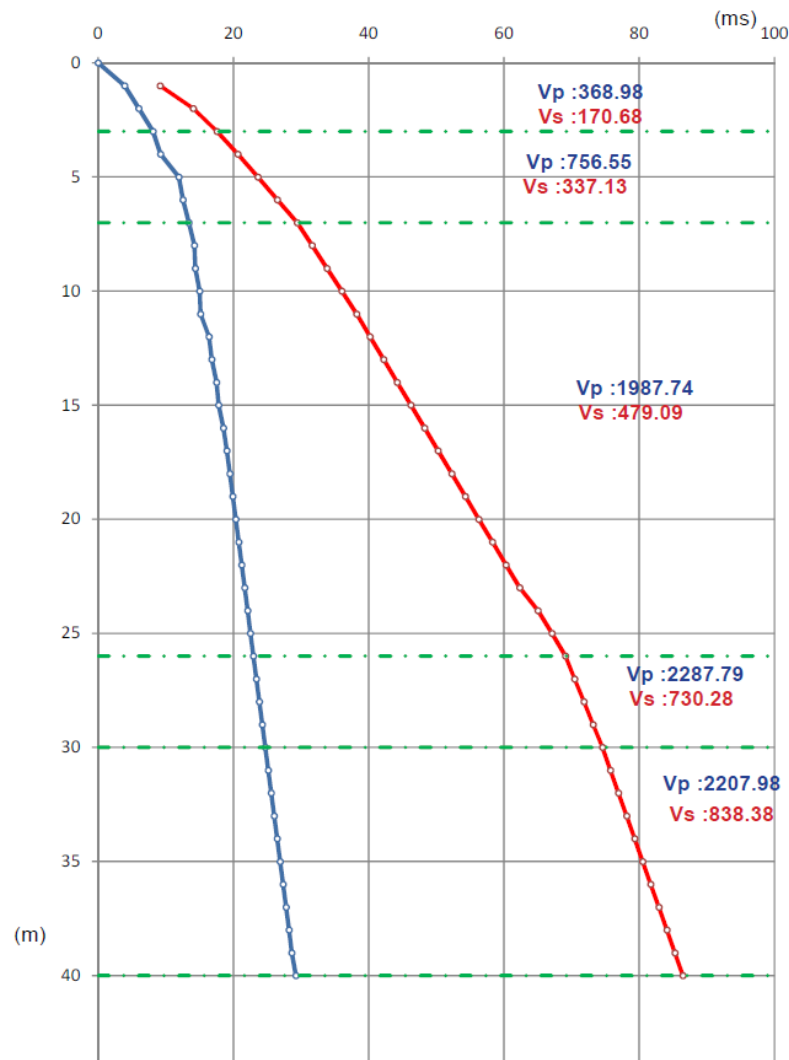


Figura 53 – “Dromocrone tempi-distanza delle onde P e delle onde S ottenuti dalla prova down-hole per la WTG14 – Campagna 2019”

7.3.9 SOTTOSTAZIONE SSE

L'area di sedime della stazione elettrica SSE si localizza in un settore geomorfologicamente stabile con pendenze inferiori a 15°.

Le indagini geognostiche condotte hanno permesso di rilevare una successione stratigrafica costituita da unità riconducibili alla formazione di Corleto Perticara (CPA), litofacies argillitico-calcareo-diasprigna.

Fino a 5.3 m da p.c. si rileva un banco calcareo marnoso con selce alterato, con intercalazioni argillo marnose. Inferiormente si passa ad argille marnose ed argilliti da grigio verdi a rosso violacee, con inclusi litoidi e selciferi e frequenti intercalazioni calcaree. **Gli strati calcarei, con spessore massimo pari a circa 2 m, sono stati rilevati per circa il 25% della successione.**

L'analisi sismica Down hole ha evidenziato la presenza di 6 orizzonti sismostratigrafici.

Il primo orizzonte, con spessore pari a circa 3 m è caratterizzato da una Vs media pari a 161 m/s e corrispondente a calcare marnoso e argilla marnosa molto consistente.

Il secondo sismostrato (3-5 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 354 m/s e corrisponde a calcari marnosi.

