

Regione PUGLIA  
Provincia di FOGGIA  
COMUNE di ASCOLI SATRIANO



**IMPIANTO EOLICO**  
**"San Potito"**

(AUTORIZZAZIONE UNICA ai sensi del D.L. 29 dicembre 2003, n. 387)

**PROGETTO DEFINITIVO**

Cod. Elaborato

**D.6**

SCALA =

DATA: **Maggio 2019**

**INTEGRAZIONE RICHIESTE DAL "M.A.T.T.M."**  
*Approfondimento componente geologica ed idrogeologica*

COMMITTENTE:

**Winderg s.r.l.**

via Trento, 64

80071 - Vimercate (MB)

P.IVA 04702520968

WINDERG

WINDERG s.r.l.  
Presidente o Amministratore Delegato  
Dot. Michele Giambelli

CONSULENTE PER AdR srls:

Dott Geologo

R. A. FALCONE



A.d.R. s.r.l.s.

INGEGNERIA - ARCHITETTURA  
TOPOGRAFIA

Via Enrico Fermi n°38

85021 Avigliano (PZ)

Tel/fax 0971.700637

mail: [adr\\_srls@virgilio.it](mailto:adr_srls@virgilio.it)

**A.d.R. srls**

Via Enrico Fermi, 38

85021 AVIGLIANO (PZ)

C.F. e P.IVA 02022800763

Rev	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	<b>27/05/2019</b>	I emissione	R.A. Falcone	A.D.R S.r.l.s	Winderg S.r.l

## **INDICE**

Premessa... ..	pag. 3
Sintesi delle conclusioni... ..	pag. 3
Integrazioni punto 6.a componente geologica.....	pag. 5
Integrazioni punto 6.b componente idrogeologica.....	pag. 7
Conclusioni.....	pag.12

### Allegati:

- 1. Relazione integrativa trasmessa all’Adb Puglia con la VERIFICA STABILITA’ PENDIO.**
- 2. Parere di compatibilità dell’Adb Puglia.**
- 3. Parere favorevole nei riguardi del vincolo idrogeologico della Regione Puglia – Dip. Agricoltura, Sviluppo rurale ed Ambiente.**

## **PREMESSA e SINTESI DELLE CONCLUSIONI**

Con nota, ricevuta a mezzo PEC, Pro. N. 13785-P del 15/05/2019 e su richiesta del Coordinatore della Sottocommissione VIA, a seguito delle attività di analisi e di valutazione della documentazione presentata per la realizzazione dell'Impianto eolico "San Potito" da realizzarsi nel Comune di Ascoli Satriano (FG) e, per la sola componente di connessione elettrica (S.E.) nel Comune di Deliceto (FG), è stato richiesto al punto 6 l'approfondimento della Componente geologica ed idrogeologica, con particolare riferimento all'analisi delle possibili evoluzioni delle aree caratterizzate da dissesto, la loro interazione con le opere, oltre all'analisi dell'idrogeologia locale, con l'analisi della presenza di eventuali sorgenti e possibili interferenze con le fondazioni profonde.

Di seguito si dirà:

- al punto **6.a**, della componente geologica.
- al punto **6.b**, della componente idrogeologica.

Come meglio dettagliato nel corpo della presente Relazione, sarà dimostrato come NON sussistano criticità sia per quanto riguarda la componente geologica sia per quella idrogeologica.

In particolar modo, per quanto riguarda la componente Geologica:

- Verrà fornita evidenza dell'assenza di dissesti geomorfologici ed idrogeologici nell'area interessata dal progetto.
- Si allegheranno le verifiche di stabilità di pendio, già trasmesse alla competente Autorità di Bacino, ad evidenziare che **le condizioni di equilibrio geomorfologico a seguito della costruzione delle opere in progetto, NON subiscono alterazioni tali da richiedere la realizzazione di elementi a presidio geomorfologico**

Seguirà quindi l'analisi della componente idrogeologica, della quale si dirà:

- L'infiltrazione efficace costituisce un'aliquota minima delle acque di precipitazione.
- L'alimentazione di eventuali falde idriche sotterranee è difficile, se non impossibile.
- Assenza di qualsivoglia scaturigine d'acqua.
- Esclusione di interferenza delle fondazioni indirette con la falda porosa superficiale.

## **6.a COMPONENTE GEOLOGICA**

La Relazione Geologica allegata al Progetto (Elaborato A.2) riassume l'inquadramento dell'area ove insiste il progetto, identificandone i caratteri geomorfologici. In particolar modo, a pagina 11 della Relazione Geologica, più precisamente al punto 5.2, si afferma che:

*L'area esaminata è ubicata nella parte centrale della tavoletta IV N.O. del F° 175 della Carta d'Italia (Foglio Ascoli Satriano) e più precisamente tutta l'area compresa tra le località "Piano di Napoli, Portolicchio e Sal di Collina".*

*I terreni che vi affiorano, in relazione alle diverse caratteristiche litologiche e meccaniche possedute, hanno subito processi di erosione differenziata in condizioni paleoclimatiche diverse, determinando l'attuale aspetto morfologico del sito: esso si identifica, infatti, con un'area pianeggiante che rappresenta parte della pianura alluvionale in destra del T. Nuovo Carapellotto e la sommità di un rilievo prospiciente delimitato da versanti, poco acclivi lungo i fianchi esposti a NE.*

*Le superfici topografiche di entrambe le aree presentano generalmente un andamento orizzontale o caratterizzato da deboli pendenze nella fascia perimetrale dell'area su cui si realizzerà il parco eolico; tali superfici si trovano ad una distanza di sicurezza dalle aree caratterizzate da pendenze più marcate.*

*I versanti, che delimitano l'area collinare su la cui sommità sono posizionati n. 4 aerogeneratori, sono intatti per gran parte della loro estensione; **il rilevamento effettuato non ha evidenziato allo stato attuale elementi di superficie che possano ricondursi alla presenza di fenomeni dislocativi superficiali e profondi; inoltre, si precisa che degli aerogeneratori sono posizionati ad una distanza di sicurezza dal ciglio dei versanti che fungono da raccordo tra le due aree interessate dal progetto e comunque tali superfici in pendio non sono interessate dalle opere che si andranno a realizzare.***

Appare evidente come l'area individuata per la realizzazione del Parco Eolico in oggetto:

- NON presenti fenomeni di dissesto geomorfologico.
- Risultati "area pianeggiante" con presenza di "versanti poco acclivi".



- Le superfici topografiche presentano un andamento “*orizzontale*” o con “*deboli pendenze*”.
- L’area risulta perimetrata, secondo l’Autorità di Bacino di Puglia, come area PG1, a pericolosità geomorfologica media e moderata.

Di seguito si riporta estratto dell’approfondimento geomorfologico (comunque, allegato al progetto alla relazione A.2), riportando la seguente immagine:



L’area rappresentata è quella interessata dal progetto del parco eolico ed è stata estratta dallo studio sui dissesti geomorfologici condotti dall’ISPRA; si evince chiaramente l’assenza di dissesti geomorfologici ed idrogeologici.

E’ bene inoltre specificare come la stessa Autorità di Bacino di Puglia, nell’ambito della valutazione della pratica relativa al Progetto, con lettera Prot. A00\_AFF\_GEN\_0002659 del 04/03/2019, trasmessa a codesto rispettabile Ministero e per debita conoscenza alla Società Winderg S.r.l., oltre che ad altri enti interessati dal procedimento, abbia richiesto alla Società Winderg S.r.l. una serie di elaborati integrativi.

In seguito a questa richiesta, anche dopo aver avuto un incontro interlocutorio con il funzionario responsabile del procedimento presso l'AdB, si è proceduto alla verifica analitica di quei versanti che potevano presentare una maggiore criticità (pur trovandosi, come già detto, in aree pianeggianti o con versanti poco acclivi).

La Società Winderg S.r.l. rispondeva alla competente Autorità di Bacino, trasmettendo le integrazioni richieste a mezzo PEC in data 28/03/2019, inviando le stesse in copia conoscenza a codesto spettabile Ministero.

