

INDICE

•	PREMESSA	2
•	METODOLOGIA D'INDAGINE	3
•	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
•	LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI	5
•	TETTONICA REGIONALE	10
•	VERIFICA DI COMPATIBILITA' COL PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE CAMPANIA	19
-	AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO (R4)	22
-	AREE DI ALTA ATTENZIONE (A4)	22
-	AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO POTENZIALMENTE ALTO (RPA)	23
-	AREE DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE ALTA (APA)	23
-	AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO ELEVATO (R3)	23
-	AREE DI MEDIO - ALTA ATTENZIONE (A3)	23
-	AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MEDIO (R2)	23
-	AREE DI MEDIA ATTENZIONE (A2)	23
-	AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MODERATO (R1)	23
-	AREE DI MODERATA ATTENZIONE (A1)	23
-	AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO POTENZIALMENTE BASSO (RPB)	23
-	AREE DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE BASSA (APB)	24
	ART. 8 - AREE A RISCHIO MEDIO (R2)	25
•	SISMICITA' DELL'AREA	27
•	CONCLUSIONI	31

• **PREMESSA**

Su incarico della ATP composta dall'Arch. Carmine D'Occhio e dall'Ing. Giuseppe Antonio De Blasis, il sottoscritto Dott. Geol. Luigi Clausi, iscritto all'Ordine dei Geologi della Calabria n° 924, ha eseguito una relazione geologica di inquadramento **per il progetto di un parco eolico denominato "LISA"** ricadente nei territori comunali di Morcone e Pontelandolfo (BN).

A tal proposito è stato svolto uno studio geologico, geomorfologico, idraulico, idrogeologico, geotecnico e sismico sui siti in cui è prevista l'ubicazione del Parco Eolico.

Lo studio è stato condotto secondo i dettami delle seguenti normative tecniche:

- ❖ **D.M. del 11/3/88.** Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.
- ❖ **Legge 64 del 2 febbraio 1974** – Provvedimenti per le costruzioni. Art. 13.
- ❖ **O.P.C.M. n° 3274 del 2003.**
- ❖ **D.M. 14 Settembre 2005** - Nuovo testo unico per le norme tecniche delle costruzioni.
- ❖ **Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 17/01/18.**

In base a quanto prescritto dalle normative vigenti, quale il **D.M. del 11/3/88** Sez. B-5, la relazione che segue comprende e illustra:

- La situazione litostratigrafica locale, con definizione dell'origine e natura dei vari litotipi;
- La caratterizzazione geomeccanica di ciascun litotipo nonché la loro degradabilità;
- I lineamenti geomorfologici e idraulici della zona, nonché gli eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali;
- Lo schema della circolazione idrica superficiale (idrologia) e sotterranea (idrogeologia);
- I contatti geostrutturali generali, con definizione delle geometrie e delle caratteristiche delle superfici di discontinuità.

Pertanto, scopo del presente studio, è quello di accertare la stabilità dell'area nel suo insieme e di verificare il grado di incidenza dei fattori litologici, morfologici, geotecnici e sismici dell'area in cui l'opera in progetto sarà realizzata, come la normativa vigente prescrive.

Al fine di individuare e caratterizzare le formazioni presenti, i limiti stratigrafici e tettonici, nonché i processi geomorfologici antichi e recenti, quiescenti od attivi, è stato svolto un accurato e dettagliato rilevamento di campagna corredato da 2 prove sismiche di Tipo MASW e 2 Prove penetrometriche medie dinamiche.

Tale rilevamento è stato poi integrato e confrontato attraverso l'interpretazione delle foto aeree,

la consultazione della bibliografia e lo studio della cartografia ufficiale.

Tutto ciò ha consentito di effettuare una caratterizzazione dinamica dell'area, definendone l'assetto morfologico, i processi geomorfici, i dissesti in atto o potenziali e la circolazione idrica superficiale e sotterranea.

L'area interessata dall'intervento in progetto è stata altresì studiata in relazione al Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), che ha valore di piano sovraordinato e prevale, quindi, sullo strumento urbanistico.

Alla presente relazione sono allegati:

Tav. 1 - Carta Geologica ed Idrogeologica, scala 1:10.000;

Tav. 2 - Carta Iffi (Inventario dei fenomeni franosi d'Italia), scala 1: 10.000;

Tav. 3 - Carta Ubicazione Prove, scala 1:10.000;

Tav. 4 – Sezioni Geologiche, scala 1:5000

Tav. 4 – Carta Idrologica, scala 1:10.000

Tav. 5 – Carta Idrogeologica, scala 1:10.000

• **METODOLOGIA D'INDAGINE**

Lo studio si è svolto essenzialmente in Tre fasi:

- Una prima fase, mediante dati ricavati dalla letteratura, i quali hanno permesso di individuare le formazioni che rappresentano il substrato dell'area di studio nonché i relativi rapporti tettonico-stratigrafici, a carattere regionale e locale.
- Una seconda fase, mediante una campagna indagine di tipo diretto, atta a definire le caratteristiche geotecniche dei terreni di sedime.
- Una terza fase, mediante elaborazione dei dati rilevabili direttamente al suolo nelle diverse condizioni d'affioramento dei terreni rappresentanti il substrato dell'area in studio.

Il tutto è stato integrato da una conoscenza personale delle caratteristiche di questo territorio, e dalla consultazione di precedenti studi geologici eseguiti nelle vicinanze dell'area d'interesse.

• INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La zona esaminata rientra amministrativamente nei Comuni di Morcone e Pontelandolfo in provincia di Benevento, precisamente gli aerogeneratori sono completamente ubicati nel territorio comunale di Morcone, mentre parte del cavidotto ricade nel territorio comunale di Pontelandolfo. L'area parco eolico si trova a circa 2,5 km a sud dell'abitato di Morcone, a 3,2 km a Nord-Ovest dell'abitato di Pontelandolfo e a 6,5 Km a Ovest dell'abitato di Cuffiano.

L'area viene cartografata sulla carta tecnica-regionale alle sezioni N° 418081, 418082, 419053.

Per una migliore ubicazione dell'area si rimanda alle planimetrie allegate.

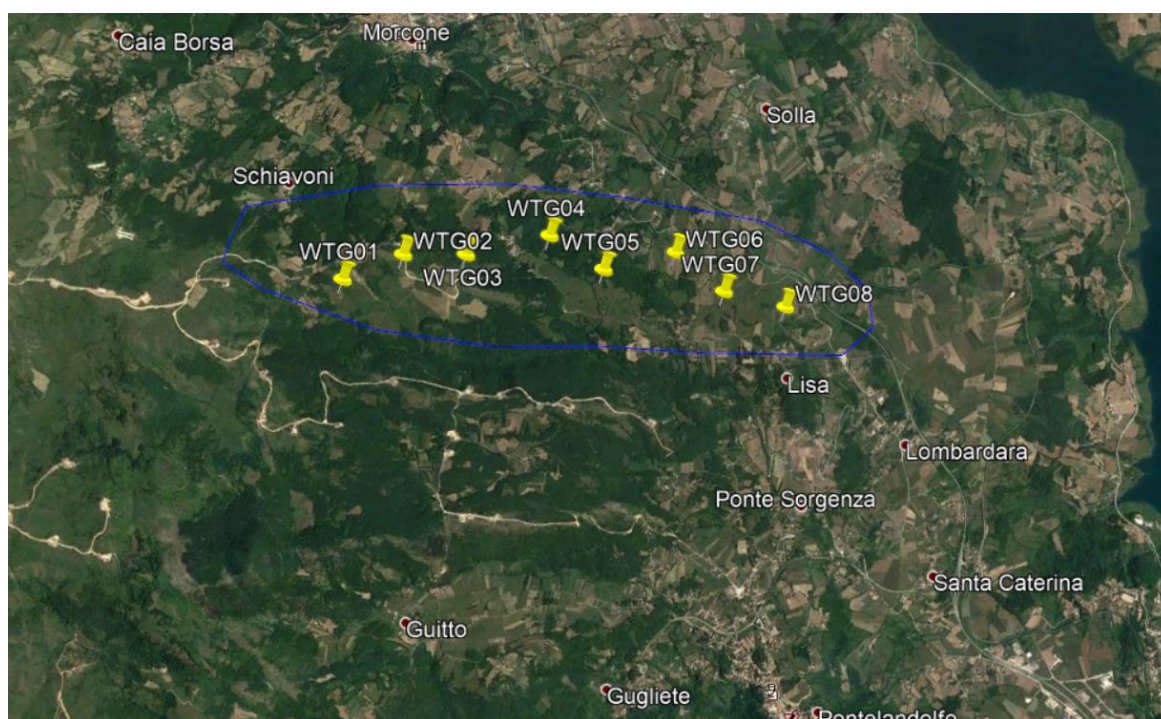


Figura 1: Ubicazione su base ortofoto del sito d'impianto (segnato in Blu)

• LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI

L'area in esame si colloca geologicamente all'interno dell'appennino meridionale che si estende dal Sud dell'Abruzzo sino alle catene della Sicilia e dei Maghrebidi alle quali è collegata attraverso il segmento dell'Arco Calabro-Peloritano.

La conoscenza della struttura geologica dell'Appennino campano, e più in generale dell'Appennino meridionale, risulta di fondamentale importanza per l'analisi geologica del territorio.

In tale ambito risulta necessaria l'analisi delle caratteristiche delle antiche unità paleogeografiche e delle principali fasi geodinamiche neogeniche che hanno portato alla deformazione e all'impilamento delle stesse, fino alla costituzione successive unità stratigrafico-strutturali.

L'Appennino campano, e più in generale l'Appennino meridionale, è un edificio "a falde di ricoprimento" in cui le unità stratigrafico-strutturali sono impilate in un prisma di accrezione con vergenza orientale sviluppatosi durante il Neogene sopra la zolla Adria, in subduzione verso Sud-Ovest. In questo schema geodinamico le unità paleogeografiche più interne (poste ad Ovest) sono sormontate sulle esterne e assieme a queste hanno avanzato verso Est, sino a sovrapporsi all'avampaese, coinvolto anch'esso nella subduzione verso Ovest.

Nell'ambito della struttura della catena appenninica, sono compresi i depositi delle piattaforme carbonatiche mesozoiche e le successioni dei bacini, tra esse interposti, che si sviluppavano sul margine continentale africano. Sono presenti, inoltre, frammenti del dominio oceanico Liguride, frammenti del dominio Sicilide e depositi neogenici sedimentati in bacini sinorogeni, di avanfossa e di avampaese.

La struttura dell'Appennino meridionale è resa ancora più complessa dall'apertura recente (post-Tortoniana) del Mar Tirreno, durante la quale il prisma d'accrezione è stato smembrato, andando a costituire il margine occidentale del Tirreno stesso.

Nell'area di interesse (Abruzzo-Molise-Campania-Calabria) la catena è orientata circa NE-SO. In questa regione si distinguono quattro domini tettonici di primo ordine, di seguito descritti da Ovest verso Est:

1. il Bacino Tirrenico, costituito da crosta oceanica e da crosta continentale assottigliata. La formazione del bacino è iniziata a partire dal Tortoniano a seguito della subduzione della crosta oceanica del bacino Ionico al di sotto dell'Arco Calabro-Peloritano in formazione e della contemporanea formazione della catena a thrust NE-vergenti che si stava formando a E. Complessivamente il dominio tirrenico è interpretabile come un bacino estensionale di retro-arco.
2. la catena dell'Appennino Meridionale s.s. estesa lungo il tratto campano-calabrese della costa tirrenica. Questo dominio tettonico è formato da un "duplex" di falde

carbonatiche, classicamente attribuite alla Piattaforma Apula Interna al di sopra delle quali sono sovrascorse, durante il Terziario, serie di falde alloctone formate da unità bacinali e di piattaforma. Le unità carbonatiche sepolte facenti parte del “duplex” sono principalmente costituite da facies di piattaforma e subordinate facies di acque profonde;

3. il bacino di avanpaese dell'Appennino Meridionale, sviluppatosi nel corso del Plio-Pleistocene al fronte del sistema dei thrust della catena.
4. l'avanpaese adriatico-apulo principalmente costituito da una spessa coltre di sedimenti carbonatici e terrigeni di età Paleozoica al di sopra dei quali si trovano in successione le evaporiti triassiche e i sedimenti carbonatici di piattaforma mesozoico-terziari. Alcuni autori hanno ipotizzato la presenza di un basamento cristallino Pre-Cambriano al di sotto della successione sedimentaria.