Il terzo sismostrato (5-18 m da p.c.) è caratterizzato da una Vs media pari a 479 m/s ed è costituito da alternanze di argille marnose, calcari marnosi e calcari con selce.

Il sismostrato di base, rilevato a partire da 18 m da p.c., è caratterizzato da una Vs media superiore a 694 m/s ed è costituito da argilliti e argille marnose dure alternate a livelli calcarei.

In questi depositi si osserva un progressivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità tale da far escludere fenomeni di inversione delle rigidità.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate, considerato l'assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dall'opera in esame, si ritiene opportuno attribuire al sottosuolo investigato la Categoria B, prevista dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

Tabella 22 – “Sismostrati individuati tramite la prova down-hole eseguita per la sottostazione SSE– Campagna 2019”

Depth	Spessore	Vs	VP	Density	ν	Vp/Vs	G	Ed	K
[m]	[m]	[m/s]	(m/s)	[KN/m ³]	POISSON	(-)	TAGLIO	YOUNG	BULK
					(-)	(-)	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1	3.0	3.0	161.12	1121.38	19.30	0.49	6.96	51	2407
2	5.0	2.0	354.29	1397.46	19.90	0.47	3.94	255	3623
3	18.0	13.0	479.34	1872.17	19.40	0.46	3.91	455	6328
4	30.0	12.0	648.84	2198.19	20.00	0.45	3.39	859	8710

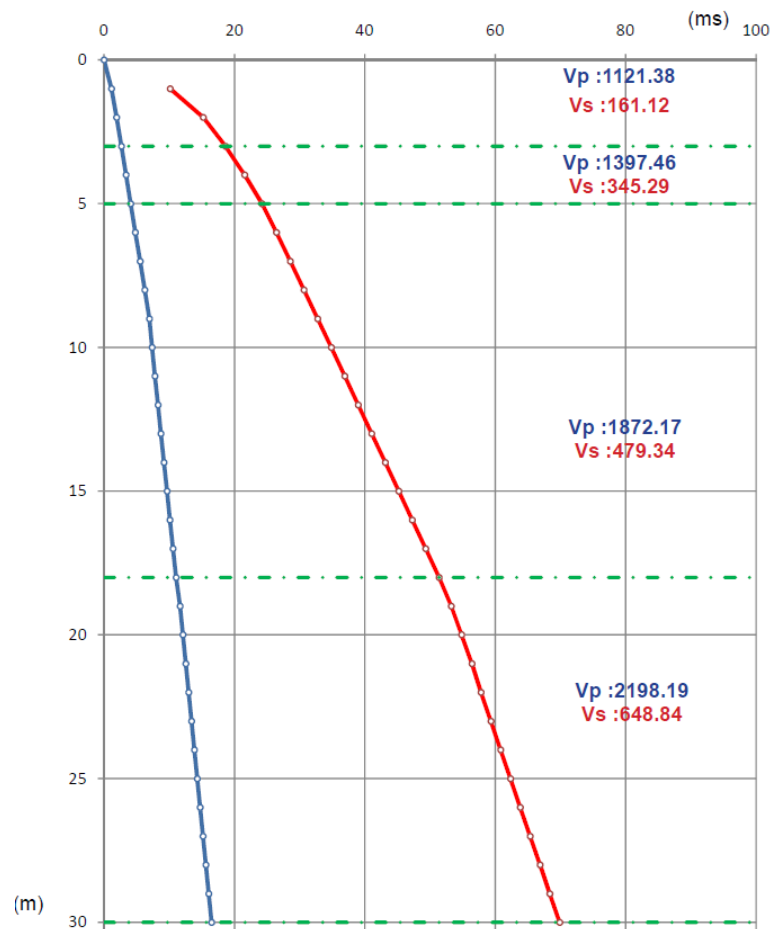


Figura 54 – “Dromocrone tempi-distanza delle onde P e delle onde S ottenuti dalla prova down-hole per la WTGSSE – Campagna 2019”.