A seguito di tale trasmissione documentale, la competente Autorità di Bacino rilasciava in data 10/04/2019 parere di compatibilità alla realizzazione delle opere di cui alla procedura in oggetto, trasmettendo copia di tale parere a codesto spettabile Ministero.

A margine della presente relazione di alleggeranno i CALCOLI DI VERIFICA DI STABILITA' dei pendii analizzati in dettaglio.

## **6.b COMPONENTE IDROGEOLOGICA**

### **INQUADRAMENTO GENERALE**

Le caratteristiche idrogeologiche del territorio sono condizionate dalla natura litologica delle formazioni presenti, dal loro grado di permeabilità ed infine dalle pendenze del rilievo. Nell'area del tavoliere, sulla base di dati bibliografici, è possibile distinguere dall'alto verso il basso, escludendo l'acquifero carsico fessurato, due unità acquifere:

- L'acquifero poroso superficiale
- L'acquifero poroso profondo

In questo caso si dirà solo dell'acquifero poroso superficiale.

Nel caso in esame l'acquifero poroso superficiale corrisponde agli interstrati sabbioso-ghiaiosi dei depositi marini e continentali di età Pleistocene superiore-Olocene che ricoprono con una certa continuità areale le sottostanti Argille Subappennine che rappresentano la base della circolazione idrica superficiale vista la loro impermeabilità. In tale acquifero che interessa sostanzialmente l'area delle superfici terrazzate che degradano dolcemente dal loro margine occidentale verso est, è potenzialmente presente una debole falda che circola in condizioni freatiche.

Essa, in relazione al tipo di deposizione lenticolare dei sedimenti, alla giustapposizione di litotipi a diversa permeabilità ed alle soluzioni di continuità esistenti tra i vari corpi, può individuarsi su più livelli idraulicamente interconnessi. A scala regionale l'andamento delle curve isopieze segue quello della topografia, rivelando una generale diminuzione delle quote piezometriche da SO verso NE, con gradienti di norma inferiori a 0,5 % (Tadolini et al., 1989). La carta delle isopieze relativa all'acquifero superficiale, rileva che i massimi valori del gradiente idraulico si registrano nella parte più interna, corrispondente alla zona di maggiore ricarica dell'acquifero, mentre tendono a diminuire nella parte centrale.

La particolare morfologia assunta dalla superficie piezometrica permette, di definire una direttrice di deflusso idrico preferenziale verso Est. Nelle aree pianeggianti più depresse quali la valle del Cervaro e del Carapelle, l'acquifero superficiale interessa i depositi alluvionali recenti e terrazzati, a diverso grado di permeabilità, anch'essi poggiati sul substrato argilloso delle "argille subappennine". In considerazione dei modesti spessori in gioco tali acquiferi risentono di forti oscillazioni dovute ai

diversi apporti meteorici stagionali. Tale dato è confermato dalla presenza di numerosi pozzi a scavo e dalla presenza di numerosi “vasconi freatici”. I pozzi hanno uno sviluppo assai modesto, raramente superano i 30 m di profondità, e sono generalmente attestati nel substrato impermeabile drenando tutto l'acquifero subsuperficiale.

Nel periodo estivo spesso si inaridiscono. Nelle aree più prossime ai corsi d'acqua è possibile altresì ipotizzare un regime di scambio idrico con alimentazione della falda, da parte del corso d'acqua, durante i periodi di massima piena, che tende localmente ad invertirsi nei periodi di magra.

## **INQUADRAMENTO LOCALE**

L'area interessata dalle opere in progetto ricade nella tavoletta IV SO “ASCOLI SATRIANO” del Fg. 175 della carta d'Italia in località Torretta a Nord-Nord-West dell'abitato di Ascoli Satriano; i terreni ivi affioranti sono costituiti essenzialmente da depositi riconducibili all'unità della Fossa Bradanica, sui quali giacciono depositi tardo-quadernari costituiti da coperture conglomeratiche sabbiose continentali, localmente poggianti in disconformità sulle argille subappennine e/o in paraconformità su facies di spiaggia, essi risultano terrazzati in più ordini e sono stati raggruppati nel supersistema del Tavoliere di Puglia. Dal baso verso l'alto nell'area di interesse si riscontrano i seguenti litotipi:

- UNITA' DELLA FOSSA BRADANICA
  - **Argille Subappennine** (ASP);
  
- UNITA' QUATERNARIA DEL TAVOLIERE DI PUGLIA
  - **Subsistema di Monte Livagni** (ADL<sub>1</sub>);
  - **Sistema de la Sedia di Orlando** (LSO);
  - **Subsistema dell'Incoronata** (RPL<sub>1</sub>);

### 5.1a **Argille subappennine** (ASP)

Questi depositi sono costituiti da argille marnose più o meno siltose, la stratificazione non sempre è distinguibile. L'Unità mostra un assetto a debole monoclinale immersa verso E di 15°/10°; nell'area prossima al bordo della Catena le argille sono normalmente coperte da depositi di conoide alluvionale, mentre in quelle più distali l'erosione provocata dai corsi d'acqua ad andamento trasversale (il T. Cervaro e il T. Carapelle) ha frequentemente provocato l'asportazione dei depositi ghiaiosi alluvionali sviluppati sulle stesse argille.

Dal punto di vista litostratigrafico la parte media di questa unità è costituita da banchi e/o strati di *silt* argillosi e di marne siltose in genere a stratificazione poco evidente, riferita al Pliocene superiore-Pleistocene inferiore; a luoghi si

osservano intercalazioni argilloso-siltose e, verso il tetto, anche orizzonti e/o lenti di sabbie a grana medio-fine. Gli spessori affioranti sono molto modesti (10÷15 m) ad eccezione di quelli visibili in fronti di cave dove avveniva l'estrazione dell'argilla per l'industria dei laterizi. Lungo la valle del torrente Carapelle questa unità è costituita da una successione siltoso – sabbiosa con a tetto facies sabbioso-conglomeratiche con una chiara tendenza *Shallowing upward* (sabbie marine e conglomerati di Ascoli Satriano) (ASP<sub>A</sub>). I depositi argillosi affiorano nella maggior parte dell'area indagata.

#### 5.1b **Subsistema di Monte Livagni** (ADL<sub>1</sub>)

Si tratta di depositi conglomerati poligenici, poco selezionati ma regolarmente ben cementati, i clasti, costituiti da rocce provenienti dalle unità della Catena Appenninica (arenarie, calcari marnosi e più raramente calcari silicei e selci), hanno dimensioni da medie (2 – 5 cm) fino a grandi (10 – 15 cm, a luoghi fin oltre i 50 cm); il grado di arrotondamento è da discreto a buono. La matrice sabbiosa grossolana, poco abbondante, permette di definire questi depositi come clasto-sostenuti; solo nelle parti più distali la matrice tende ad essere più abbondante. A luoghi, intercalati ai corpi conglomeratici disorganizzati, si osservano anche lenti di sabbie grossolane. Nei corpi conglomeratici sovrapposti si nota un accenno di selezione granulometrica normale; a tetto di alcuni corpi conglomeratici si notano dei segni di erosione, prodotte probabilmente da fasi alluvionali di elevata portata.

I depositi di questo subsistema costituiscono paleoconoidi alluvionali, alimentati da brevi corsi d'acqua a carattere torrentizio di provenienza appenninica; la superficie sommitale dei corpi appartenenti a questo subsistema si presenta inclinata verso i quadranti nord-orientali con inclinazione variabile dai 10° ai 15° delle parti apicali dei conoidi ai 5° - 8° delle parti più distali. Età Pleistocene medio. Questi depositi affiorano nell'area sommitale interessata dal parco eolico.