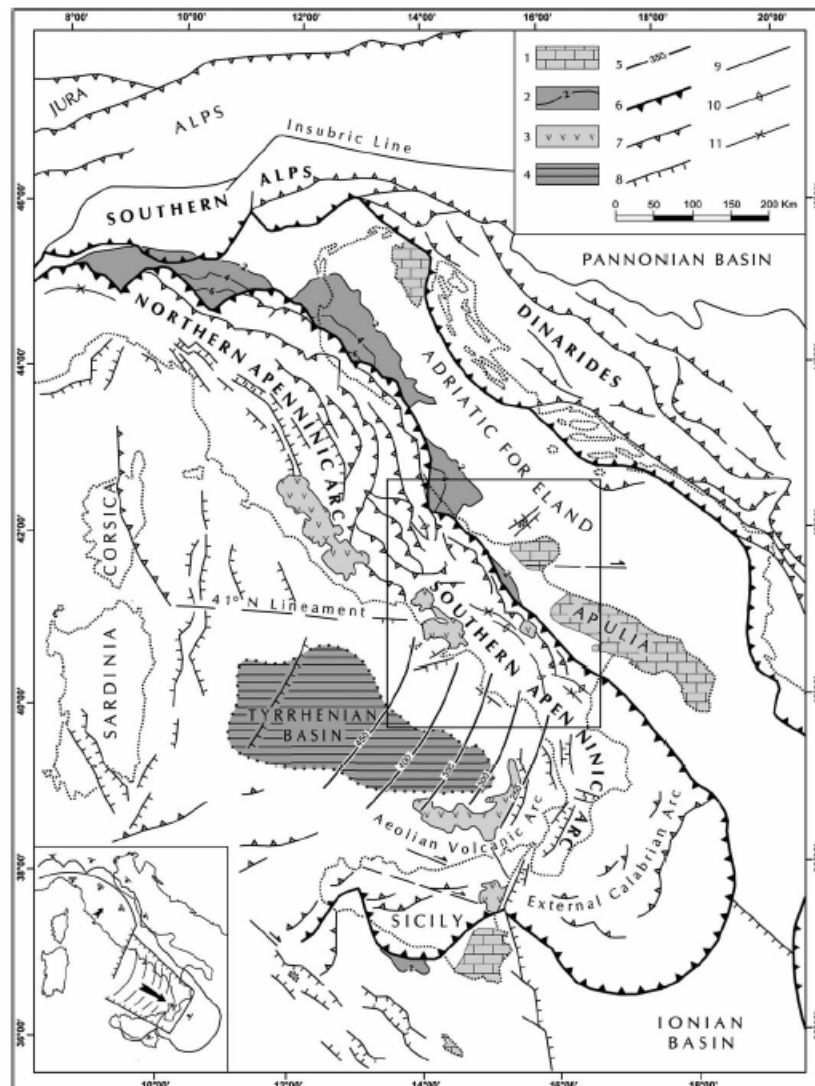


Figura 2: Schema strutturale della penisola italiana con evidenziata la suddivisione fra le catene Nord e Sud appenninica (da Patacca & Scandone, 2007).

Le litologie affioranti nell'area oggetto di studio sono comunemente attribuite all'Unità del Sannio s.l. facente parte del dominio tettonico della catena dell'Appennino Meridionale (n.2 nel precedente elenco).

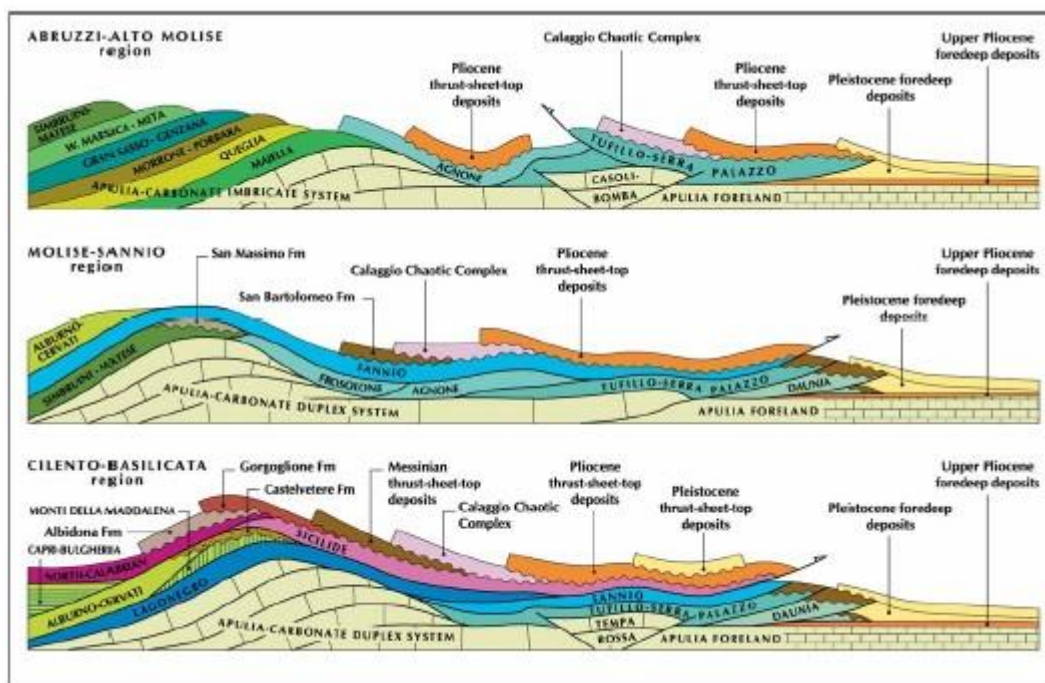


Figura 3: Rappresentazione schematica dei rapporti strutturali fra le varie unità tettoniche costituenti il dominio della catena dell'Appennino Meridionale (Patacca & Scandone, 2007). Il profilo di interesse è il secondo, nel quale si vedono le unità del Sannio sovrascorse al di sopra del sistema a "duplex" dei carbonati del dominio apulo.

In particolare le formazioni geologiche presenti sono dalla più recente alla più antica:

- **Detriti di falda e Alluvioni** (Quaternario): I primi provengono dal disfacimento dei depositi flyschoidi e sono costituiti da elementi carbonatici, generalmente di piccole dimensioni con qualche blocco e/o trovante, inglobati in una matrice lateritico-terrosa bruna proveniente dal materiale argillificato. Sono, in genere, plastici e poco consistenti e non idonei come terreno di sedime dell'aerogeneratore.

Le seconde sono incoerenti generalmente costituite da blocchi e clasti arrotondati immersi in matrice sabbiosa. Si presentano poco addensate e saturate. Non interessano il sedime dell'aerogeneratore.

- ***Flysch*** (Miocene): Si tratta di un deposito clastico, eterogeneo, costituito da diverse litologie, spesso intercalate tra loro ed interdigitate.

Le litologie prevalenti sono:

- a) ***“Componente limo-argillosa”***: argille, argille limose e limi argillosi grigio-azzurrognoli o rossastre fittamente intercalati tra loro, con inglobati elementi carbonatici di dimensioni da centimetriche a decimetriche (calcarei e/o calcareniti), talora alternati a livelli di marne o veri e propri calcari. Si presentano discretamente consistenti quando inalterate, plastiche e poco consistenti quando alterate dalle acque di scorrimento sotterraneo. E' quasi sempre presente un elevato contenuto di sabbia e ghiaia e quando queste raggiungono percentuali intorno al 25% o superiori il comportamento geotecnico della componente limo-argillosa e di quella sabbioso-ghiaiosa sono abbastanza simili;
- b) ***“Componente sabbiosa-ghiaiosa”***: si tratta di ghiaie, sabbie fini e/o grossolane grigio-giallastre o rossastre, talora gradate, spesso con granuli calcarei (prevalenti) e di quarzo arrotondato con incluse lenti di puddinghe poligeniche. La matrice è sempre fine, prevalentemente limosa ed in generale da un punto di vista geotecnico, dove la matrice limo-argillosa raggiunge percentuali intorno a 25% o superiore il comportamento della frazione sabbiosa-ghiaiosa è molto simile a quello della frazione limo-argillosa. Si tratta di un complesso nel suo insieme abbastanza eterogeneo con intercalati livelli calcarei di spessore da centimetrico a decimetrico.
- c) ***“Componente calcarea”***: si tratta di calcari cristallini e/o brecce e/o calcareniti in una successione di depositi di natura assai varia avente alla base dei livelli di marne e di argille policrome, per lo più di colore rossastro o verdastro, nei quali si trovano intercalazioni selciose o successioni di livelli di diaspri di vario colore. Nella parte superiore di questa associazione si riscontrano sempre orizzonti di brecce calcaree associate a calcareniti ed a livelli di calcari bianchi cristallini.

Di seguito si riporta una breve descrizione, in base ai rilievi di campagna integrati con i dati di letteratura, per ogni WTG dei terreni interessati dalle opere in progetto, come riportato sulla “Carta Geologica” in scala 1:10.000 allegata al presente lavoro.

WTG01-WTG05: le opere fondali, le piazzole e le strade d'accesso sono impostate esclusivamente su terreni riconducibile alla ***Componente Calcarea*** del Flysch miocenico, essi sono esclusivamente calcareniti grigiastre, bene stratificate, e breccioline con amioni e straterelli di selce grigio-cerulea e rare intercalazioni di marne rosate, sovrastati, e talora eteropici, a diaspri di colore rosso cupo, giallo ocra, nero e bruno, fittamente straterellati, con intercalazioni di calcilutiti e calcareniti avana o biancastre, talora rosso violacee, e di marne rosse e verdastere. Questi terreni presentano generalmente una permeabilità elevata che cresce in base al grado di fratturazione dei calcari.

WTG02: le opere fondali e parte delle piazzole sono impostate su terreni riconducibile alla *Componente Calcarea* del Flysch miocenico, mentre le restanti piazzole e la strada d'accesso sono impostate sulla componente conglomeratica. La componente conglomeratica è a cemento sabbioso o calcareo rossastro, alternato con marne e marne argillose rossastre e verdastre. Le due componenti sono in continuità stratigrafica, con il limite difficilmente riconoscibile. Questi terreni presentano generalmente una permeabilità elevata che cresce in base al grado di fratturazione dei calcari e la compattezza dei conglomerati.

WTG03-WTG04: su queste posizioni troviamo le opere fondali e parte delle piazzole impostate sulla componente Conglomeratica del Flysch, mentre la restante parte delle piazzole e le strade d'accesso impostate sulla componente su terreni riconducibile alla Componente Calcarea del Flysch miocenico. Questi terreni presentano generalmente una permeabilità elevata che cresce in base al grado di fratturazione dei calcari e la compattezza dei conglomerati.

WTG06-WTG07-WTG08: la litologia su queste posizioni è completamente differente dalle precedenti, infatti sia le opere fondali, le piazzole e le strade sono impostati sulla componente Limo-Argillosa del Flysch, essi sono esclusivamente Argille e marne siltose, grigie e varicolori, con intercalzioni di calcari marnosi avana o verdastri, di calcareniti verdastre con liste di selce bruna, di arenaria talvolta grossolane, scisti diasprini, specie nella parte alta del complesso; rari livelli di sabbie con elementi vulcanici. Questi terreni presentano una permeabilità molto bassa.

• TETTONICA REGIONALE

Lo stile tettonico dell'arco appenninico meridionale è riferibile ad un sistema a “duplex”, in cui un complesso di “thrust-sheets” (falde di sovrascorrimento) carbonatici, derivanti dalla deformazione dell'avampaese apulo è sepolto al di sotto di una serie di coltri di provenienza interna, come evidenziato dai profili sismici e dai risultati delle perforazioni realizzate per la ricerca petrolifera (Butler et alii, 2004 e referenze incluse).

In particolare, unità più interne avrebbero scavalcato unità più esterne invertendo la loro posizione paleogeografica. Dal Tortoniano superiore mentre il fronte della catena continua ad essere sottoposto ad una tettonica di tipo compressivo l'area tirrenica e la parte più occidentale della catena sono interessate da una tettonica distensiva legata all'apertura del bacino tirrenico.

Tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore cessa l'arretramento flessurale della litosfera dell'avampaese apulo in corrispondenza del segmento molisano-sannitico e del segmento campano-lucano dell'arco appenninico meridionale, mentre prosegue in corrispondenza dell'Arco calabro. Questa variazione del campo regionale di sforzo è seguita da forte sollevamento nella catena e da una generazione di faglie per lo più ad andamento appenninico (NO-SE) sia normali che trascorrenti. In questo quadro la linea Ortona-Roccamonfina, trascorrente destra svincola l'arco appenninico settentrionale, ancora in subsidenza flessurale dal segmento molisano-sannitico dell'arco appenninico meridionale.

La zona di taglio Cilento-Pollino ad andamento N120 permetterebbe la migrazione dell'arco calabro verso sud-est, svincolandolo dall'arco campano-lucano, in cui l'arretramento flessurale è ormai cessato. Tra il Pleistocene inferiore ed il Pleistocene medio il margine tirrenico della catena appenninica viene sezionato da un sistema di faglie dirette ad andamento appenninico (NO-SE) ed antiappenninico (NE-SO e E-W), che hanno prodotto dislocazioni verticali delle parti interne della catena verso il Tirreno, con formazione di ampie aree di piana, profonde alcune migliaia di metri (Piana campana e Piana del Sele), di bacini di estensione minore quali il Vallo di Diano, la Valle del Tanagro e di piccole pianure alluvionali nel Cilento. Processi di *block-faulting* sarebbero, inoltre, responsabili della formazione di piccoli bacini intramontani (bacini di tipo “piggy back”), paralleli alle strutture compressive del Pleistocene inferiore.

Alcuni Autori ritengono, tuttavia, che il sistema di faglie trascorrenti e oblique sinistre che delimitano le principali depressioni strutturali nel salernitano fosse attivo già nel Pliocene con riattivazione nel Pleistocene. Tra la fine del Pliocene ed il Pleistocene inferiore, il segmento molisano-sannitico dell'arco appenninico meridionale è interessato da un'attività tettonica trascorrente e transpressiva secondo sistemi di faglie ad andamento OSO-ENE, con cinematica

sinistra, e N-S con movimento destro.

Nel Pleistocene medio, questo settore della catena è interessato da un nuovo evento distensivo con sviluppo di un sistema di faglie ad andamento NO-SE e riattivazione delle faglie sviluppatesi durante l'evento precedente. Questi eventi hanno condizionato l'evoluzione dei bacini alluvionali dell'area, tra cui quello del fiume Volturno, ed hanno portato alla formazione di bacini sedimentari di ambiente continentale con sedimentazione di depositi clastici e di depositi lacustri. Viene segnalata, inoltre, la presenza di strutture tardo-quadernarie ad andamento E-O e N-S.

• *Tettonica Locale*

L'area in esame è inserita all'interno di un complesso contesto tettonico caratterizzato da una embricazione prevalente est-vergente di mega- pieghe associate a faglie inverse entro sovrascorrimenti di diversa estensione sovrapposti nella direzione adriatica. Di seguito è riportata una breve descrizione dell'evoluzione tettonica del settore centrale dei Monti del Sannio.