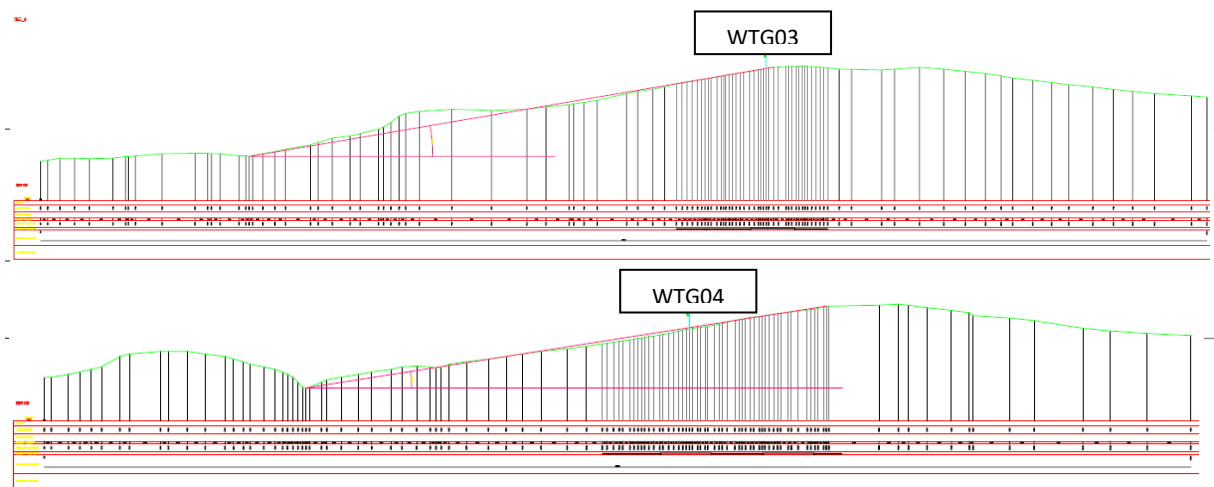
7.3.10 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Le indagini geofisiche condotte hanno permesso di definire la sismostratigrafia del sottosuolo investigato e determinare la Categoria di appartenenza dei terreni interessati dalle opere in progetto. Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate, considerato l'assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dalle torri eoliche si ritiene opportuno attribuire alle stesse la Categoria B, prevista dal D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni (Tabella 23).

POSIZIONE	Prova geofisica	Vs,eq	CAT. SOTT. NTC18
WTG03	down hole	area non accessibile	
WTG04	down hole	467.3	B
WTG05	down hole e masw	466.8	B
WTG08	down hole	416.7	B
WTG09	down hole	405.5	B
WTG10	down hole e masw	463.3	B
WTG11	down hole	391.6	B
WTG13	down hole	426.8	B
WTG14	down hole	402.3	B
WTG18	down hole	area non accessibile	
STAZIONE ELETTRICA - SSE	down hole	429.3	B

Tabella 23. Valori di Vs,eq e relativa categoria di sottosuolo attribuita ai sensi del D.M. 17/01/2018 ai terreni investigati con le descritte indagini geofisiche.

I pendii interessati dalle opere in progetto sono caratterizzati da una debole energia di rilievo con pendenze massime riscontrate sempre inferiori a 15° (Figura 55). È possibile pertanto attribuire a tutti i sottosuoli di fondazione la categoria topografica T1, coefficiente topografico St=1, ai sensi del DM 17/01/2018.