**Fig. 5.1.b. Subsistema di Monte Livagni ADL<sub>1</sub>**

Quanto su esposto ci consente l'individuazione dei seguenti complessi idrogeologici:

- 1) Complesso conglomeratico;
- 2) Complesso argilloso;

- **Complesso conglomeratico:** è costituito da rocce a prevalente componente conglomeratica con scarsa matrice sabbiosa grossolana. Si tratta di rocce mediamente permeabili per porosità:  $K \geq 10^{-3}$ .
- **Complesso argilloso:** si tratta di argille ed argille marnose praticamente impermeabili,  $K < 10^{-7}$ , costituisce il substrato impermeabile delle eventuali acque di falda.

A causa dei modesti spessori del complesso conglomeratico e della presenza in superficie dei depositi argillosi, le acque di precipitazione meteorica sono soggette quasi esclusivamente a regime di ruscellamento in direzione degli assi vallivi. L'infiltrazione efficace, pertanto, costituisce un'aliquota minima, al limite trascurabile, delle acque di precipitazione; ciò rende difficile, se non impossibile, l'alimentazione di eventuali falde idriche sotterranee.

Tale circostanza è avvalorata ulteriormente dall'esito del rilevamento idrogeologico: in questa fase, infatti, si è inteso censire, anche con l'ausilio dell'esame aero-fotogrammetrico, tutte le eventuali **venute d'acqua** superficiali (sorgenti l.s.), nonché tutti i pozzi eventualmente esistenti in zona, sia produttivi che sterili.

Non essendo possibile, in questa fase, l'installazione ed il monitoraggio di appositi piezometri (a causa dell'evidente impossibilità di accesso ai fondi privati per l'esecuzione di tali invasive opere) sono state effettuate una serie di differenti analisi in sito:

- è stato effettuato un esame accurato delle superfici in pendio circostanti il sito di interesse che, infatti, non ha evidenziato alcuna scaturigine d'acqua, né se ne è registrata l'esistenza a memoria d'uomo.
- sono stati censiti i pochi pozzi per acqua esistenti in zona, tutti ubicati a quote non superiore a quelle degli assi vallivi i quali risultano produttivi solo nei mesi di forti precipitazioni meteoriche.

Tali circostanze, unitamente a quanto descritto e documentato nelle relazioni, dimostrano come i terreni che affiorano nel sito di interesse siano esenti da circolazione idrica sotterranea.

**Per tanto NON ci può essere nessuna interferenza tra le eventuali fondazioni indirette, le aree di cantiere e la falda porosa superficiale che caratterizza in senso generale le aree del tavoliere.**

## **CONCLUSIONI**

Dal rilevamento geolitologico, geomorfologico ed idrogeologico effettuato emerge che:

### **Quanto al punto 6.a - componente geologica:**

- le caratteristiche geomorfologiche dell'area non presentano alcuna criticità / difficoltà poiché la stessa area è sostanzialmente pianeggiante o in debole pendenza in un sufficiente intorno dell'area in oggetto; NON presenta, quindi, alcuna evidenza di disequilibrio e/o instabilità geomorfologica.
- L'area interessata dal progetto ricade, in base alle carte degli scenari di rischio da frana relativi al Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), in aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1), da ciò la necessità di verificare analiticamente quelle superfici in pendio che presentano una maggiore criticità.
- Dalla verifica emerge che le superfici analizzate NON subiscono modificazioni di equilibrio geomorfologico a seguito della realizzazione dei manufatti dell'Impianto eolico in questione. La restante parte dell'area è caratterizzata da superfici pianeggianti o debolmente inclinate.
- Tutto ciò premesso, è evidente l'impossibilità del verificarsi di fenomeni dislocativi superficiale e/o profondi. Per quanto riguarda i vincoli relativi al P.S.D.A. AdB Regione Puglia, l'area di progetto è scevra da perimetrazioni;

### **Quanto al punto 6.b - componente idrogeologica:**



- A causa dei modesti spessori del complesso conglomeratico e della presenza in superficie dei depositi argillosi, le acque di precipitazione meteorica sono soggette quasi esclusivamente a regime di ruscellamento in direzione degli assi vallivi. L'infiltrazione efficace, pertanto, costituisce un'aliquota minima, al limite trascurabile, delle acque di precipitazione; ciò rende difficile, se non impossibile, l'alimentazione di eventuali falde idriche sotterranee.



- L'esame accurato delle superfici in pendio circostanti il sito di interesse, infatti, non ha evidenziato alcuna scaturigine d'acqua, né se ne è registrata l'esistenza a memoria d'uomo.
- Sono stati censiti i pochi pozzi per acqua esistenti in zona, tutti ubicati a quote non superiore a quelle degli assi vallivi i quali risultano produttivi solo nei mesi di forti precipitazioni meteoriche.
- In conclusione è possibile affermare con certezza che tali circostanze dimostrano come i terreni che affiorano nel sito di interesse siano esenti da circolazione idrica sotterranea.

Lavello, 27/05/2019

Dott. Geologo  
Rosario Antonio  
FALCONE

Allegati:

1. **Relazione integrativa trasmessa all'Adb Puglia con la VERIFICA STABILITA' PENDIO.**
2. **Parere di compatibilità dell'Adb Puglia.**
3. **Parere favorevole nei riguardi del vincolo idrogeologico della Regione Puglia – Dip. Agricoltura, Sviluppo rurale ed Ambiente.**

Regione PUGLIA  
Provincia di FOGGIA  
COMUNE di ASCOLI SATRIANO



**CODICE IDENTIFICATIVO**

**ID\_VIP:4402**

**IMPIANTO EOLICO**  
**"San Potito"**

(AUTORIZZAZIONE UNICA ai sensi del D.L. 29 dicembre 2003, n. 387)

**PROGETTO DEFINITIVO**

**INTEGRAZIONI AdB PUGLIA art.11 – 15 P.A.I. VERIFICA STABILITA' PENDIO**

Cod. Elaborato	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> Studio di compatibilità geologica, geotecnica, idrogeologica, idrologica e sismica
<b>A. 2</b>	
SCALA = DATA: Ottobre 2018	

**COMMITTENTE:**

**Winderg s.r.l.**  
via Trento, 64  
20871 – VIMERCATE (MB)  
P.IVA 04702520968

WINDERG

WINDERG s.r.l.  
Presidente o Amministratore Delegato  
Dott. Michela Granata

**CONSULENTE PER AdR srls:**

Dott Geologo  
R. A. FALCONE



Via Enrico Fermi n°38  
85021 Avigliano (PZ)  
Tel/fax 0971.700637  
mail: [adr\\_srls@virgilio.it](mailto:adr_srls@virgilio.it)

**A.D.R. srls**  
Via Enrico Fermi, 38  
85021 AVIGLIANO (PZ)  
C.F. e PIVA 02022800763

Rev	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	16/10/2018	I emissione	R.A. Falcone	A.D.R S.r.l.s	Winderg S.r.l
	<b>25/03/2019</b>				

## PREMESSA

La presente nota tecnica viene redatta a seguito della richiesta di integrazioni da parte dell'Autorità di Bacino della Puglia riguardante il progetto per la realizzazione del parco eolico "San Potito" in agro del Comune di Ascoli Satriano(FG). L'area interessata dal costruendo parco eolico è considerata dall'Autorità di Bacino della Puglia come area a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1), da ciò la richiesta dell'Ente di effettuare verifiche analitiche di stabilità dei versanti interessati. Dall'incontro avuto con il funzionario responsabile del procedimento è emersa la necessità di verificare le condizioni di stabilità di quelle aree ritenute a maggiore criticità, individuate in quelle che ospitano gli aerogeneratori **A10, A9 e A1**, la restante parte dell'area è caratterizzata da superfici sub-orizzontali.

### **GEOMORFOLOGIA ED EVOLUZIONE DEI VERSANTI**

L'area indagata si estende in sinistra orografica del Torrente Carapelle e ricade nel Fg. 175 IV S.O. per ciò che attiene agli aerogeneratori A10 – A9 – A1 e nel F.g. 175 IV N.O per ciò che attiene ad alcuni tratti del cavidotto e alla cabina di conferimento dell'energia prodotta.