La sovrapposizione tettonica documenta due momenti che sostanziano una fase di deformazione e una fase di strutturazione del settore di avampaese-catena marginale mio-pliocenico. 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 (fig. 3), 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, 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 mesozoico 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 Supersintema 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. 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 anti- formi) 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- che 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.

Le trascorrenze e le megapieghe sono l'evidenza macroscopica di associazioni strutturali enucleate da tettonica da wrenchin, che si sarebbe generata già in epoca precedente il raddoppio della copertura sedimentaria nella fase di flessurazione discontinua dell'avampaese. Tale processo deve aver condizionato anche le modalità dello scollamento, dello sradicamento e dell'affastellamento definitivo dell'Unità del Sannio sull'Unità del Fortore, conclusasi dopo il Messiniano inferiore. 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 nord- orientali, 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.

Più in generale, lo stile deformativo delle successioni multistratificate appartenenti alle due unità tettono-stratigrafiche è simile. Si tratta di strutture estese alla scala ettometrica, rappresentate dall'associazione di pieghe asimmetriche con vergenza adriatica e con piani meccanici di taglio inverso che rigettano la porzione di successione rovesciata del fianco esterno delle pieghe. L'angolo di interlembo delle strutture plicative e l'entità del rigetto orizzontale dei piani meccanici dipendono dai sottosectori discreti in cui si è sviluppato il raccorciamento e quindi si differenziano per settori trasversali all'asse della catena marginale. Tali strutture, in generale, inglobano mesopieghe e ulteriori disgiunzioni rappresentative della deformazione embrionale delle successioni multistratificate, la cui simmetria è condizionata dalla deformazione, quale il piegamento attivo (parassitic folds) e il taglio

inverso (kink folds).

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 WSW-ENE ($N40^{\circ}-70^{\circ}$). 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 ($N40^{\circ}-70^{\circ}$) 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.

Al primo sistema si riportano alcune delle strutture meglio individuate nelle porzioni sommitali dell'Unità del Sannio e del Fortore. Per quanto riguarda l'Unità del Sannio si evidenziano le strutture presenti presso le località di Fontana delle Catene, poco a nord dell'abitato di Colle Sannita, e presso le località di Fontana dell'Antro Casa Sciupo a nord-ovest dell'abitato di Circello; ambedue sono state individuate entro la formazione del Flysch Numidico. Relativamente alle mesostrutture presenti entro l'Unità del Fortore, si segnalano quelle che rilevano entro le unità di Caiazzo e San Giorgio La Molara. In tal senso sono rappresentative quelle individuate entro il rilievo su cui è ubicato l'abitato di San Giorgio La Molara. L'assetto è caratterizzato da una sequenza di antiformenti e sinformenti con orientazione degli assi $N40^{\circ}E$ e con plung-in degli stessi verso NE. Tale sistema di orientazione degli assi plicativi e dei tagli è associato alle megapieghe precedentemente descritte, quali quella di Circello e San Marco dei Cavoti.

Le associazioni strutturali del secondo sistema, con orientazione appenninica degli assi, sono più diffusamente distribuite in tutta l'area rilevata, ed in alcuni casi esprimono evidenza di una deformazione plicativa disarmonica alla diversa scala avvenuta a partire dal Messiniano superiore - Pliocene inferiore.

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).

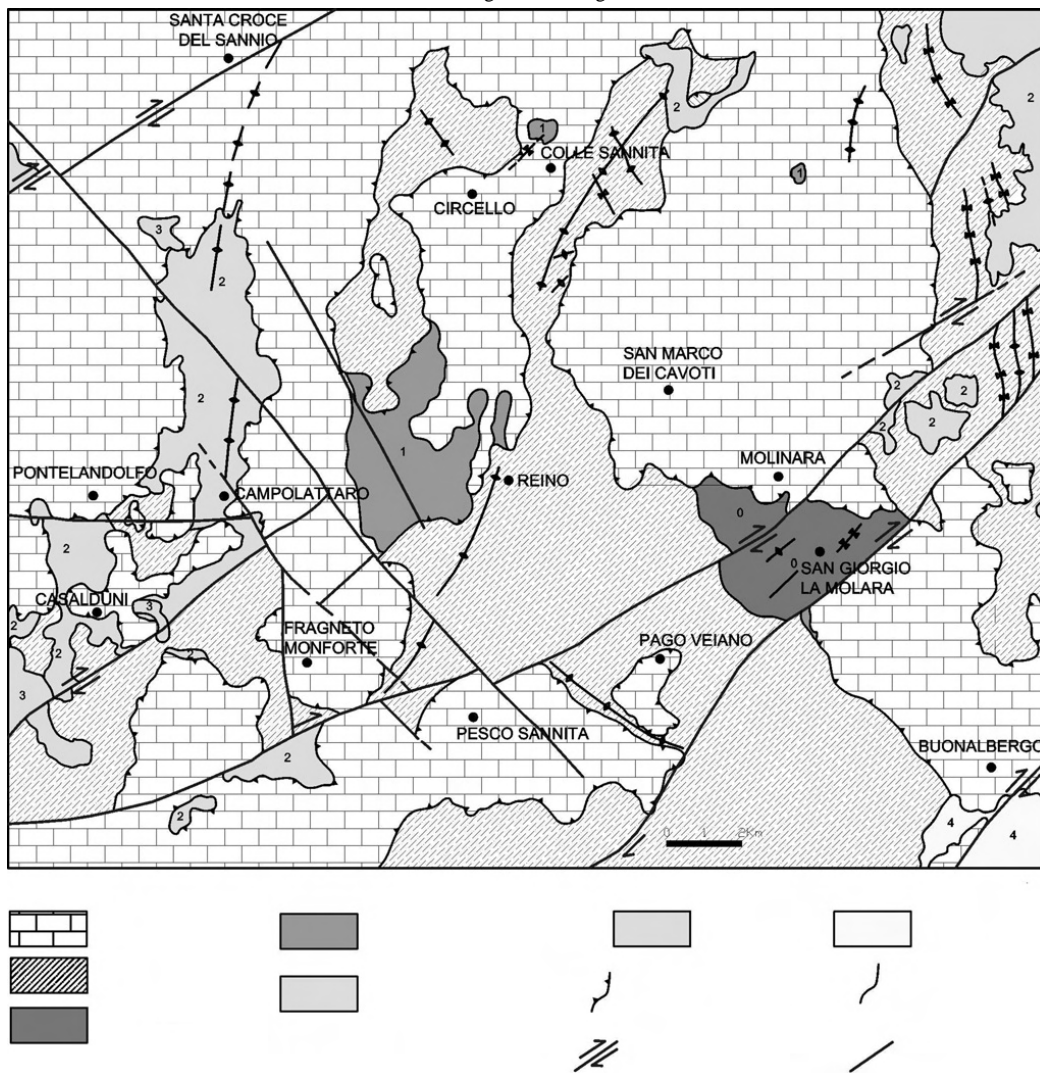


Figura 4: Schema tettonico del settore centrale dei Monti del Sannio.

• INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

Lo studio morfologico dell'area si è basato sul rilevamento geomorfologico di campagna e sull'uso delle carte areofotogrammetriche a diversa scala che hanno consentito uno studio d'insieme delle forme superficiali.

La vasta estensione areale del territorio in studio e le differenti caratteristiche reologiche dei litotipi presenti ha permesso di contraddistinguere, prevalentemente, gli ambienti geomorfologici differenti dell'area, legati al netto "dimorfismo" esistente tra i materiali in gioco (in generale tra quelli rigidi e quelli plastici), che alla genesi e alla tettonica cui tali materiali sono stati sottoposti. Dall'analisi particolareggiata dei differenti ambienti rilevati, è inoltre possibile mettere in evidenza le forme geomorfologiche che li caratterizzano, le quali, interferiscono e reagiscono in maniera differente (prevalentemente in dipendenza della natura propria dei litotipi) agli agenti esogeni che ne causano la loro trasformazione. Vari studi ed analisi redatti a scala regionale e consultati per la redazione del presente lavoro hanno evidenziato come più del 50% del territorio presenti un alto grado di propensione al dissesto geomorfologico e come importanti siano le concause antropiche capaci di accelerare i processi di formazione dell'instabilità e quindi il succedersi e/o l'amplificarsi di eventi franosi. Come è noto, è possibile affermare che le forme assunte dal paesaggio, in seguito all'azione degli agenti esogeni, dipendono rigorosamente dagli stress tettonici cui tali materiali sono stati sottoposti e dalla resistenza all'erosione offerta dai diversi terreni presenti.

Tenendo presente, quindi, che nell'ambito di una stessa "Formazione" possono verificarsi sensibili differenze agli agenti esogeni, è possibile affermare che tipi presenti, in generale medio-bassa per quelli clastici e plastici e più alta per quelli rigidi più tenaci, predispone il materiale che li compone ad essere facilmente disgregato ed alterato nelle porzioni più superficiali esposte all'attacco esogeno, con la formazione di depositi eluviali, colluviali, falde e conoidi di detrito. Per quanto riguarda le forme geomorfologiche presenti nei terreni rigidi, bisogna sottolineare come la fenomenologia carsica epigea ed ipogea (nei terreni a prevalente contenuto calcitico) risulti mediamente diffusa, anche se, in alcuni settori, risulta assumere valori elevati, e costituita prevalentemente da forme e sviluppi differenti, le quali sono presenti in massima parte a microscala con scannellature, solchi d'erosione e carature e a macroscala con manifestazioni carsiche ipogee, di rilevante incidenza, quali grotte, doline, cunicoli, inghiottitoi e una serie di canali sotterranei. Infatti, ove la circolazione delle acque sotterranee e superficiali tende a portare in soluzione il carbonato di calcio delle predette rocce sedimentarie, si creano forme e vie preferenziali di scorrimento e drenaggio, specie laddove i numerosi sistemi di fessure e fratture, formatesi in seguito all'azione degli stress tettonici, interessano la compagine rocciosa, smembrandola in più parti.

In generale i termini litologici affioranti nell'area di Morcone conferiscono una particolare

impronta al paesaggio, che si presenta con forme morfologiche blande e di non rilevante altezza dove la componente terrosa è prevalente, forme aspre si osservano, invece, dove sono presenti gli affioramenti dei depositi lapidei.

Nella zone in esame, si è riscontrato, la presenza di movimenti gravitativi superficiali, questi si verificano principalmente quando materiali a differente consistenza sono a contatto tra di loro. Tali fenomenologie geodinamiche coinvolgono esclusivamente la coltre superficiale, con profondità generalmente non superiore ai 3 m di profondità.

Alla presente relazione si allega una carta dove è riportata la distribuzione tipologica e spaziale dei dissesti mappati e classificati nell'ambito del Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani).

All'interno della nostra area vengono mappati 3 diversi tipi di movimento di seguito descritti:

SCIVOLAMENTO ROTAZIONALE/TRASLATIVO - Anche in questo caso non viene fatta alcuna distinzione tra i due tipi di movimento. Per entrambi il movimento comporta uno spostamento lungo una o più superfici, ove viene superata la resistenza al taglio, oppure entro una zona relativamente sottile caratterizzata da intensa deformazione di taglio. Le superfici di scivolamento sono visibili o ragionevolmente ipotizzabili e possono anche essere ricostruite. Queste frane sono facilmente riconoscibili e ben distinguibili quando la massa dislocata non ha dimensioni rilevanti. Nel caso di frane di grandi dimensioni ove sia difficile distinguere la tipologia prevalente di movimento, essendovi spessi transizione da un tipo di movimento ad un altro, è preferibile classificarle tra le frane complesse.

COLAMENTO "LENTO/RAPIDO" - Il colamento è un movimento spazialmente continuo, in cui le superfici di taglio hanno breve durata, sono molto ravvicinate e generalmente non si conservano. La distribuzione della velocità nella massa dislocata può essere paragonata a quella dei fluidi viscosi. Il limite inferiore della massa spostata può essere una superficie in corrispondenza della quale ha avuto luogo un'apprezzabile movimento differenziale, oppure una spessa zona in cui gli sforzi di taglio sono distribuiti. Esiste pertanto un passaggio graduale dal movimento per scivolamento a quello per colamento in funzione del contenuto d'acqua, della mobilità del materiale e dell'evoluzione del movimento. Esiste inoltre una notevole differenziazione della velocità del movimento in funzione delle variazioni dei parametri su esposti oltre che delle pendenze del versante. Nella scheda di primo livello viene introdotta una distinzione basata non sulla tipologia, ma sulla velocità del movimento, in modo da poter distinguere due grandi categorie di fenomeni:

colamento lento - dove i movimenti sono generalmente caratterizzati da bassa velocità e coinvolgono terreni ad elevato contenuto argilloso e perlopiù basso contenuto d'acqua. Si tratta di fenomeni, anche di grandi dimensioni, che interessano prevalentemente versanti non molto ripidi

costituiti da rocce argillose o da rocce alterate con matrice argillosa.

colamento rapido - dove i movimenti sono generalmente caratterizzati da velocità elevata e interessano perlopiù terreni sciolti in presenza di un significativo contenuto d'acqua. Si tratta di tutti quei fenomeni, generalmente di dimensioni non rilevanti, che si innescano in conseguenza di precipitazioni intense e coinvolgono normalmente i terreni sciolti di copertura, in tutta la loro gamma granulometrica, di versanti caratterizzati da pendenze piuttosto elevate.

COMPLESSO - Il movimento risulta dalla combinazione di due o più dei movimenti. Gran parte delle frane possono dirsi caratterizzate da movimento complesso, ma in molte di queste è anche possibile distinguere un movimento prevalente che, inquadrato in un preciso contesto geologico e morfo-strutturale dell'area, è quello che le caratterizza tipologicamente.