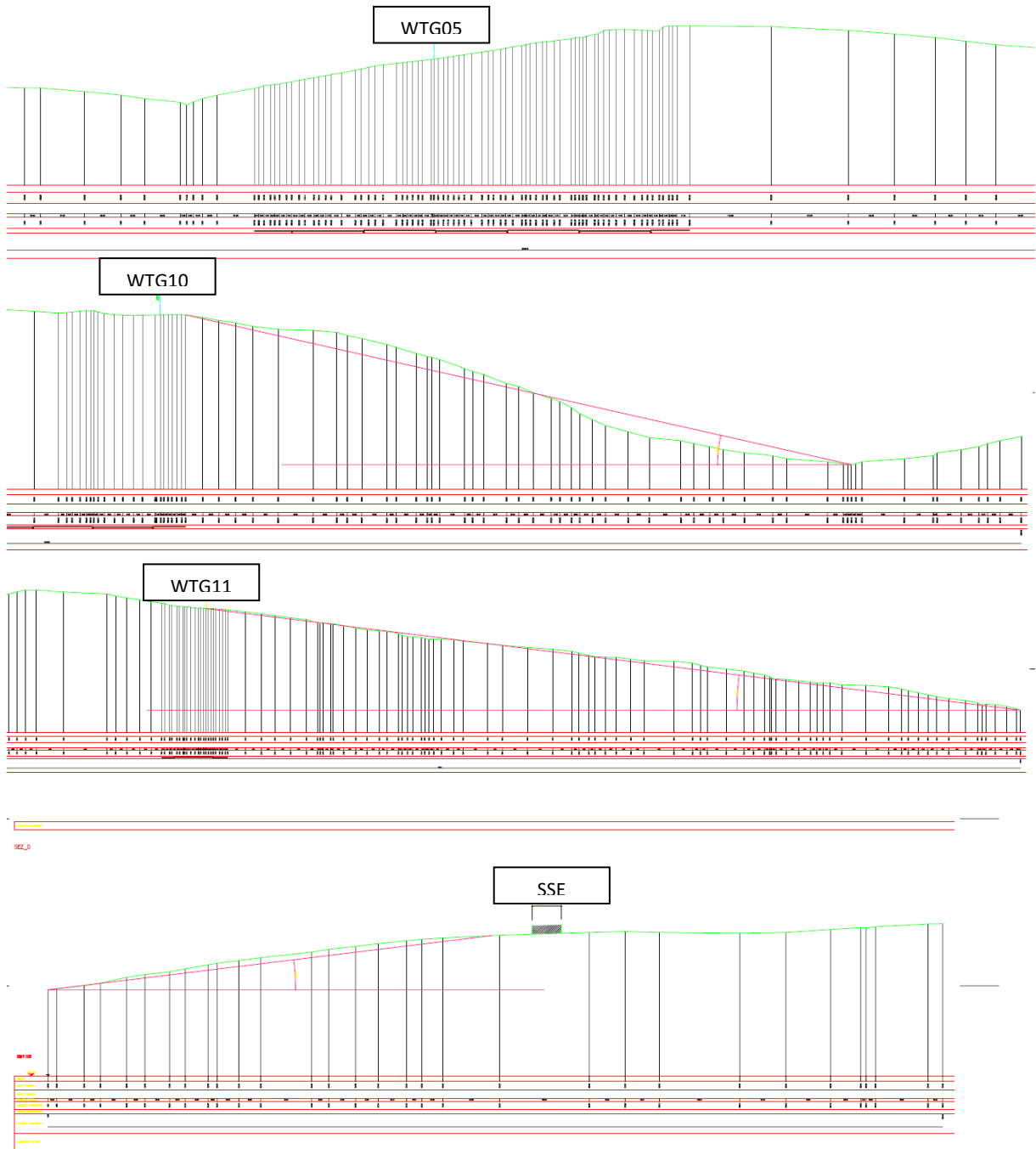


Figura 55. Valutazione del coefficiente topografico St , in corrispondenza dei pendii interessati dalle opere in progetto. Sezioni trasversali sulla massima pendenza.

8 CONCLUSIONI

I sopralluoghi effettuati, l'analisi dei risultati delle indagini e l'esame degli elaborati prodotti nelle diverse fasi progettuali hanno permesso di ricostruire il modello geologico di riferimento relativo al sottosuolo interessato dalle opere previste nel progetto del Parco eolico di Casalduni.

Nell'area interessata dalle opere in progetto, affiorano formazioni argillo marnose, arenitiche e calcareo argillo marnose, di genesi emipelagica e torbidityca. Le fondazioni delle torri eoliche interessano le seguenti formazioni geologiche:

FORMAZIONE DI SAN GIORGIO (GGM)