L'intera area è caratterizzata da basse colline a dolci forma del terreno; la loro sommità è pianeggiante con i versanti debolmente inclinati verso Est. Gli stessi versanti sono esenti da fenomeni dislocativi sia superficiale che profondi. Le superfici interessate dal progetto sono inserite in un contesto definito dall'AdB di Puglia a pericolosità geomorfologica media e moderata PG1, da ciò la necessità di verificare analiticamente la stabilità di quei versanti che presentano una maggiore criticità. Dal confronto avuto con il responsabile del procedimento all'interno dell'AdB di Puglia è emersa la necessità di verificare le superfici che ospitano gli aerogeneratori A10 – A9 – A1 in quanto sono le superfici che presentano una criticità maggiore rispetto alle altre. La verifica verrà condotta in condizioni sismiche e in situazione **ante opera** e **post opera**.

### **VERIFICA ANALITICA DI STABILITA' DEI VERSANTI**

Al fine di valutare in via preliminare la stabilità delle opere ubicate in corrispondenza dei versanti in studio, è stata eseguita una verifica di stabilità in condizioni estreme di alcune sezioni tipo. In questo paragrafo vengono illustrate le conclusioni cui si perviene in seguito alla verifica analitica delle condizioni di stabilità dei versanti che caratterizzano l'area interessata dal progetto di realizzazione di un parco eolico "San Potito" in agro del Comune di Ascoli Satriano(FG). Le verifiche di stabilità sono state condotte lungo le sezioni A' \_\_\_ A , B' \_\_\_ B , C' \_\_\_ C orientate secondo la direzione di massima pendenza, le stesse sono state condotte in una prima fase sul pendio naturale e in una seconda fase sul pendio gravato dall'opera in progetto con un carico distribuito di 4,0 Kg/cm<sup>2</sup>.

Nell'effettuare il calcolo si è inteso ricercare le condizioni più sfavorevoli e verosimilmente ipotizzabili:

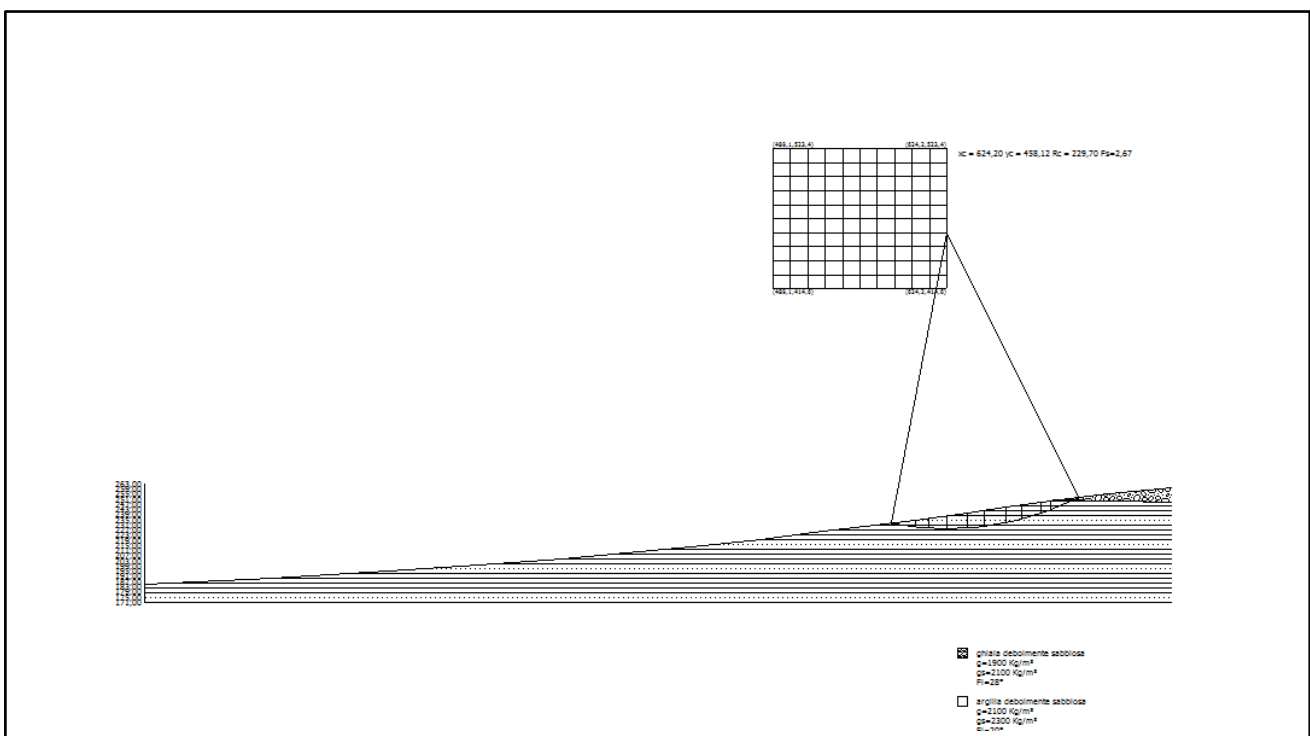
1. Il metodo adottato è il metodo di BELL poiché fornisce valori maggiormente sottostimati, quindi a favore della sicurezza, rispetto ad altri e pur validi metodi;
2. I calcoli di verifica di stabilità sono stati effettuati esclusivamente in condizione sismica e nella modalità di **S.L.U.** essendo il Comune di Ascoli Satriano classificato come zona **sismica 1**;

- Le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni in pendio sono state desunte dalla letteratura e da indagini eseguite su gli stessi materiali in precedenti lavori eseguiti dallo scrivente;
- La situazione stratigrafica schematizzata nel calcolo è il risultato dell'interpretazione del rilevamento geolitologico effettuato e dalle prospezioni sismiche eseguite durante la campagna di indagine realizzata per il presente lavoro;
- Le superfici critiche ottenute sono il risultato di numerose interazioni volte all'individuazione dei coefficienti minimi di sicurezza.

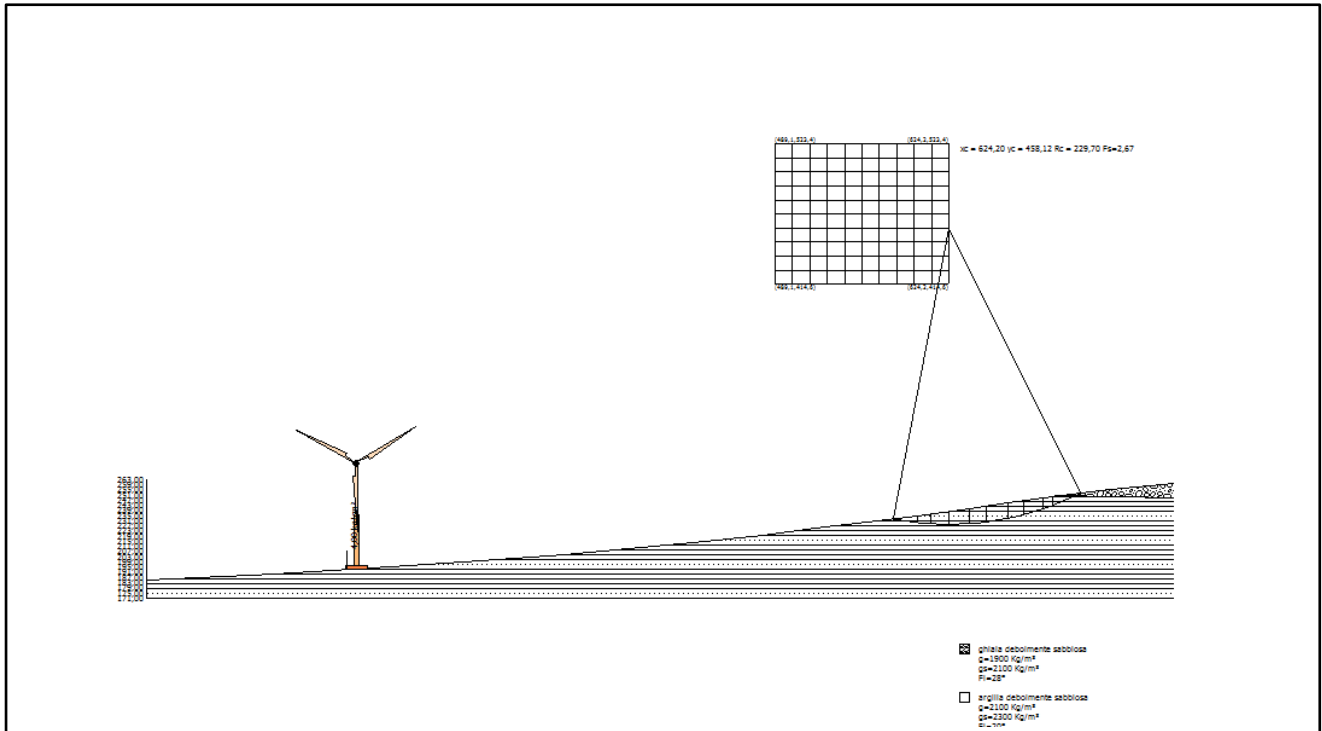
**I risultati ottenuti dal calcolo e gli elaborati grafici illustrano dettagliatamente come le condizioni di equilibrio morfologico dell'area interessata dal presente lavoro sono caratterizzate da un coefficiente di sicurezza superiore a quello previsto dalla norma vigente.**