Nell'area in esame, come già precedentemente illustrato, tali movimenti interessano esclusivamente la coltre superficiale, non raggiungono elevate profondità e sono di modesta entità.

Di seguito viene riportata una sintetica descrizione posizione per posizione di eventuali perimetrazioni e/o di movimenti franosi rilevati in loco.

WTG01: dal rilievo di campagna e dallo studio della cartografia tematica sulle opere fondali, le piazzole e le strade d'accesso e nelle immediate vicinanze non è emerso nessun tipo di movimento gravitativo.

WTG02: dal rilievo di campagna e dallo studio della cartografia tematica sulle opere fondali, le piazzole e le strade d'accesso e nelle immediate vicinanze non è emerso nessun tipo di movimento gravitativo.

WTG03: dal rilievo di campagna e dallo studio della cartografia tematica sulle opere fondali, le piazzole e le strade d'accesso e nelle immediate vicinanze non è emerso nessun tipo di movimento gravitativo.

WTG04: su questa posizione la carta IFFI, l'area di giro e un lembo della piazzola di montaggio, perimetra un'area soggetta a movimenti tipo Scivolamenti rotazionali/traslativi. Dal rilievo di campagna non si è notato nessun tipo di indizio che possa far ipotizzare tale movimento. Infatti l'area si presenta in gran parte lasciata a pascolo a ridosso di una macchia boschiva, non si sono notati accumuli o forme mammellari tipici di tali movimenti, gli alberi ricadenti in tale perimetrazione sono perfettamente diritti e non inclinati in direzione di un qualsivoglia movimento.

STRADA WTG04-WTG05: anche in questo caso circa a metà della strada che collega le 2 WTG, viene cartografato un movimento di tipo complesso. L'area si presenta come aree adibite a pascolo che declina dolcemente verso N-E, dal rilievo di campagna, non si sono notati nessun tipo di movimento ma che in corrispondenza del movimento c'è un confine di proprietà, dove sono state confluite

antropicamente le acque ruscellanti superficiali.

WTG05: su questa posizione la carta IFFI, perimetra tutta l'aria delle piazzole ad esclusione di piccoli lembi come Scivolamenti rotazionali/traslativi. L'area si presenta con una leggera pendenza ad Est, adibita a pascolo. Dal rilievo di campagna non si è notato nessun tipo di indizio che possa far ipotizzare tale movimento, non si sono notati accumuli o forme mammellari tipici di tali movimenti, gli alberi ricadenti in tale perimetrazione sono perfettamente diritti e non inclinati in direzione di un qualsivoglia movimento.

WTG06: dal rilievo di campagna e dallo studio della cartografia tematica sulle opere fondali, le piazzole e le strade d'accesso e nelle immediate vicinanze non è emerso nessun tipo di movimento gravitativo.

STRADA WTG06-WTG07: gran parte della strada che collega le 2 WTG, viene cartografato un movimento di tipo Scivolamenti rotazionali/traslativi. La strada in progetto è impostata principalmente su strade interpoderali non asfaltate già esistenti e su campi coltivati generalmente a cereali. Dal rilievo di campagna non si è notato nessun tipo di indizio che possa far ipotizzare a tale movimento, le strade esistenti sono ben consolidate, che lascia presumere un uso frequente e da lungo tempo, non si sono visibili forme tipiche di accumulo nei campi coltivati.

WTG07: le opere fondali sono al di fuori di qualsiasi perimetrazione, mentre gran parte delle piazzole e della strada d'accesso ricadono su un'area perimetrata come Colamento lento. Dal rilievo di campagna, non sono emersi segni evidenti di tali movimenti, l'intensa attività agricola della zona ha lasciato campi senza evidenze.

WTG08: su questa posizione la carta IFFI, perimetra l'area dove sono previste le opere fondali, le piazzole e gran parte della strada d'accesso come movimento Complesso. La strada in progetto è impostata principalmente su strade interpoderali non asfaltate già esistenti, l'area dove sono previsti le opere fondali e le piazzole sono impostate su campi adibiti a pascoli. Dal rilievo di campagna non si evincono segni evidenti di instabilità.

- **VERIFICA DI COMPATIBILITA' COL PIANO STRALCIO DI ASSETTO
IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE CAMPANIA**

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) rappresenta uno stralcio di settore funzionale del Piano di bacino relativo alla pericolosità ed al rischio da frana ed idraulico, contenente, in particolare, l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico, nonché le relative misure di salvaguardia.

Il PAI è un documento programmatico che individua scenari di rischio collegati ai fenomeni franosi ed alluvionali presenti e/o previsti nel territorio ed associa ad essi normative, limitazioni nell'uso del suolo e tipologie di interventi, strutturali e non, che sono finalizzati alla mitigazione dei danni attesi. Il PAI costituisce il quadro di riferimento al quale devono adeguarsi e riferirsi tutti i provvedimenti autorizzativi e concessori. La valenza di Piano sovraordinato, rispetto a tutti i piani di settore, compresi i piani urbanistici, comporta nella gestione dello stesso un'attenta attività di coordinamento e coinvolgimento degli enti operanti sul territorio.

Le attività di redazione dei PAI sono state portate avanti dalle otto Autorità di bacino competenti sul territorio regionale in maniera differenziata, in quanto i criteri per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico sono stati definiti solo schematicamente (DPCM 29 settembre 1998 "Atto di indirizzo e coordinamento per la individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1 commi 1 e 2 del decreto legge 11 giugno 1998 n. 180"), lasciando alle singole Autorità di Bacino ampi margini nella definizione della normativa e della metodica di individuazione delle aree a rischio. Di conseguenza, pur essendo stati effettuati studi anche di grande dettaglio dalle Autorità che operano sul territorio regionale, il Settore Difesa del Suolo della Regione Campania ha dovuto affrontare le problematiche legate alla omogenizzazione dei dati per disporre di un quadro unitario del rischio idrogeologico che consentisse, tra le diverse aree, la sintesi e il confronto necessari per le attività di pianificazione del territorio alla scala regionale.

Ai sensi dell'art. 1 bis della legge n. 267/98, come modificato dall'art. 9 comma 2 della legge 13 luglio 1999 n. 226, "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 13 maggio 1999 n. 132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile", le Autorità di bacino hanno elaborato in via emergenziale il "Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio idrogeologico più alto", che prevedeva la perimetrazione delle sole aree R3 (rischio elevato) ed R4 (rischio molto elevato) relativamente al "Rischio Frana" ed al "Rischio Alluvione". Tali piani sono stati adottati o approvati nel periodo ottobre-novembre 1999.

La redazione dei PAI veri e propri è stata avviata tra la fine del 1999 e l'inizio del 2000 ai sensi dell'art. 1, comma 1 del decreto legge 11 giugno 1998 n. 180, convertito con modificazioni dalla legge 3

agosto 1998 n. 267, recante "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico e a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania", e completata tra il 2001 ed il 2007.

La legge 183/1989 aveva previsto che il Piano di bacino dovesse essere non un semplice studio corredato da proposte di intervento, ma un aggiornamento continuo delle problematiche e delle soluzioni. Infatti il territorio e le condizioni di rischio idrogeologico che su di esso insistono evolvono nel tempo, per cause sia naturali che antropiche, e, di conseguenza, il processo di pianificazione deve caratterizzarsi per un continuo aggiornamento degli scenari di rischio. Il processo di aggiornamento dei PAI è iniziato da alcuni anni con modalità differenti per le varie Autorità di bacino, alcune delle quali adottano varianti per singoli comuni o gruppi di comuni, mentre altre provvedono alla revisione generale del PAI per tutto il territorio di competenza. Dal 2010 alcune Autorità di bacino hanno iniziato ad adottare varianti e/o aggiornamenti dei PAI.

Le varianti complessive delle Autorità di bacino regionali sono sottoposte ad approvazione del Consiglio regionale entro il 30 novembre di ogni anno, come disposto dalla legge regionale del 7 febbraio 1994 n. 8 (art.5).

In taluni casi (es. rischio idraulico per le aste secondarie del Bacino del Volturmo) risultano ancora di riferimento le perimetrazioni del Piano Straordinario, in quanto non seguite dall'adozione di uno specifico Piano Stralcio.

Per il Bacino del Fortore è disponibile il solo Progetto di Piano Stralcio (L. 183/89 e s.m.i., art. 18 c. 1 e art. 19) adottato con Delibera di Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino n. 102 del 29 settembre 2006; con Delibera di Com. Ist. n. 143/2010 è stata regolamentata l'attività consultiva dell'Autorità di bacino del Fortore sino all'approvazione dei Piani Stralcio.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- *La funzione conoscitiva*, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- *La funzione normativa e prescrittiva*, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- *La funzione programmatica*, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

Attraverso il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, la Sicilia si dota, per la prima volta, di uno strategico ed organico strumento di pianificazione, di prevenzione e di gestione delle problematiche territoriali riguardanti la difesa del suolo.

La finalità sostanziale del P.A.I. è pervenire ad un assetto idrogeologico del territorio che minimizzi il livello del rischio connesso ad identificati eventi naturali estremi, incidendo, direttamente o indirettamente, sulle variabili Pericolosità, Vulnerabilità e Valore Esposto.

Pertanto, esso è un atto di Pianificazione territoriale di settore che fornisce un quadro di conoscenze e di regole, basate anche sulle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio, finalizzate a proteggere l'incolumità della popolazione esposta ed a salvaguardare gli insediamenti, le infrastrutture e in generale gli investimenti.

La finalità del P.A.I. sarà perseguibile attraverso il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- Conoscenza globale dello stato di dissesto idrogeologico del territorio tramite l'individuazione delle:
 - pericolosità connesse ai dissesti sui versanti;
 - pericolosità idrauliche e idrologiche;
- Individuazione degli elementi vulnerabili;
- Valutazione delle situazioni di rischio, in dipendenza della presenza di elementi vulnerabili su porzioni del territorio soggette a pericolosità;
- Programmazione di norme di attuazione finalizzate alla conservazione e tutela degli insediamenti esistenti;
- Sviluppo di una politica di gestione degli scenari di pericolosità agendo, quando e ove possibile, in modo da assecondare l'evolversi naturale dei processi, limitando l'influenza degli elementi antropici (e non) che ne impediscono una piena funzionalità;
- Programmazione di indagini conoscitive, di studi di monitoraggio dei dissesti, di interventi specifici per le diverse situazioni e, ove necessario, di opere finalizzate alla mitigazione e/o eliminazione del rischio valutando correttamente, e in modo puntuale, dove intervenire con opere che garantiscano la sicurezza e quando ricorrere alla delocalizzazione di attività e manufatti non compatibili.

La conoscenza delle caratteristiche del territorio, effettuata attraverso l'acquisizione di studi ed indagini specifiche, unitamente alle verifiche dirette attraverso sopralluoghi e rilievi di campagna, ha consentito l'identificazione della tipologia dei fenomeni di dissesto presenti, la perimetrazione delle aree instabili e la conseguente classificazione della pericolosità e del rischio. L'analisi delle criticità del territorio, ha permesso, inoltre, di formulare proposte d'intervento e determinare, quando possibile, il fabbisogno finanziario.

La definizione di norme d'uso e di salvaguardia è finalizzata alla difesa idrogeologica, al miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, al recupero di situazioni di degrado e di dissesto, al ripristino e/o alla conservazione della naturalità dei luoghi, alla regolamentazione del territorio interessato dalle piene.

Per ogni bacino idrografico è stato realizzato un piano stralcio. I piani verranno pubblicati singolarmente, nel caso dei bacini idrografici di maggiore estensione e le isole minori, o raggruppando i bacini idrografici meno estesi e le aree territoriali intermedie.

Il P.A.I. è stato predisposto sulla base degli elementi di conoscenza disponibili e consolidati (fonti), di sopralluoghi in loco per situazioni di maggiore rischio, dell'analisi storica delle foto aeree, nonché dell'ortofotocarta digitale e tenendo conto di tutti i dati e le informazioni in vario modo acquisiti.

Nella redazione del Piano si è avuta cura di privilegiare l'interlocuzione, già avviata in occasione dell'Aggiornamento del Piano Straordinario, con le Amministrazioni locali e i professionisti da queste incaricati per la redazione degli studi di aggiornamento, per ascoltare le diverse espressioni sulle esigenze del territorio. In particolare, è stato curato il raffronto tra il piano stralcio e la pianificazione urbanistico-territoriale; va tuttavia precisato che il piano urbanistico dovrà definire le proprie scelte tenendo conto degli scenari di pericolosità geomorfologica ed idraulica dei diversi ambiti territoriali e degli specifici caratteri di vulnerabilità degli insediamenti, apportando le conseguenti modifiche.

Bisogna sottolineare, infatti, che il P.A.I., stralcio del piano di bacino ai sensi dell'art. 17 della L. 183/89, assume valore giuridico preminente rispetto alla pianificazione di settore, compresa quella urbanistica, ed ha carattere immediatamente vincolante per le Amministrazioni ed Enti Pubblici, nonché per i soggetti privati, ai sensi dei commi 4, 5, 6 e 6 bis dell'art. 17 della L. 183/89 e successive modifiche ed integrazioni.