Il membro arenaceo-calcareo-pelitico (GGM5) è costituito da sottili intercalazioni di areniti medio-fini, micacee e litiche, siltiti grigiastre, arenarie calcaree, calcari marnosi in strati sottili, argilliti e marne argillose nerastre, riferibili a torbidityca sottili con laminazioni piano/oblique e convolute; si rinvencono subordinate arenarie a grana media in banchi massivi. La successione, nell'insieme, presenta i caratteri della sedimentazione distale di un sistema torbidityco in appoggio concordante sulle Argille Varicolori del Fortore, con uno spessore complessivo approssimativamente di circa 550 m. Essa è troncata tettonicamente dai terreni dell'Unità del Sannio. Serravalliano superiore - Tortoniano inferiore. Ricontrata sulle verticali WTG 008-09. Dalle indagini geognostiche si rileva un'unità superficiale (5-9 m) costituita da limi ed argille marnose rossastre intercalate a sabbie grigie. Inferiormente si passa a sabbie a tratti cementate (areniti) grigie prevalenti alle quali si intercalano strati metrici di argilliti e argille marnose grigiastre con intercalazioni di areniti lievemente cementate dello stesso colore molto resistenti alla terebrazione.

FLYSCH ROSSO (FYR)

Si rileva l'alternanza di due litofacies, rispettivamente a componente prevalente calcareo-clastica (FYR2) e pelitica (FYR1).

Il Membro diasprigno pelitico (FYR1) in posizione basale, è costituito da una successione prevalentemente torbidityca, data da alternanze di argille marnose e siltose e argilliti, calcilutiti grigio-verdastre laminate, marne calcaree, argille silicifere nerastre, diaspri, calcari marnosi diasprigni. Stratificazione sottile, piano parallela. Base non esposta, verso l'alto parziale atropia con FYR2. Successione di bacino formata da emipelagiti e flussi gravitativi distali. Spessore fino a 500 m. Nei sondaggi geognostici si rileva una litofacies superficiale pelitica (spessore 4-10 m) costituita da limi argillosi ed argille marnose rossastre mediamente consistenti. Inferiormente si passa ad argilliti, argille marnose e areniti cementate di colore grigio verdastro con livello di addensamento/consistenza crescente con la profondità. Si intercalano intervalli centimetrici calcarenitici litoidi e strati argillo marnosi rossastri molto consistenti. Nella successione riscontrata in corrispondenza delle verticali WTG13 e WTG14 si rilevano strati e banchi calcarei bianchi molto duri e resistenti alla terebrazione con spessore massimo pari a circa 2 m. - Cretaceo sup.

Il Membro calcareo (FYR2) è costituito da Calciruditi ricristallizzate in strati e banchi massivi, costituite da clasti con rudiste e da frammenti di strato di calcari di piattaforma carbonatica, brecciole calcaree a macroforaminiferi, calciruditi policrome, calcareniti gradate con alveolinae, nummuliti e orbitoidi; calcari cristallini. Verso il basso parziale eteropia con FYR1. Successione di base scarpata-bacino di natura prevalentemente torbidityca. Spessore di circa 200 m. Cretacico superiore-Burdigaliano superiore.

FORMAZIONE DI CORLETO PERTICARA (CPA)

La Formazione di Corleto Perticara ha uno spessore di circa 1000 m. In essa sono state distinte due litofacies:

Litofacies argillitico-calcareo-diasprigna (CPA1), formata da alternanze di argilliti grigiastre e grigioviolacee, marne silicizzate rosso-bruno-violacee o giallastre in strati medio-sottili, paesiformi, a geometria tabulare con stratificazione ritmica; strati e banchi di calcari marnosi giallo-arancio alterati, con subordinate intercalazioni di calcareniti grigio-chiaro, argille scagliose rosso bruno e vinaccia, marne silicifere rosso vinaccia e violacee, calcareniti ibride e siltiti laminate. Riscontrata sulle verticali WTG 04-05.

Nei sondaggi geognostici si rileva fino a circa 6 m da p.c. argille limose ed argilliti grigio-verdastre con inclusi calcarei passanti a strati calcarei e calcareo marnosi competenti. Inferiormente si rilevano argille marnose ed argilliti molto consistenti di colorazione variabile dal grigio verde al rosso, con livelletti calcareo marnosi decimetrici intercalati.