Sez. A'__A	a.o.	_____	$F_s = 2.67 > 1.3$ Stabile
Sez. A'__A	p.o.	_____	$F_s = 2.67 > 1.3$ Stabile
Sez. B'__B	a.o.	_____	$F_s = 1.83 > 1.3$ Stabile
Sez. B'__B	p.o.	_____	$F_s = 1.83 > 1.3$ Stabile
Sez. C'__C	a.o.	_____	$F_s = 1.78 > 1.3$ Stabile
Sez. C'__C	p.o.	_____	$F_s = 1.78 > 1.3$ Stabile

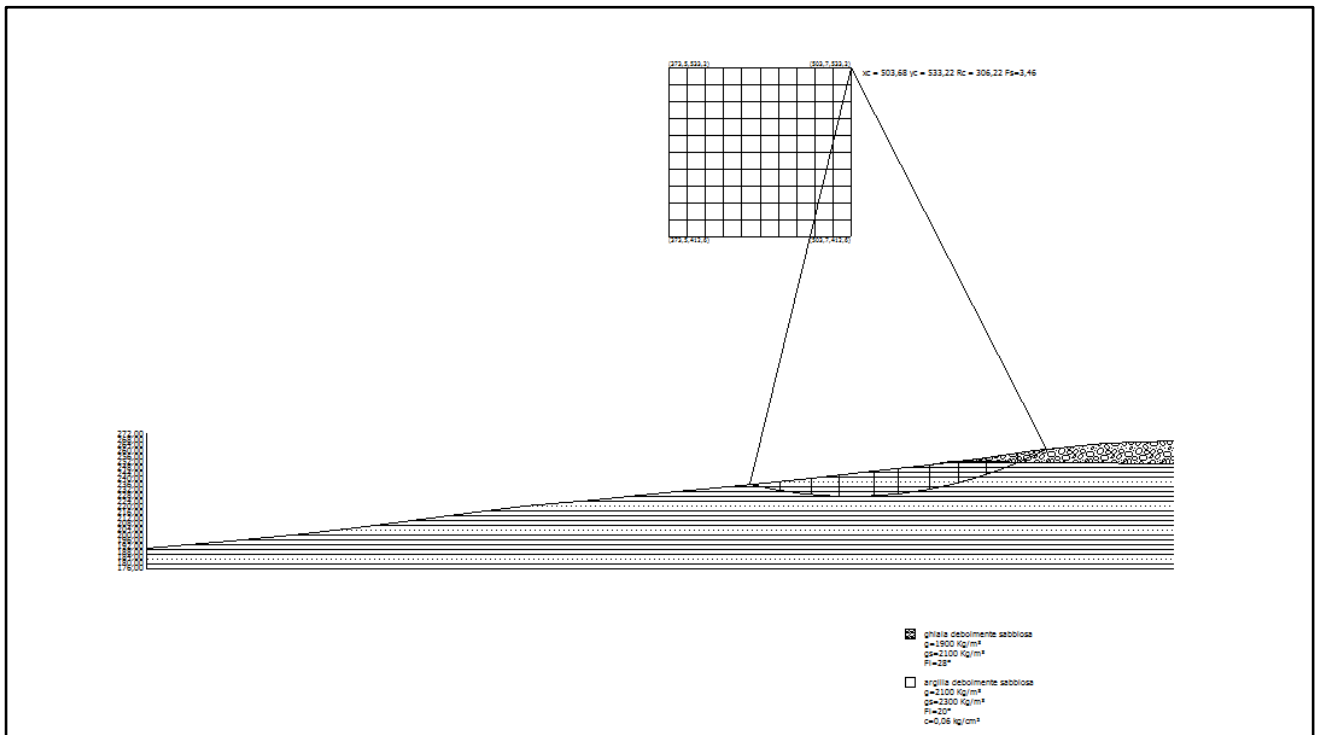
**Il risultato ottenuto dai calcoli di verifica di stabilità dei versanti prima e dopo la realizzazione delle opere in progetto evidenzia come gli stessi non subiscono modificazioni delle condizioni di equilibrio geomorfologico in seguito alla realizzazione dei manufatti previsti dal progetto. Il carico applicato di  $4.0 \text{ Kg/cm}^2$  è trasmesso al terreno mediante una fondazione diretta.**



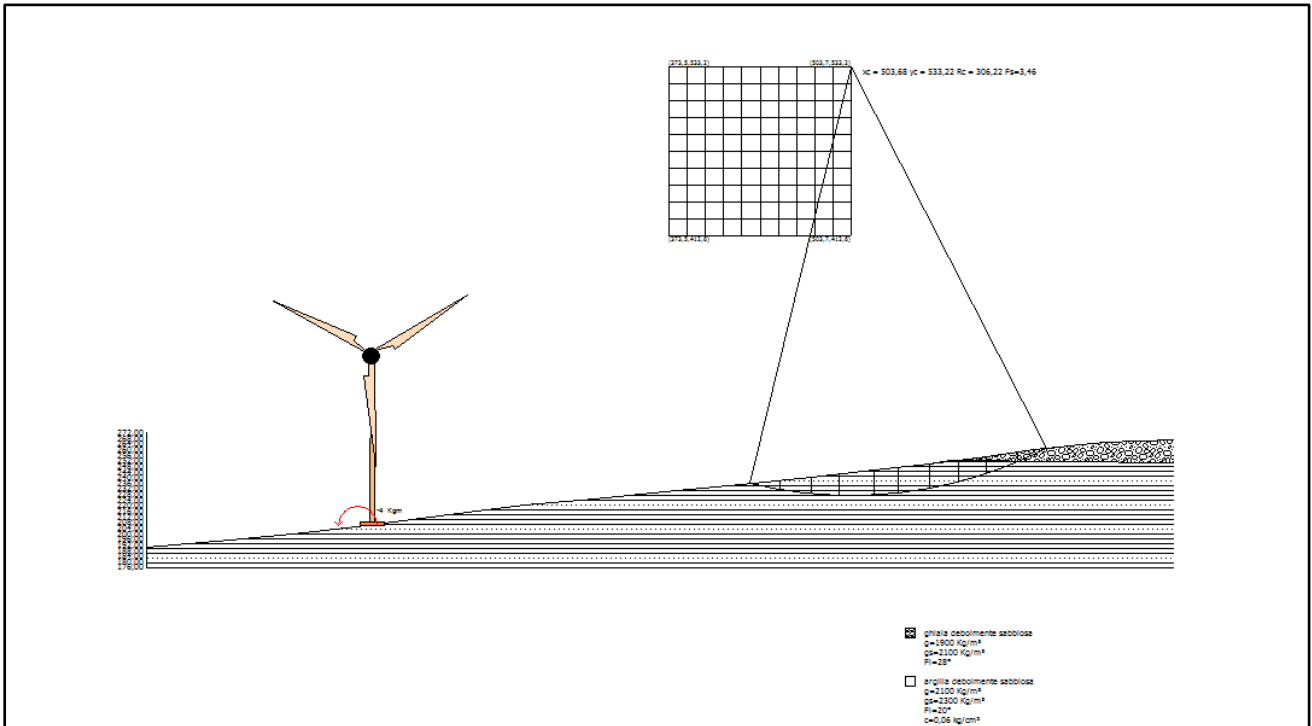
**Sezione A' \_\_\_\_ A pendio naturale  $F_s = 2,67 > 1,3$  pendio STABILE**