Gli elaborati tecnici individuati definiscono per il bacino idrografico delle aree a rischio, di seguito riportate:

- **Aree a rischio idrogeologico molto elevato (R4)**

nelle quali per il livello di rischio presente, sono possibili la perdita di vite umane, e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio economiche;

- **Aree di alta attenzione (A4)**

potenzialmente interessate da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa alta ma non urbanizzate;

- **Aree a rischio idrogeologico potenzialmente alto (Rpa)**

nelle quali il livello di rischio, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio;

- **Aree di attenzione potenzialmente alta (Apa)**

non urbanizzate e nelle quali il livello di attenzione, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio;

- **Aree a rischio idrogeologico elevato (R3)**

nelle quali per il livello di rischio presente, sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;

- **Aree di medio - alta attenzione (A3)**

non urbanizzate che ricadano in una frana attiva a massima intensità attesa media o di una frana quiescente della medesima intensità in un'area classificata ad alto grado di sismicità;

- **Aree a rischio idrogeologico medio (R2)**

nelle quali per il livello di rischio presente sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;

- **Aree di media attenzione (A2)**

che non sono urbanizzate e che ricadono all'interno di una frana quiescente a massima intensità attesa media;

- **Aree a rischio idrogeologico moderato (R1)**

nelle quali per il livello di rischio presente i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono marginali;

- **Aree di moderata attenzione (A1)**

che non sono urbanizzate e che ricadono all'interno di una frana a massima intensità attesa bassa;

- **Aree a rischio idrogeologico potenzialmente basso (Rpb)**

nelle quali l'esclusione di un qualsiasi livello di rischio, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio;

- **Aree di attenzione potenzialmente bassa (A_{pb})**

non urbanizzate e nelle quali l'esclusione di un qualsiasi livello di attenzione, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio;

- **Aree di possibile ampliamento**

dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco (C₁);

- **Aree di versante**

nelle quali non è stato riconosciuto un livello di rischio o di attenzione significativo (C₂);

- **Aree inondabili da fenomeni di sovralluvionamento**

individuati sulla base di modelli idraulici semplificati o di studi preliminari, il cui livello di rischio o di attenzione deve essere definito a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio (al).

Per quanto riguarda le aree a rischio frana sono state definite, in funzione delle caratteristiche di dissesto del territorio, le aree caratterizzate da diverso grado di suscettività al dissesto, rispetto alle quali si sono imposte le attività di programmazione contenute nel Piano. In generale, le aree di pericolo idrogeologico possono essere ricondotte a:

l'alveo della piena ordinaria;

le fasce fluviali delle categorie A, B e C;

le aree di pericolo da esondazione comprese nelle fasce fluviali;

le aree di pericolo molto elevato, elevato, medio e basso da dissesti di versante.

In questa fase, ci si è limitati a visionare la cartografia PAI del dominio idrografico d'interesse per acquisire quanto riportato sugli elaborati ufficiali dell'ABR inerente ai punti di attenzione e le zone perimetrate indicate come zone a rischio e pericolo del comune di Castellana Morcone e le immediate vicinanze.

La verifica di compatibilità col PAI ha messo in evidenza quanto segue:

WTG 08 Fondazione e piazzola di montaggio ricadono in una area perimetrata come **A₂**, definita dal piano come *“che non sono urbanizzate e che ricadono all'interno di una frana quiescente a massima intensità attesa media”*;

WTG 07 parte della piazzola di montaggio ricade in una area perimetrata come **A₂**, definita dal piano come *“che non sono urbanizzate e che ricadono all'interno di una frana quiescente a massima intensità attesa media”*;

il piano all'art. 9 predispose le seguenti limitazioni per queste aree:

Art. 9 - Aree di media attenzione (A2)

Nelle aree richiamate nella rubrica del presente articolo, non urbanizzate, si applica la disciplina di cui al precedente Articolo 8.

Art. 8 - Aree a rischio medio (R2)

1. Nelle aree definite a “*rischio idrogeologico medio*” si intende perseguire i seguenti obiettivi: *sicurezza delle strutture, delle infrastrutture e del patrimonio ambientale.*
2. Al fine del raggiungimento degli obiettivi di cui al comma 1, in tali aree le costruzioni e gli interventi in generale sono subordinati al non aggravamento delle condizioni di stabilità del pendio, alla garanzia di sicurezza determinata dal fatto che le opere siano progettate ed eseguite in misura adeguata al rischio dell'area.

Le opere verranno progettate ed eseguite in misura adeguata, atta ad eliminare un qualsivoglia possibile rischio e con un sistema di raccolta delle acque ruscellanti causa di possibili dissesti.

WTG 06 parte della strada d'accesso ricade in una area perimetrata come **A2** e parte in un area **A3**, delle aree A2 si è già descritta e discusso precedentemente ,“ *A3- non urbanizzate che ricadano in una frana attiva a massima intensità attesa media o di una frana quiescente della medesima intensità in un'area classificata ad alto grado di sismicità*”;

il piano all'art. 7 predispose le seguenti limitazioni per queste aree:

Art. 7 - Aree di medio-alta attenzione (A3)

1. Nelle aree di cui alla rubrica del presente articolo, non urbanizzate, si applicano i divieti e le prescrizioni di cui al precedente Articolo 6 e con le medesime eccezioni qualora, in sede di approfondimento, risultasse la presenza di strutture, infrastrutture o beni ambientali e culturali.

Art. 6 - Aree a rischio elevato (R3)

1. Nelle aree definite “a rischio idrogeologico elevato” si intende perseguire i seguenti obiettivi: incolumità delle persone, sicurezza delle strutture, delle infrastrutture e del patrimonio ambientale.

2. Al fine del raggiungimento degli obiettivi di cui al comma 1 è vietata qualunque trasformazione dello stato dei luoghi, sotto l'aspetto morfologico, infrastrutturale ed edilizio ad eccezione di:

- A) interventi consentiti nelle Aree a rischio molto elevato, di cui al precedente Articolo 3;
- B) interventi finalizzati all'abbattimento delle barriere architettoniche, al rispetto delle

norme in materia di sicurezza ed igiene sul lavoro, nonché al miglioramento delle condizioni igienico sanitarie, funzionali, abitative e produttive, comportanti anche modesti aumenti di superficie e di volume e cambiamenti di destinazione d'uso, purché funzionalmente connessi a tali interventi.

C) installazione di manufatti leggeri, prefabbricati, di modeste dimensioni al servizio di edifici, infrastrutture, attrezzature ed attività esistenti.

Come già specificato in precedenza va ricordato che l'opera in oggetto è d'interesse pubblico, che verrà progettata ed eseguita in misura adeguata atta ad eliminare un qualsivoglia possibile rischio, e soprattutto con un sistema di raccolta delle acque ruscellanti causa di possibili dissesti.

Inoltre è doveroso evidenziare, che le seguenti opere:

WTG01: fondazione e piazzole

WTG03: fondazione e piazzole

WTG04: Parte della Fondazione e parte delle piazzole

WTG05: Parte della Fondazione e parte delle piazzole

WTG06: fondazione e piazzole

WTG07: parte delle piazzole

WTG08: parte delle piazzole

Insistono su perimetrazioni “Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. LL. PP. 11/3/88”.

Per tale ragione, si consiglia, anche se come già descritto precedentemente l'area attualmente si presenta molto stabile, di prevedere qualche intervento di consolidamento/presidio al fine di evitare che un eventuale evoluzione retrogressiva dei fenomeni geodinamici possa in futuro interessare le aree interessate, tenendo conto che, tali fenomenologie geodinamiche coinvolgono esclusivamente la coltre detritica superficiale che ricopre i calcari.

- **SISMICITA' DELL'AREA**

Definizione di rischio sismico e pericolosità sismica

La valutazione del rischio sismico (R) associato ad un evento tellurico è funzione della pericolosità (P), distinta in pericolosità sismica di base (PSB) ed in pericolosità sismica locale (PSL), della vulnerabilità (V) e del valore esposto (E).

La comprensione di tali basilari concetti assume una grande importanza nell'individuazione e nella definizione di uno "scenario di rischio sismico", una breve descrizione delle variabili in gioco viene di seguito riportata:

- **Pericolosità sismica di base (PSB):** rappresenta la probabilità che l'evento sismico si verifichi in una determinata area per un determinato periodo di tempo con una data intensità, ovvero la previsione probabilistica dello scuotimento del suolo in un sito con riferimento ad un terremoto standard di riferimento;

- **Pericolosità sismica locale (PSL):** rappresenta una stima a scala di dettaglio delle variazioni della pericolosità sismica di base per effetto delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito in cui si prevede l'evento sismico (condizioni locali);

- **Vulnerabilità (V):** rappresenta il grado di suscettibilità del territorio agli effetti negativi prodotti dal fenomeno considerato, ovvero l'attitudine dell'elemento a rischio a subire danni, ed è funzione della distribuzione dell'urbanizzato, della densità della popolazione, della distribuzione delle attività e dei servizi pubblici, dell'ambiente naturale;

- **Valore esposto (E):** rappresenta il valore socio – economico relativo agli elementi a rischio ed è funzione della tipologia dell'elemento stesso (ospedali, scuole, case, stalle,...).

Il **rischio (R)** connesso con un determinato evento rappresenta pertanto il prodotto tra questi tre fattori:

$$\mathbf{R = P \times V \times E}$$

In definitiva, esso rappresenta il valore atteso delle perdite umane, dei feriti, dei danni alle proprietà ed alle attività economiche dovuti ad un evento tellurico di una data intensità che ha coinvolto una particolare area per un dato periodo di tempo.

In particolare, le analisi e gli studi riguardanti la pericolosità sismica locale (PSL) hanno permesso di individuare, in determinate caratteristiche proprie del terreno e del suo assetto morfologico, alcune delle cause che possono variare la pericolosità sismica di base (PSB) di un territorio e di conseguenza rendere alcune aree più pericolose di altre.

I differenti effetti che le condizioni locali di un'area possono provocare vengono suddivisi in due categorie principali:

1. **Effetti di sito o di amplificazione sismica locale:** interessano i terreni che presentano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono legati alle caratteristiche topografiche e/o litologiche del territorio in grado di generare un'esaltazione locale delle azioni sismiche di base;
2. **Effetti di instabilità:** interessano i terreni che presentano un comportamento instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e possono causare fenomeni di franamento, di liquefazione, di subsidenza, di cedimento assoluto e differenziale.

All'interno dell'aggiornamento delle “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”, di cui al D.M. 17 gennaio 2018, la **pericolosità sismica** costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati.

“ [...] *La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_vR nel periodo di riferimento VR . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purchè correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. Ai fini della presente normativa, le **forme spettrali** sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_vR , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:*

- **a_g** accelerazione orizzontale massima al sito
- **F_0** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- **T_c^*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

In allegato alla presente norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g , F_0 , T_c^ necessari per la determinazione delle azioni sismiche.”*

La pericolosità sismica sopra descritta è da intendersi come **pericolosità sismica di base**, derivante da studi condotti a livello nazionale, che han portato alla realizzazione del **reticolo o griglia di riferimento**. Individuata, per un determinato tempo di ritorno **TR (intervallo di riferimento)**, l'azione sismica di base, l'azione sismica di progetto viene ottenuta tenendo in considerazione la risposta sismica locale del sito in esame, ossia degli effetti di amplificazione sismica locale sopra esposti.

Criteri generali di classificazione

Per trattare i problemi tecnico-amministrativi tipici della gestione del territorio, ogni regione può definire l'appartenenza di ciascun comune o porzione di esso ad una delle quattro zone sismiche definite più avanti, sulla base del valore massimo di un parametro di *pericolosità sismica* valutato all'interno dell'area considerata.

In particolare, il parametro di pericolosità utilizzato è l'accelerazione orizzontale massima al suolo a_g 0,475g, ossia quella relativa al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10%, Utilizzata nel modo seguente:

1. **Zona 1;** ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali $a_g 0,475 \geq 0,25g$.
2. **Zona 2;** ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali $0,25g > a_g,475 \geq 0,15g$.
3. **Zona 3;** ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali $0,15g > a_g,475 \geq 0,05g$.
4. **Zona 4;** ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali $a_g,475 < 0,05g$.

L'appartenenza ad una delle quattro zone dette viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di a_g 0,475g con una tolleranza di $\pm 0,025$ g, la cui adozione può essere giustificata dal confronto con altri parametri di scuotimento, derivati dagli spettri di risposta a probabilità uniforme, valutati sull'area in esame, e/o da esigenze di continuità territoriale.

I valori dell'eventuale secondo parametro debbono essere confrontati con quelli medi a scala nazionale nella fascia di tolleranza di a_g , al fine di conseguire la sostanziale equiparazione tra aree a pericolosità simile ricadenti in regioni diverse. Sempre nell'ambito della fascia di tolleranza di a_g è consentito adottare la zona sismica che rende più continua sul territorio la classificazione.

Con O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006, che dispone "*Criteria per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*" con allegata una nuova mappa nazionale fig. di ripartizione del rischio terremoti, elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, fornisce una suddivisione in 12 sottofasce, che si sovrappone e non sostituisce la vecchia classificazione dei comuni italiani divisi in quattro zone effettuata con l'Ordinanza n° 3274 del 2003. I comuni di Morcone e Pontelandolfo sono classificati come "ZONA 1" quindi a alto rischio sismico. Con riferimento all'ordinanza PCM Del 28 Aprile 2006 n°3519 espressa in termini di accelerazione al suolo, Morcone e Pontelandolfo risultano avere un valore di a_g da 0.250 e 0,300.