Litofacies calcareo-marnosa-arenacea (CPA2), formata da calcilutiti bianche e giallognole, a frattura concoide e/o prismatica, laminate, in strati medi e spessi; marne calcaree di colore grigio e verde chiaro in strati sottili e medi, a luoghi spessi, interessate da clivaggio di fratturazione; calcareniti fini di colore marrone chiaro, laminate, con strutture sedimentarie (sequenze Tb-c di Bouma), in strati sottili e medi, con intercalazioni di argille ed argille marnose laminate di colore verde, grigioscuro e marrone, in strati medi e spessi; marne argillose laminate e marne silicizzate a frattura prismatica (paesiforme). Età Cretacico sup. - Burdigaliano sup. Nel sondaggio SSE fino a 5.3 m da p.c. si rileva un banco calcareo marnoso con selce alterato, con intercalazioni argillo marnose. Inferiormente si passa ad argille marnose ed argilliti da grigio verdi a rosso violacee, con inclusi litoidi e selciferi e frequenti intercalazioni calcaree. Gli strati calcarei, con spessore massimo pari a circa 2 m, sono stati rilevati per circa il 25% della successione. L'orizzonte pedogenetico ha spessore compreso tra 50 e 70 cm.

Come descritto nel profilo geologico, procedendo da ovest verso est si osserva un passaggio di natura stratigrafica tra le unità litoidi competenti della facies calcarea del Flysch rosso (FYR2) e la litofacies pelitica (FYR1), entrambe immergenti a basso angolo verso ovest. Quest'ultima si sovrappone con un sovrascorrimento al membro arenaceo-calcareo-della Formazione di San giorgio (GGM5), la quale rappresenta una "finestra tettonica" nella valle del Fiume Tamaro. Le torri WTG03-04-05 interessano la Formazione di Corleto Perticara.

Nella scelta dei metodi di esecuzione dei pali di fondazione si dovrà tener conto della presenza, nelle successioni interessate, di banchi litoidi competenti dello spessore massimo di 2 m.

La natura prevalentemente impermeabile delle unità sopradescritte, determina un'infiltrazione efficace minima, ed ruscellamento concentrato prevalente a carattere stagionale. L'erosione concentrata può determinare localmente l'attivazione o la riattivazione di corpi di frana per colamento, di limitato spessore (solitamente 1-2 m) e dalla limitata estensione areale.

Nel corso delle lavorazioni si dovrà provvedere ad una minima interferenza con il regime delle acque superficiali, installando in corrispondenza di piazzole e piste adeguati fossi di guardia in terra, i quali permetteranno nella configurazione provvisoria il drenaggio della acque negli impluvi naturali. Non dovranno essere creati ruscellamenti e infiltrazioni concentrate, al fine di non alterare lo stato dei luoghi.

In base a quanto ottenuto dal rilevamento geomorfologico di dettaglio e dalle analisi di stabilità riportate nello Studio di compatibilità geomorfologica, è possibile esprimere un giudizio di piena

compatibilità degli interventi in progetto con il contesto geologico e geomorfologico ospitante.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate, considerato l'assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dalle torri eoliche si ritiene opportuno attribuire alle stesse la Categoria B, prevista dal D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni.

Il progetto si inserisce in un contesto geomorfologico caratterizzato da deboli energie di rilievo con pendenze medie generalmente inferiori a 15°. È pertanto possibile attribuire al sottosuolo di fondazione delle opere in progetto, la categoria topografica T1, coefficiente $St=1$.

9 BIBLIOGRAFIA

Chiocchini U., Chiocchini M., Di Stefano A., Potetti M., Critelli S., Le Pera E., Madonna S., Valentini L., Barbieri M. (2007): Note illustrative della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000, Foglio 432, Benevento. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

Cestari G., Malferrari N., Manfredini M., Zattini N. (1975): Note illustrative della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:100000, Foglio 162, Campobasso. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>, DOI: 10.6092/INGV.IT-DBMI11.

Pescatore T.S., Di nocera S., Matano F., Pinto F., Quarantiello R., Amore O., Boiano U., Civile D., Fiorillo L., Martino C. (2008): Geologia del settore centrale dei monti del Sannio: Nuovi dati stratigrafici e strutturali. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. LXXVII, pp. 77 – 94.

A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, doi:10.6092/INGV.IT-CPTI11

Portale ISPRA: Foglio Geologico 419 "S. Giorgio La Molara" della Carta Geologica D'Italia in scala 1:50000.