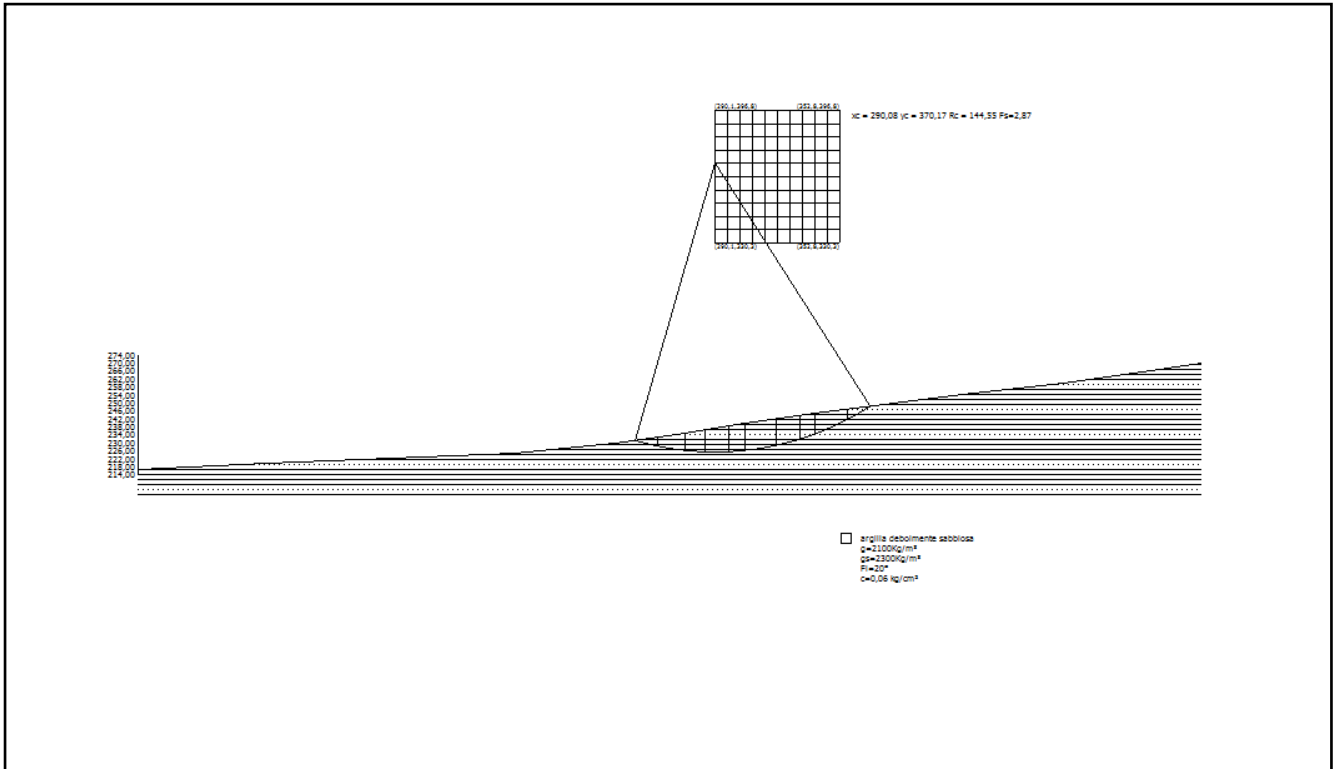
**Sezione A' \_\_\_\_ A pendio gravato dal carico delle opere  $F_s = 2,67 > 1,3$  pendio STABILE**



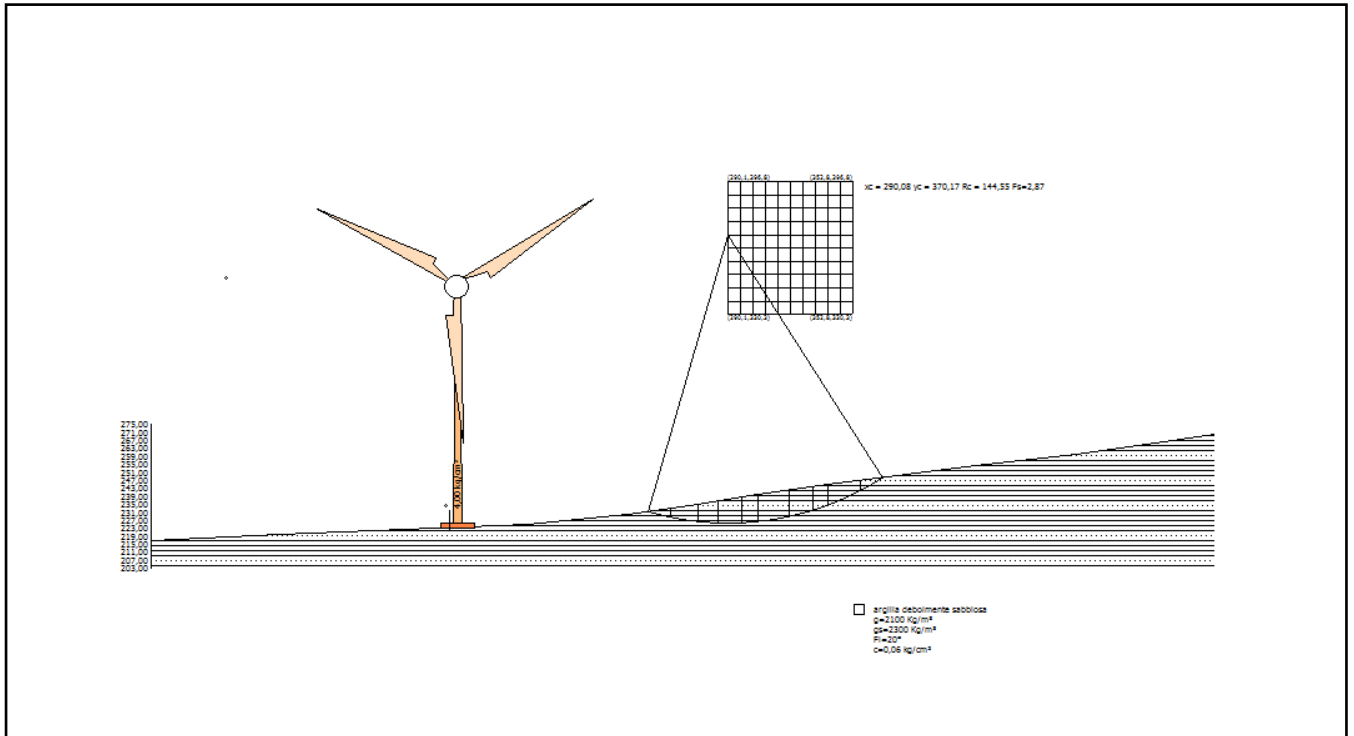
**Sezione B' \_\_\_\_ B pendio naturale  $F_s = 1.83 > 1,3$  pendio STABILE**



**Sezione B' \_\_\_\_ B pendio gravato dal carico delle opere  $F_s = 1,83 > 1,3$  pendio STABILE**



**Sez. C' \_\_\_\_ C pendio naturale  $F_s = 1,78 > 1,3$  pendio STABILE**



Sez. C' \_\_\_\_\_ C pendio gravato dalle opere in progetto  $F_s = 1,78 > 1,3$  pendio STABILE

## CONCLUSIONI

Dalle verifiche analitiche di equilibrio geomorfologico di quelle aree che presentano una maggiore criticità, perché ubicate in versanti più acclivi rispetto all'intera area interessata dal progetto, si evince chiaramente che le condizioni di equilibrio geomorfologico a seguito della costruzione delle opere in progetto, non subiscono alterazioni tali da richiedere la realizzazione di elementi a presidio geomorfologico. A maggior ragione le aree, caratterizzate da lievi pendenze o pianeggianti che non sono state oggetto di verifica analitica, conserveranno il loro stato di equilibrio geomorfologico anche dopo la costruzione del Parco Eolico nella sua interezza.