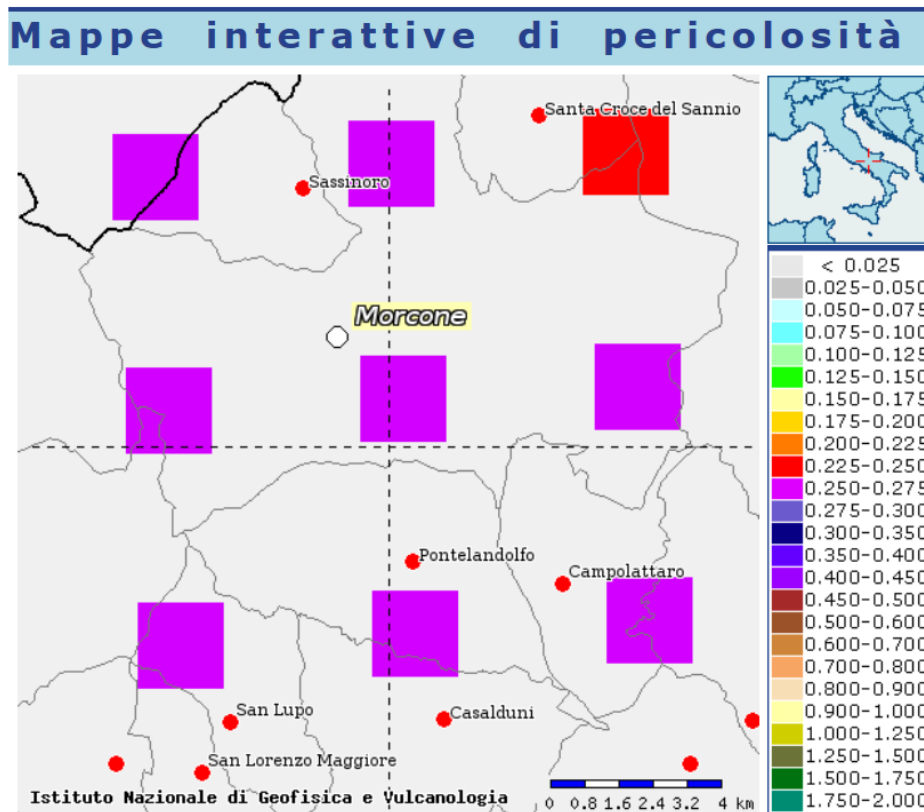


Figura 5: Stralcio mappa di pericolosità sismica Morcone - Pontelandolfo

La suddetta normativa sulla base della conoscenza della velocità delle onde S nei primi 30 metri di profondità utilizzando il fattore V_{s30} eq, suddivide inoltre il suolo di fondazione in 5 categorie principali denominate A, B,C,D,E relative ad un sottosuolo con caratteristiche geotecniche decrescenti. Ad ogni categoria di sottosuolo la normativa associa un parametro S che caratterizza il profilo stratigrafico del suolo di fondazione. Nel nostro caso, le 2 MASW fatte in zona, hanno dato valori entrambe valori compresi nella Categoria **B**.

“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”

Le piccole differenze nello spessore della copertura non comportano una differente distribuzione della risposta sismica dell'area che presenta le seguenti caratteristiche:

- Amplificazione della trasmissione delle onde sismiche P ed S dal substrato ai depositi superficiali.
- Assenza di fenomeni di focalizzazione geometrica dell'energia sismica dovuta ad irregolarità morfologiche.
- Assenza di faglie attive in un raggio cautelativamente posto pari a 200-300 metri nei pressi dell'area di studio.

La conoscenza dei parametri sismici permette di calcolare qual'è il valore dell'accelerazione orizzontale massima al suolo che potrà interessare la struttura in progetto.

Detto valore va eventualmente modificato in relazione alla topografia dei luoghi. Quando i manufatti insistono su pendii o sommità di pendii essi ricevono un'ulteriore amplificazione dovuta ad effetti di cresta. Detta amplificazione è funzione della pendenza e delle dimensioni del versante ed è esprimibile attraverso un parametro denominato F_t (fattore topografico). Nel nostro caso visto che il nostro sito è piano $St= 1,0$. In base ai dati sopra riportati sono stati calcolati i parametri sismici:

	Tr (anni)	A_g (g)	Fo	Tc (sec)
SLO	60	0.092	2.358	0.305
SLD	101	0.121	2.339	0.325
SLV	949	0.359	2.317	0.391
SLC	1950	0.463	2.417	0.422

Dove:

- Tr = periodo di ritorno
- A_g = accelerazione orizzontale massima del terreno
- Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale,
- Tc = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
- SLO = Operatività
- SLD = Danno
- SLV = Salvaguardia della vita
- SLC = Prevenzione dal collasso

I parametri sismici saranno:

	SLO	SLD	SLV	SLC
Kh	0.026	0.042	0.129	0.555
Kv	0.013	0.021	0.065	0.278
A_{max} (m/s ²)	1.299	1.711	4.522	5.443
Beta	0.200	0.240	0.280	1.00

• CONCLUSIONI

L'analisi degli elementi geomorfologici, geolitologici, strutturali, geotecnici discussi in precedenza, ha consentito di acquisire un quadro sufficientemente chiaro sul grado di equilibrio geostatico posseduto dall'area in cui è previsto il progetto di realizzazione **per un parco eolico denominato "LISA"** ricadente nei territori comunali di Morcone e Pontelandolfo (BN).

Dalla sovrapposizione del PAI con l'area in oggetto si evidenzia che **le aree dove sorgeranno le torri e le opere accessorie si possono realizzare con un accurata progettazione e rispettando le**

prescrizioni riportate nel PAI, pertanto l'intervento in oggetto risulta compatibile con i dettati legislativi precedentemente citati.

Il rilevamento condotto nella zona in cui verrà realizzato l'impianto in oggetto, non ha rilevato fenomeni di instabilità geomorfologica tali da inficiare le fondazioni dei manufatti per il progetto in questione.

Si raccomanda, comunque, che in caso le strade a servizio del parco o la rete di media tensione dovesse interessare aree con fenomeni di dissesto di valutare accuratamente il rischio e apportare interventi opportuni da mitigarlo.

L'area in esame è caratterizzata da un valore di a_g tra **0,25 g e 0,30 g**, cioè l'accelerazione massima in sito attesa, che è data dall'accelerazione nel terreno rigido di riferimento per il fattore di amplificazione locale. La categoria di suolo, risultante dalle prove MASW è **B** con *velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*.

Il T.U – Norme Tecniche per le costruzioni, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, afferma che deve essere valutata l'influenza delle condizioni stratigrafiche, morfologiche e geotecniche locali che possono costituire fattori di amplificazione del moto sismico.

In base ai dati raccolti, ottenuti dalle prove e confrontati con dati di campioni sugli stessi materiali campionati in lavori precedentemente fatti nella stessa area, si può attestare un giudizio positivo sulle proprietà meccaniche dei terreni affioranti nell'area di studio. Si ritiene, quindi, che le caratteristiche meccaniche dei terreni possano accordarsi con la realizzazione di fondazioni per la tipologia di impianto richiesto.

La situazione litostratigrafica, geomorfologica, emersa dalle indagini svolte consente di esprimere una valutazione favorevole circa l'idoneità del sito individuato ad accogliere le opere in progetto.

In ogni modo, fermo restando le considerazioni fatte in precedenza, sulla base dei dati ottenuti, al fine di garantire le condizioni di sicurezza ed a protezione dei terreni d'interesse, si riportano qui di seguito alcune indicazioni cui si consiglia di attenersi al fine di operare sugli stessi un controllo diretto:

- Dovranno essere approntate opere di regolazione del deflusso delle acque superficiali;
- Dovrà essere ripristinato l'andamento naturale del terreno alle condizioni precedenti alla realizzazione;
- Lo studio eseguito ha consentito dunque, di poter valutare l'idoneità geomorfologica e la fattibilità degli interventi, purché vengano tenute in considerazione le

Dott. Geol. Luigi Clausi
Via F.Fregola,1 - 88100 Catanzaro
Tel: 3296944222 e-mail: geol.clausi@gmail.com

prescrizioni imposte dalla seguente relazione, le norme vigenti in materia antisismica, in considerazione della ben nota sismicità dell'area e le prescrizioni imposte dallo Strumento Urbanistico operante nel territorio;

Il Geologo

Dott. *Luigi Clausi*

Prove Geotecniche

Nell'area di studio per caratterizzare dal punto di vista geotecnico i materiali in situ, sono state eseguite, una prova sismica di Tipo MASW e una prova penetrometrica dinamica media in prossimità della WTG 04, una prova sismica di Tipo MASW e una prova penetrometrica dinamica media in prossimità della WTG 02 (come riportato nella carte "Ubicazione Prove").

Di seguito sono riportati i valori ottenuti:

MASW

Introduzione

Le indagini geofisiche basate su misure di propagazione delle onde elastiche hanno lo scopo di definire, tramite differenti metodiche e metodologie di analisi, modelli stratigrafici del sottosuolo ad una o più dimensioni spaziali. Nello specifico le sequenze stratigrafiche così prodotte sono caratterizzate dalla variazione dei parametri geodinamici (sismostratigrafie) che, data la loro corrispondenza con le proprietà litologiche e litotecniche dei terreni, attribuiscono alle indagini geofisiche un efficace mezzo esplorativo del sottosuolo. Inoltre, la determinazione di sequenze sismo-stratigrafiche basate sulla velocità delle onde di taglio (V_s) ottempera a quanto previsto dall'attuale normativa nazionale riguardante le costruzioni in zona sismica (OPCM 3274 e succ., NTC 2005, DM 14 gennaio 2008, DM Gennaio 2018 e s.m.i.).

In generale, nella sismica attiva le onde sono prodotte tramite una massa battente o scoppio in un punto sorgente (shot) e registrate da un sismografo, in punti lontani dalla sorgente, tramite rilevatori del moto al suolo (geofoni); la disposizione geometrica dei geofoni e dei punti di shot è definita come linea sismica o array lineare. La sismica passiva, invece, si differenzia per la non generazione diretta di onde ma si avvale del moto vibratorio del terreno comunque presente a causa di sorgenti naturali (moto ondosso, vento ecc.) e prodotte dall'attività antropica.

Le modalità di acquisizione variano a seconda della metodologia utilizzata e in funzione della successiva elaborazione dei dati. Tali metodologie sono caratterizzate da specifiche disposizioni della linea sismica (sia superficiale che in foro), dalla durata dell'acquisizione (finestra temporale), e dal passo di campionamento impiegato.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "ECHO 24/2010" a 24 canali dotato di incremento automatico del segnale con algoritmo di sommatoria e consente la visione in simultanea delle tracce sismiche sullo schermo del computer. Si può, inoltre, manipolare il segnale con appositi filtri sia in ingresso che a posteriori, verificare il livello di rumori generati da sorgenti estranee (vento, rumori naturali, mezzi meccanici, ecc.) e scegliere l'amplificazione più idonea del segnale in maniera differenziata per ogni canale.



La gestione del sismografo avviene tramite software proprietario installato su laptop, tramite il quale è possibile gestire tutte le

operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;

- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtraggi delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione in tempo reale del segnale su tutti i geofoni attivi;
- visualizzazione del accelerogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma di ulteriori accelerogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è utilizzata una mazza del peso di 8 kg ed una piastra di battuta di alluminio.

Il geofoni verticali rivelano la variazione di velocità di oscillazione al suolo (nel caso specifico in direzione verticale) prodotta dal passaggio delle onde sismiche tramite lo spostamento relativo smorzato di una massa inerziale rispetto all'involucro esterno solidale con il terreno. Tale spostamento induce una variazione del campo elettromagnetico che si traduce in variazione del potenziale elettrico che è la grandezza effettivamente rilevata. Il rapporto tra l'oscillazione reale del suolo e quella della massa inerziale in funzione delle frequenze del moto è definita dalla curva caratteristica del geofono; in tale curva, la frequenza caratteristica definisce il limite inferiore al disopra del quale il rapporto di oscillazione tra il suolo e la massa inerziale è pari ad 1.

Sono stati utilizzati geofoni (GEO SPACE LT) verticali con frequenza caratteristica di 4.5 Hz e di 10 Hz.



METODOLOGIA

Metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta

in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Reyleigh, che viaggiano ad una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Reyleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D, Aki, K and Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase o di gruppo apparente delle onde di Reyleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi forniscono informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo consente generalmente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenza compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo MASW elaborato con software MASW 2007 consiste in tre fasi (Roma, 2002):

- calcolo della velocità di fase, o curva di dispersione, apparente sperimentale;
- calcolo della velocità di fase apparente numerica;
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di compressione V_p , la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale e la velocità di fase numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o automatica o con una combinazione delle due.

Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson ν , la densità di massa ρ e vengono fatti variare lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentavi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica (Roma, 2002; Roma, 2001; Joh, 1998) la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

In genere, quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compreso tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresenta una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: ATP D'Occhio – De Blasis
Cantiere: Morcone – Località Toppo Mondolfo (WTG02 – WTG04)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: deep drill

Caratteristiche dello strumento

Penetrometro dinamico medio

Le dimensioni e peso ridotte, leggero e smontabile in tutte le parti principali, rendono questo strumento facilmente trasportabile per l'esecuzione di sondaggi anche nelle situazioni più anguste .