# RELAZIONE DI CALCOLO

## Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

## Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\varphi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

## Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza  $F = \tau_f / \tau$ .

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



### **Metodo dei conci**

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

- $n$  valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concio;
- $n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_i$
- $(n-1)$  forze normali  $E_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$  forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_i$ ;
- $(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

**Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .**

*mentre le equazioni a disposizione sono:*

- Equazioni di equilibrio dei momenti  $n$
- Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$
- Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$
- Equazioni relative al criterio di rottura  $n$
- Totale numero di equazioni  $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quando si fa l'assunzione che  $N_i$  sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

### **Metodo di FELLENIUS (1927)**

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

- $n$  valori delle forze normali  $N_i$ ;
- $n$  valori delle forze da taglio  $T_i$ ;
- $1$  fattore di sicurezza.
- Incognite  $(2n+1)$

Le equazioni a disposizione sono:

- $n$  equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- $n$  equazioni relative al criterio di rottura;
- $1$  equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

### **Metodo di BISHOP (1955)**

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\Sigma F_v = 0, \Sigma M_0 = 0$ , Criterio di rottura.

$$F = \frac{\Sigma \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di  $F$  e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

### **Metodo di JANBU (1967)**

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo  $\Delta X_i = 0$  si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_o F$$

dove  $f_o$  è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

### **Metodo di BELL (1968)**

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno,  $W$ , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali  $K_x W$  e  $K_z W$ , le forze orizzontali e verticali  $X$  e  $Z$  applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio  $\sigma$  e  $\tau$  agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori  $u$  che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' $i$ -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \phi_i}{F}$$

in cui

$F$  = il fattore di sicurezza;

$c_i$  = la coesione efficace (o totale) alla base dell' $i$ -esimo concio;

$\phi_i$  = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' $i$ -esimo concio;

$L_i$  = la lunghezza della base dell' $i$ -esimo concio;

$u_{ci}$  = la pressione dei pori al centro della base dell' $i$ -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[ C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$W_i \cos \alpha_i / L_i$  = valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci.

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left( \frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

Dove  $x_0$  ed  $x_n$  sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre  $x_{ci}$  rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio  $i$ -esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno  $K_z g$  può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore  $(1 - K_z)$ .

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza  $F$ , sostituendo l'espressione di  $N_i$  e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario  $C_3$ .

Si assume una relazione di linearità tra detto coefficiente, determinabile tramite la regola di Cramer, ed il fattore di sicurezza  $F$ . Il corretto valore di  $F$  può essere ottenuto dalla formula di interpolazione lineare:

$$F = F(2) + \left( \frac{1 - C_3(2)}{C_3(2) - C_3(1)} \right) (F(2) - F(1))$$

dove i numeri in parentesi (1) e (2) indicano i valori iniziale e successivo dei parametri  $F$  e  $C_3$ .

Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

### **Metodo di SARMA (1973)**

Il metodo di **Sarma** è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica  $K_c$ ) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in  $n$  strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale  $N_i$  agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$\begin{aligned} N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i &= W_i - \Delta X_i \\ T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i &= K W_i + \Delta E_i \end{aligned}$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\begin{aligned} \sum \Delta E_i &= 0 \\ \sum \Delta X_i &= 0 \end{aligned}$$

dove  $E_i$  e  $X_i$  rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia  $i$ -esima del concio generico  $i$ .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di **Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:

$$\begin{aligned} * \sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i &= \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i \\ ** \sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] &= \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G) \end{aligned}$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di  $K$  (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione  $K$  corrispondente al fattore di sicurezza  $F = 1$ , ossia l'*accelerazione critica*.

Si ha pertanto:

$K = K_c$  accelerazione critica se  $F = 1$

$F = F_s$  fattore di sicurezza in condizioni statiche se  $K = 0$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne  $X_i$  ed  $E_i$  tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze  $X_i$ :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove  $Q_i$  è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla  $i$ -esima faccia del concio  $i$ , e  $\lambda$  rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di  $K_c$ ,  $\lambda$  e  $F$ , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

### **Metodo di SPENCER**

Il metodo è basato sull'assunzione:

Le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo  $\theta$ . tutti i momenti sono nulli  $M_i = 0$   
 $i=1 \dots n$

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione  $f(x) = 1$ .

Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$\sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{tg \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[ \frac{F_s + tg \phi tg(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

$\theta$  = angolo d'inclinazione della forza  $Q_i$  rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum (Q_i \cos \theta) = 0 \quad \sum (Q_i \sin \theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze  $Q_i$  parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$\sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo ( $F_{sm}$ ) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo ( $F_{sf}$ ) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In

pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo  $\theta$ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia  $F_{sm} = F_{sf}$ .

### **Metodo di MORGENSTERN e PRICE**

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo  $X = \lambda f(x)E$ , dove  $\lambda$  è un fattore di scala e  $f(x)$ , funzione della posizione di  $E$  e di  $X$ , definisce una relazione tra la variazione della forza  $X$  e della forza  $E$  all'interno della massa scivolante. La funzione  $f(x)$  è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite  $E$ ,  $X$ , il coefficiente di sicurezza  $F_s$ , il peso della striscia infinitesima  $dW$  e la risultante delle pressioni neutra alla base  $dU$ .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \operatorname{tg} \varphi' \left( \frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \left( \frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

Una seconda equazione, detta "equazione dei momenti", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base:

$$X = \frac{d(E \gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

## **VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA**

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

$F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

$W$ : peso concio

$K_O$ : Coefficiente sismico orizzontale

$K_V$ : Coefficiente sismico verticale.

### Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2018** calcolano i coefficienti  $K_O$  e  $K_V$  in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_V = \pm 0,5 \times K_O$$

Con

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{\max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S S_T a_g$$

$S_S$  (effetto di amplificazione stratigrafica):  $0.90 \leq S_S \leq 1.80$ ; è funzione di  $F_0$  (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).  
 $S_T$  (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di  $S_T$  varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e  $PVR$  probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso  $V_R$  dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Con l'**OPCM 3274** e successive modifiche, i coefficienti sismici orizzontale  $K_O$  e verticale  $K_V$  che interessano tutte le masse vengono calcolati come:

$$K_O = S \cdot (a_g/g) \quad K_V = 0.5 \cdot K_O$$

$S$ : fattore dipendente dal tipo di suolo secondo lo schema:

tipo A -  $S=1$ ;

tipo B -  $S=1.25$ ;

tipo C - S=1.25;  
 tipo E - S=1.25;  
 tipo D - S=1.35.

Per pendii con inclinazione superiore a 15° e dislivello superiore a 30 m, l'azione sismica deve essere incrementata moltiplicandola per il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ :

$S_T \geq 1,2$  per siti in prossimità del ciglio superiore di pendii scoscesi isolati;  
 $S_T \geq 1,4$  per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in testa molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media > 30°;  $S_T \geq 1,2$  per siti dello stesso tipo ma pendenza media inferiore.