PENETROMETRO DINAMICO MEDIO DEEP DRILL DPM 30,00 Kg – modello DL30IT

Caratteristiche:

- *Peso massa battente 30,00 Kg*
- *Altezza caduta libera 20,00 cm*
- *Peso sistema battuta 13,00 Kg*
- *Diametro punta conica 35,70 mm*
- *Area base punta conica 10,00 cm²*
- *Angolo apertura punta 60°*
- *Avanzamento punta 10,00 cm*
- *Numero di colpi punta N(10) Relativo ad un avanzamento di 10 cm*
- *Colonna di guida del sistema di battuta per maggiore precisione nei sondaggi*

PROVA ... Nr.1 WTG 02

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff.	Res. dinamica	Res. dinamica	Pres.	Pres.
----------------	-----------	----------------	---------------	---------------	-------	-------

		riduzione sonda Chi	ridotta (Mpa)	(Mpa)	ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	2	0,857	0,66	0,77	32,87	38,37
0,20	3	0,855	0,98	1,15	49,19	57,56
0,30	5	0,853	1,64	1,92	81,80	95,93
0,40	8	0,851	2,61	3,07	130,59	153,50
0,50	12	0,849	3,91	4,60	195,45	230,24
0,60	18	0,797	5,51	6,91	275,26	345,36
0,70	15	0,795	4,58	5,76	228,85	287,80
0,80	17	0,793	5,18	6,52	258,77	326,18
0,90	16	0,792	4,56	5,76	228,12	288,20
1,00	18	0,790	5,12	6,48	256,05	324,22
1,10	19	0,788	5,39	6,84	269,68	342,23
1,20	16	0,786	4,53	5,76	226,60	288,20
1,30	15	0,785	4,24	5,40	211,97	270,18
1,40	15	0,783	4,23	5,40	211,52	270,18
1,50	20	0,781	5,63	7,20	281,42	360,24
1,60	15	0,780	4,21	5,40	210,62	270,18
1,70	18	0,778	5,04	6,48	252,22	324,22
1,80	20	0,776	5,59	7,20	279,67	360,24
1,90	22	0,725	5,41	7,47	270,62	373,41
2,00	22	0,723	5,40	7,47	270,04	373,41
2,10	24	0,722	5,88	8,15	293,96	407,35
2,20	28	0,720	6,84	9,50	342,24	475,25
2,30	30	0,719	7,32	10,18	365,92	509,19
2,40	30	0,717	7,30	10,18	365,16	509,19
2,50	22	0,716	5,34	7,47	267,24	373,41
2,60	28	0,714	6,79	9,50	339,44	475,25
2,70	28	0,713	6,78	9,50	338,77	475,25
2,80	30	0,711	7,24	10,18	362,25	509,19
2,90	30	0,710	6,84	9,63	341,82	481,42
3,00	35	0,659	7,40	11,23	369,95	561,65
3,10	35	0,657	7,38	11,23	369,19	561,65
3,20	45	0,606	8,75	14,44	437,61	722,13
3,30	30	0,705	6,79	9,63	339,25	481,42
3,40	32	0,653	6,71	10,27	335,53	513,51
3,50	33	0,652	6,91	10,59	345,34	529,56
3,60	36	0,651	7,52	11,55	376,01	577,70
3,70	45	0,600	8,66	14,44	433,01	722,13
3,80	48	0,598	9,22	15,41	460,94	770,27
3,90	50	0,597	9,09	15,22	454,39	760,86
4,00	50	0,596	9,07	15,22	453,49	760,86

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1 WTG 02

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa
-------------	------	--------------	------------	--------------	------------------

		(m)			(%)
Strato (1) terreno vegetale	3,38	0.00-0,40	3,38	Skempton 1986	16,38
Strato (2) Limi sabbiosi con ciottoli	15,28	0,40-2,70	15,28	Skempton 1986	43,52
Strato (3) ghiaia e sabbia	28,82	2,70-4,00	28,82	Skempton 1986	62,29

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreno vegetale	3,38	0.00-0,40	3,38	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	22,12
Strato (2) Limi sabbiosi con ciottoli	15,28	0,40-2,70	15,28	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	30,14
Strato (3) ghiaia e sabbia	28,82	2,70-4,00	28,82	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	35,79

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale	3,38	0.00-0,40	3,38	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) Limi sabbiosi con ciottoli	15,28	0,40-2,70	15,28	Bowles (1982) Sabbia Media	14,85
Strato (3) ghiaia e sabbia	28,82	2,70-4,00	28,82	Bowles (1982) Sabbia Media	21,49

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale	3,38	0.00-0,40	3,38	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,37
Strato (2) Limi sabbiosi con ciottoli	15,28	0,40-2,70	15,28	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,77
Strato (3) ghiaia e sabbia	28,82	2,70-4,00	28,82	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	8,50

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) terreno vegetale	3,38	0.00-0,40	3,38	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) Limi sabbiosi con ciottoli	15,28	0,40-2,70	15,28	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (3) ghiaia e sabbia	28,82	2,70-4,00	28,82	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) terreno vegetale	3,38	0.00-0,40	3,38	Meyerhof et al.	14,42
Strato (2) Limi sabbiosi con ciottoli	15,28	0,40-2,70	15,28	Meyerhof et al.	18,53
Strato (3) ghiaia e sabbia	28,82	2,70-4,00	28,82	Meyerhof et al.	20,79

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) terreno vegetale	3,38	0.00-0,40	3,38	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,44
Strato (2) Limi sabbiosi con ciottoli	15,28	0,40-2,70	15,28	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,12
Strato (3) ghiaia e sabbia	28,82	2,70-4,00	28,82	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,91

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) terreno vegetale	3,38	0.00-0,40	3,38	(A.G.I.)	0,35
Strato (2) Limi sabbiosi con ciottoli	15,28	0,40-2,70	15,28	(A.G.I.)	0,32
Strato (3) ghiaia e sabbia	28,82	2,70-4,00	28,82	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale	3,38	0.00-0,40	3,38	Ohsaki (Sabbie pulite)	20,03
Strato (2) Limi sabbiosi con ciottoli	15,28	0,40-2,70	15,28	Ohsaki (Sabbie pulite)	82,70
Strato (3) ghiaia e sabbia	28,82	2,70-4,00	28,82	Ohsaki (Sabbie pulite)	150,16

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	3,38	0.00-0,40	3,38	Ohta & Goto (1978) Limi	61,9
Strato (2) Limi sabbiosi con ciottoli	15,28	0,40-2,70	15,28	Ohta & Goto (1978) Limi	119,32
Strato (3) ghiaia e sabbia	28,82	2,70-4,00	28,82	Ohta & Goto (1978) Limi	154,52

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{H/P0}$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato	N. Calcolo	Correlazione	K_0
-------------	------	--------------	------------	--------------	-------

		(m)			
Strato (1) terreno vegetale	3,38	0,00-0,40	3,38	Navfac 1971-1982	0,60
Strato (2) Limi sabbiosi con ciottoli	15,28	0,40-2,70	15,28	Navfac 1971-1982	3,18
Strato (3) ghiaia e sabbia	28,82	2,70-4,00	28,82	Navfac 1971-1982	5,44

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale	3,38	0,00-0,40	3,38	Robertson 1983	0,66
Strato (2) Limi sabbiosi con ciottoli	15,28	0,40-2,70	15,28	Robertson 1983	3,00
Strato (3) ghiaia e sabbia	28,82	2,70-4,00	28,82	Robertson 1983	5,65

PROVA ... Nr.2 WTG 04

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	5	0,857	1,64	1,92	82,18	95,93
0,20	6	0,855	1,97	2,30	98,39	115,12
0,30	5	0,853	1,64	1,92	81,80	95,93
0,40	6	0,851	1,96	2,30	97,94	115,12
0,50	8	0,849	2,61	3,07	130,30	153,50
0,60	12	0,847	3,90	4,60	195,02	230,24
0,70	15	0,795	4,58	5,76	228,85	287,80
0,80	20	0,793	6,09	7,67	304,43	383,74
0,90	18	0,792	5,13	6,48	256,63	324,22
1,00	20	0,790	5,69	7,20	284,50	360,24
1,10	21	0,738	5,58	7,57	279,15	378,26
1,20	25	0,736	6,63	9,01	331,54	450,31
1,30	29	0,735	7,67	10,45	383,70	522,35
1,40	30	0,733	7,92	10,81	396,02	540,37
1,50	32	0,681	7,85	11,53	392,64	576,39
1,60	32	0,680	7,83	11,53	391,69	576,39
1,70	35	0,678	8,55	12,61	427,39	630,43

1,80	28	0,726	7,33	10,09	366,32	504,34
1,90	26	0,725	6,40	8,83	319,83	441,30
2,00	25	0,723	6,14	8,49	306,87	424,33
2,10	20	0,772	5,24	6,79	261,94	339,46
2,20	18	0,770	4,71	6,11	235,28	305,51
2,30	20	0,769	5,22	6,79	260,92	339,46
2,40	25	0,717	6,09	8,49	304,30	424,33
2,50	26	0,716	6,32	8,83	315,83	441,30
2,60	35	0,664	7,89	11,88	394,60	594,06
2,70	38	0,663	8,55	12,90	427,50	644,98
2,80	45	0,611	9,34	15,28	467,00	763,79
2,90	30	0,710	6,84	9,63	341,82	481,42
3,00	30	0,709	6,82	9,63	341,17	481,42
3,10	25	0,707	5,68	8,02	283,77	401,18
3,20	35	0,656	7,37	11,23	368,45	561,65
3,30	36	0,655	7,56	11,55	378,22	577,70
3,40	24	0,703	5,42	7,70	270,90	385,13
3,50	26	0,702	5,86	8,34	292,95	417,23
3,60	34	0,651	7,10	10,91	355,12	545,61
3,70	33	0,650	6,88	10,59	344,02	529,56
3,80	32	0,648	6,66	10,27	332,97	513,51
3,90	40	0,597	7,27	12,17	363,51	608,69
4,00	46	0,596	8,34	14,00	417,21	699,99
4,10	48	0,595	8,69	14,61	434,50	730,43
4,20	48	0,594	8,67	14,61	433,65	730,43
4,30	49	0,593	8,84	14,91	441,84	745,64
4,40	50	0,591	9,00	15,22	450,00	760,86
4,50	50	0,590	8,98	15,22	449,16	760,86

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2 WTG 04

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) terreno vegetale	4,51	0,00-0,50	4,51	Skempton 1986	19,52
Strato (2) limo sabbioso con ciottoli	14,05	0,50-1,20	14,05	Skempton 1986	41,26
Strato (3) ghiaia limosa argillosa	25,03	1,20-4,50	25,03	Skempton 1986	57,99

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreno vegetale	4,51	0,00-0,50	4,51	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	23,22
Strato (2) limo sabbioso con ciottoli	14,05	0,50-1,20	14,05	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	29,52

Strato (3) ghiaia limosa argillosa	25,03	1,20-4,50	25,03	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	34,38
--	-------	-----------	-------	---	-------

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale	4,51	0,00-0,50	4,51	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) limo sabbioso con ciottoli	14,05	0,50-1,20	14,05	Bowles (1982) Sabbia Media	14,24
Strato (3) ghiaia limosa argillosa	25,03	1,20-4,50	25,03	Bowles (1982) Sabbia Media	19,63

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale	4,51	0,00-0,50	4,51	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,60
Strato (2) limo sabbioso con ciottoli	14,05	0,50-1,20	14,05	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,52
Strato (3) ghiaia limosa argillosa	25,03	1,20-4,50	25,03	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	7,74

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) terreno vegetale	4,51	0,00-0,50	4,51	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) limo sabbioso con ciottoli	14,05	0,50-1,20	14,05	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (3) ghiaia limosa argillosa	25,03	1,20-4,50	25,03	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) terreno vegetale	4,51	0,00-0,50	4,51	Meyerhof et al.	14,91
Strato (2) limo sabbioso con ciottoli	14,05	0,50-1,20	14,05	Meyerhof et al.	18,14
Strato (3) ghiaia limosa argillosa	25,03	1,20-4,50	25,03	Meyerhof et al.	20,40

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo
-------------	------	---------------------	------------	--------------	-----------------------------

					(KN/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	4,51	0.00-0,50	4,51	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,44
Strato (2) limo sabbioso con ciottoli	14,05	0,50-1,20	14,05	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,02
Strato (3) ghiaia limosa argillosa	25,03	1,20-4,50	25,03	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,71

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) terreno vegetale	4,51	0.00-0,50	4,51	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) limo sabbioso con ciottoli	14,05	0,50-1,20	14,05	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) ghiaia limosa argillosa	25,03	1,20-4,50	25,03	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale	4,51	0.00-0,50	4,51	Ohsaki (Sabbie pulite)	26,26
Strato (2) limo sabbioso con ciottoli	14,05	0,50-1,20	14,05	Ohsaki (Sabbie pulite)	76,43
Strato (3) ghiaia limosa argillosa	25,03	1,20-4,50	25,03	Ohsaki (Sabbie pulite)	131,52

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	4,51	0.00-0,50	4,51	Ohta & Goto (1978) Limi	67,94
Strato (2) limo sabbioso con ciottoli	14,05	0,50-1,20	14,05	Ohta & Goto (1978) Limi	104,72
Strato (3) ghiaia limosa argillosa	25,03	1,20-4,50	25,03	Ohta & Goto (1978) Limi	146,16

Coefficiente spinta a Riposo K₀=SigmaH/P₀

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K ₀
Strato (1) terreno vegetale	4,51	0.00-0,50	4,51	Navfac 1971-1982	0,87
Strato (2) limo sabbioso con ciottoli	14,05	0,50-1,20	14,05	Navfac 1971-1982	2,94
Strato (3) ghiaia limosa argillosa	25,03	1,20-4,50	25,03	Navfac 1971-1982	4,88

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato	N. Calcolo	Correlazione	Q _c
-------------	------	--------------	------------	--------------	----------------

		(m)			(Mpa)
Strato (1) terreno vegetale	4,51	0.00-0,50	4,51	Robertson 1983	0,88
Strato (2) limo sabbioso con ciottoli	14,05	0,50-1,20	14,05	Robertson 1983	2,76
Strato (3) ghiaia limosa argillosa	25,03	1,20-4,50	25,03	Robertson 1983	4,91

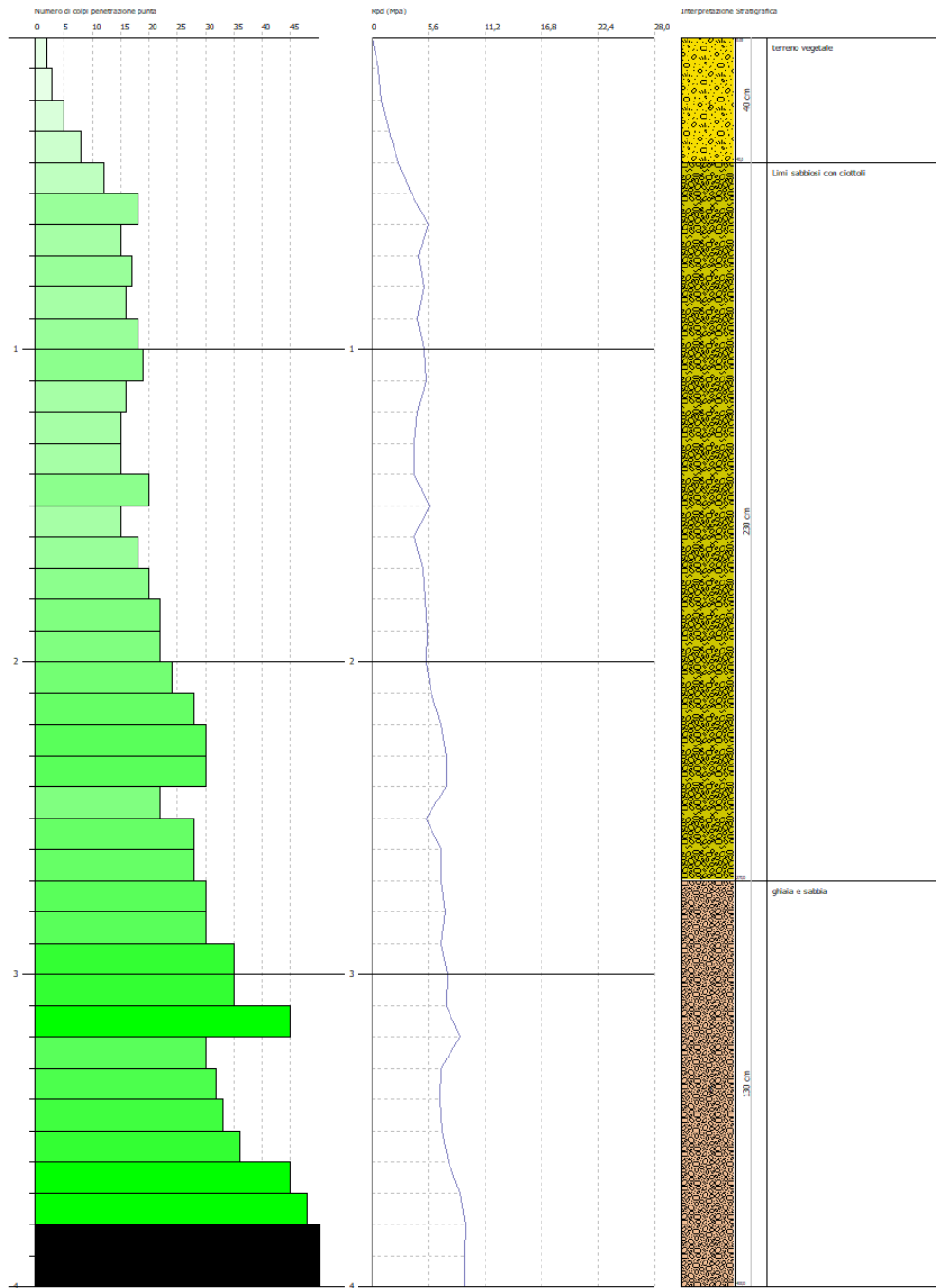
GEOSTRU
 CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS
 COMPANY

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1 WTG 09
 Strumento utilizzato... DM30 DEEP DRILL

Committente:
 Descrizione:
 Località:

Data:

Scala 1:17



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

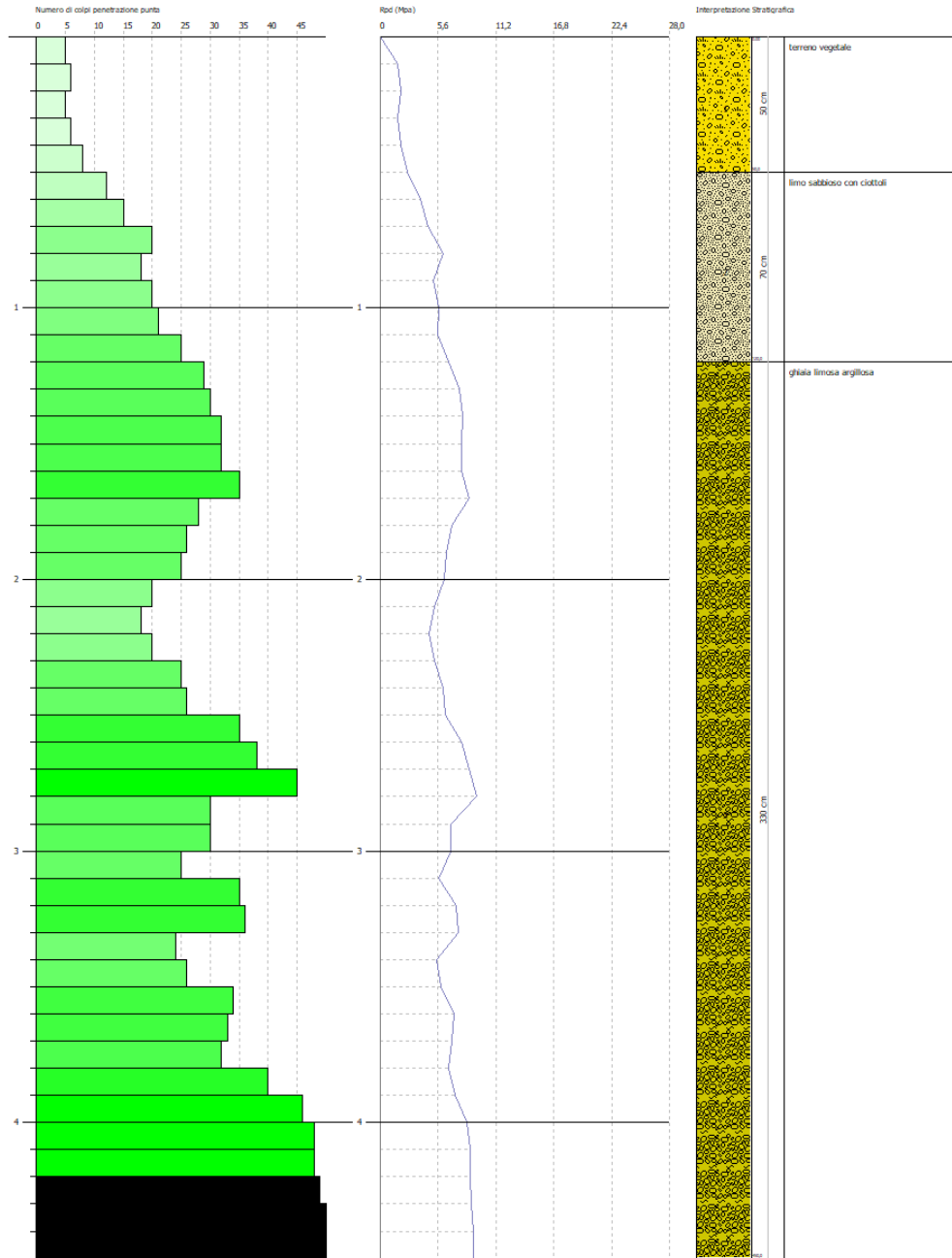
GEOSTRU
 CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS
 COMPANY

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2 WTG 04
 Strumento utilizzato... DM30 DEEP DRILL

Committente:
 Descrizione:
 Località:

Data:

Scala 1:20



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Parametri geotecnici dei terreni WTG 02

I parametri geotecnici dei terreni in studio sono stati ottenuti da 1 prova penetrometrica dinamica e una prova sismica a tipo MASW. Ai fini della scelta del tipo di ancoraggio, della profondità d'imposta bisogna adoperare i dati fisico-meccanici scaturiti dalla prova che ha avuto i risultati peggiori. Dalle prove è possibile suddividere il terreno in 5 strati principali, (scartando il terreno vegetale) che vengono riportati di seguito:

I° Strato: (-0,00 - 4,0 m di profondità piano campagna)

$$\begin{aligned}\gamma &= 1,92 \text{ t/m}^3 \text{ (peso unità di volume)} \\ \gamma_{\text{sat}} &= 2,00 \text{ t/m}^3 \text{ (peso unità di volume saturo)} \\ \varphi &= 27^\circ \text{ (angolo d'attrito)} \\ E_d &= 81,78 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (modulo edometrico)} \\ E_y &= 117,8 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (modulo di Young)} \\ \text{Poisson} &= 0,32 \text{ (modulo di Poisson)}\end{aligned}$$

II° Strato: (-4,0 - 7,0 m di profondità piano campagna)

$$\begin{aligned}\gamma &= 1,98 \text{ t/m}^3 \text{ (peso unità di volume)} \\ \gamma_{\text{sat}} &= 2,1 \text{ t/m}^3 \text{ (peso unità di volume saturo)} \\ \varphi &= 28,7^\circ \text{ (angolo d'attrito)} \\ E_d &= 101,29 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (modulo edometrico)} \\ E_y &= 204,63 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (modulo di Young)} \\ \text{Poisson} &= 0,32 \text{ (modulo di Poisson)}\end{aligned}$$

III° Strato: (-7,00 - 10,80 m di profondità piano campagna)

$$\begin{aligned}\gamma &= 2,00 \text{ t/m}^3 \text{ (peso unità di volume)} \\ \gamma_{\text{sat}} &= 2,15 \text{ t/m}^3 \text{ (peso unità di volume saturo)} \\ \varphi &= 29,5^\circ \text{ (angolo d'attrito)} \\ E_d &= 95,56 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (modulo edometrico)} \\ E_y &= 139,50 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (modulo di Young)} \\ \text{Poisson} &= 0,36 \text{ (modulo di Poisson)}\end{aligned}$$

IV° Strato: (-10,80 - 27,80 m di profondità piano campagna)

$$\begin{aligned}\gamma &= 2,10 \text{ t/m}^3 \text{ (peso unità di volume)} \\ \gamma_{\text{sat}} &= 2,20 \text{ t/m}^3 \text{ (peso unità di volume saturo)} \\ \varphi &= 30,0^\circ \text{ (angolo d'attrito)} \\ E_d &= 181,53 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (modulo edometrico)} \\ E_y &= 187,06 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (modulo di Young)} \\ \text{Poisson} &= 0,40 \text{ (modulo di Poisson)}\end{aligned}$$

IV° Strato: (- 27,80 - ∞ m di profondità piano campagna)

- $\gamma = 2,25 \text{ t/m}^3$ (peso unità di volume)
- $\gamma_{\text{sat}} = 2,30 \text{ t/m}^3$ (peso unità di volume saturo)
- $\varphi = 33,0^\circ$ (angolo d'attrito)
- $E_d = 220,00 \text{ Kg/cm}^2$ (modulo edometrico)
- $E_y = 200,00 \text{ Kg/cm}^2$ (modulo di Young)
- Poisson = 0.30 (modulo di Poisson)

Parametri geotecnici dei terreni WTG 04

I parametri geotecnici dei terreni in studio sono stati ottenuti da 1 prova penetrometrica dinamica e una prova sismica a tipo MASW. Ai fini della scelta del tipo di ancoraggio, della profondità d'imposta bisogna adoperare i dati fisico-meccanici scaturiti dalla prova che ha avuto i risultati peggiori. Dalle prove è possibile suddividere il terreno in 4 strati principali, (scartando il terreno vegetale) che vengono riportati di seguito:

I° Strato: (-0,00 - 2,0 m di profondità piano campagna)

- $\gamma = 1,71 \text{ t/m}^3$ (peso unità di volume)
- $\gamma_{\text{sat}} = 1,80 \text{ t/m}^3$ (peso unità di volume saturo)
- $\varphi = 25^\circ$ (angolo d'attrito)
- $E_d = 71,46 \text{ Kg/cm}^2$ (modulo edometrico)
- $E_y = 95,6 \text{ Kg/cm}^2$ (modulo di Young)
- Poisson = 0.38 (modulo di Poisson)

II° Strato: (-2,0 - 5,0 m di profondità piano campagna)

- $\gamma = 1,845 \text{ t/m}^3$ (peso unità di volume)
- $\gamma_{\text{sat}} = 1,95 \text{ t/m}^3$ (peso unità di volume saturo)
- $\varphi = 26,8^\circ$ (angolo d'attrito)
- $E_d = 92,34 \text{ Kg/cm}^2$ (modulo edometrico)
- $E_y = 136,28 \text{ Kg/cm}^2$ (modulo di Young)
- Poisson = 0.34 (modulo di Poisson)

III° Strato: (-5,00 -9,00 m di profondità piano campagna)

- $\gamma = 1,935 \text{ t/m}^3$ (peso unità di volume)
- $\gamma_{\text{sat}} = 2,00 \text{ t/m}^3$ (peso unità di volume saturo)
- $\varphi = 28,5^\circ$ (angolo d'attrito)
- $E_d = 186,44 \text{ Kg/cm}^2$ (modulo edometrico)
- $E_y = 142,27 \text{ Kg/cm}^2$ (modulo di Young)
- Poisson = 0.36 (modulo di Poisson)

IV° Strato: (-9,00 - ∞ m di profondità piano campagna)

$$\gamma = 2,05 \text{ t/m}^3 \text{ (peso unità di volume)}$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2,20 \text{ t/m}^3 \text{ (peso unità di volume saturo)}$$

$$\varphi = 29,5^\circ \text{ (angolo d'attrito)}$$

$$E_d = 175,63 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (modulo edometrico)}$$

$$E_y = 166,12 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (modulo di Young)}$$

$$\text{Poisson} = 0.40 \text{ (modulo di Poisson)}$$

Si consiglia ai fini della progettazione delle altre WTG, in via cautelativa, di adoperare i parametri geotecnici peggiori, relativi alle prove della WTG 04.