L'applicazione del **D.M. 88** e successive modifiche ed integrazioni è consentito mediante l'inserimento del coefficiente sismico orizzontale  $K_0$  in funzione delle Categorie Sismiche secondo il seguente schema: I Cat.  $K_0=0.1$ ; II Cat.  $K_0=0.07$ ; III Cat.  $K_0=0.04$

Per l'applicazione dell'**Eurocodice 8** (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$K_0 = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

$a_{gR}$ : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,  
 $\gamma_I$ : fattore di importanza,  
 S: soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale  $K_v$  è definito in funzione di  $K_0$ , e vale:

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_0$$

### **Ricerca della superficie di scorrimento critica**

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

### **PENDIO NATURALE A10**

#### **Analisi di stabilità dei pendii con BELL**

Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
<b>Superficie di forma circolare</b>	
<b>Maglia dei Centri</b>	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	489,12 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	414,59 m
Ascissa vertice destro superiore xs	624,2 m
Ordinata vertice destro superiore ys	523,41 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0



**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Descrizione:	S1
Latitudine:	41,25
Longitudine:	15,51
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,43	0,29
S.L.D.	50,0	0,59	2,56	0,32
S.L.V.	475,0	1,74	2,51	0,42
S.L.C.	975,0	2,39	2,46	0,43

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,705	0,2	0,0144	0,0072
S.L.D.	0,885	0,2	0,0181	0,009
S.L.V.	2,493	0,24	0,061	0,0305
S.L.C.	3,2032	0,28	0,0915	0,0457

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0144
Coefficiente azione sismica verticale	0,0072

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	185,0
2	100,0	190,0
3	190,0	195,0
4	260,0	200,0
5	325,0	205,0
6	385,0	210,0
7	435,0	215,0
8	480,0	220,0
9	520,0	225,0
10	560,0	230,0
11	600,0	235,0
12	640,0	240,0
13	670,0	245,0
14	705,0	250,0
15	750,0	255,0
16	800,0	260,0

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	0,0	185,0
2	100,0	190,0
3	190,0	195,0
4	260,0	200,0
5	325,0	205,0
6	385,0	210,0
7	435,0	215,0
8	480,0	220,0
9	520,0	225,0
10	560,0	230,0
11	600,0	235,0
12	640,0	240,0
13	670,0	245,0
14	705,0	250,0
15	707,41	250,27
16	800,0	248,21

**Stratigrafia**

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	28	1900	2100	0,00	ghiaia debolmente sabbiosa
2	0,06	20	2100	2300	0,00	argilla debolmente sabbiosa

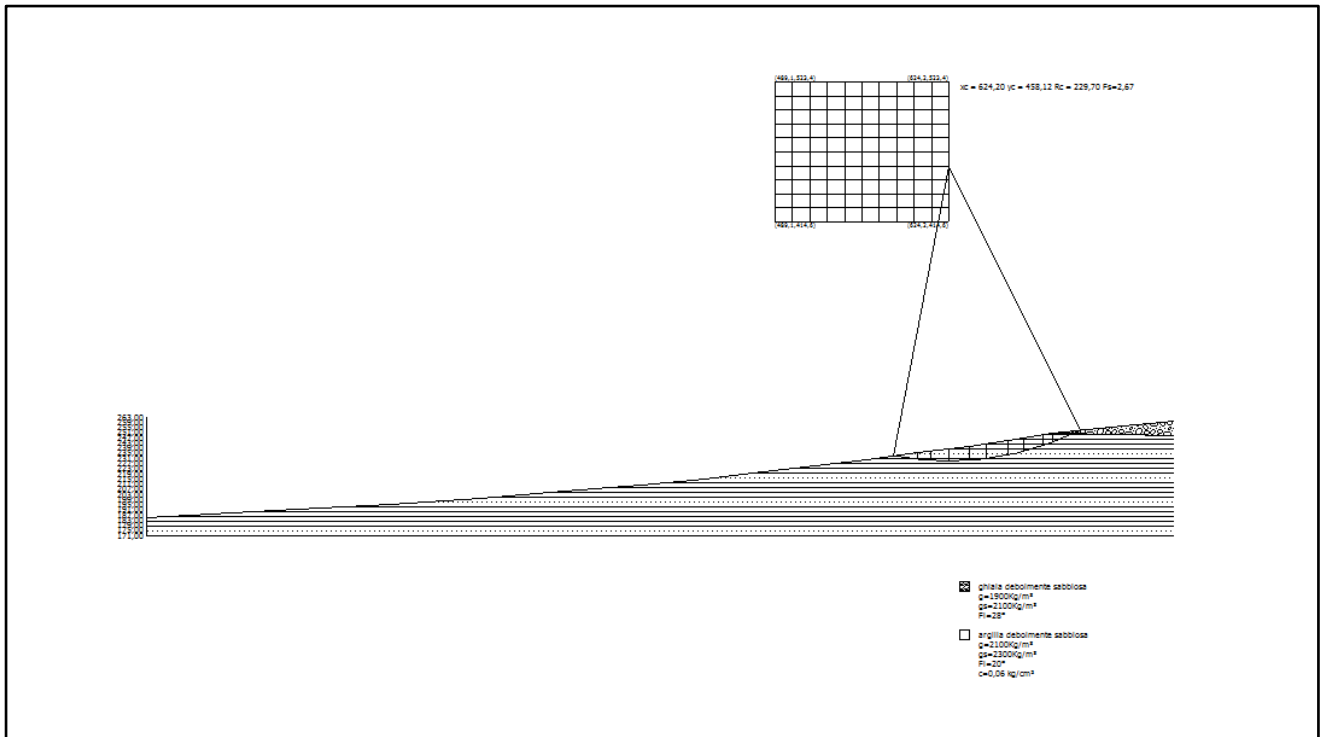
**Risultati analisi pendio**

Fs minimo individuato	2,67
Ascissa centro superficie	624,2 m
Ordinata centro superficie	458,12 m
Raggio superficie	229,7 m

B: Larghezza del conchio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del conchio; Li: Lunghezza della base del conchio; Wi: Peso del conchio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

**Analisi dei conchi. Superficie...xc = 624,202 yc = 458,119 Rc = 229,701 Fs=2,6695**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	19,34	-8,5	19,55	116226,4	1673,66	836,83	0,06	20,0	0,0	-334000,7	-41191,9
2	9,8	-4,8	9,83	131263,9	1890,2	945,1	0,06	20,0	0,0	-107535,9	-12460,1
3	14,57	-1,8	14,57	263255,8	3790,88	1895,44	0,06	20,0	0,0	-117616,4	-12762,1
4	15,64	2,0	15,65	343691,8	4949,16	2474,58	0,06	20,0	0,0	190314,9	29462,6
5	13,5	5,6	13,56	328662,8	4732,74	2366,37	0,06	20,0	0,0	442255,9	63331,0
6	16,5	9,4	16,73	419977,4	6047,68	3023,84	0,06	20,0	0,0	1158888,0	161714,2
7	12,63	13,1	12,97	304825,4	4389,49	2194,74	0,06	20,0	0,0	904338,2	126137,3
8	14,57	16,6	15,2	300608,1	4328,76	2164,38	0,06	20,0	0,0	1318056,0	182979,8
9	7,8	19,6	8,28	127370,9	1834,14	917,07	0,06	20,0	0,0	356022,0	50294,9
10	21,33	23,5	23,26	164261,7	2365,37	1182,68	0,06	20,0	0,0	1534152,0	213962,5



Sez. A' \_\_\_\_\_ A pendio naturale  $Fs = 2.67 > 1.3$  STABILE

**PENDIO GRAVATO DALLE OPERE IN PROGETTO A10**

**Analisi di stabilità dei pendii con BELL**

Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
<b>Superficie di forma circolare</b>	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	489,12 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	414,59 m
Ascissa vertice destro superiore xs	624,2 m
Ordinata vertice destro superiore ys	523,41 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Descrizione:	S1
Latitudine:	41,25
Longitudine:	15,51
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,43	0,29
S.L.D.	50,0	0,59	2,56	0,32
S.L.V.	475,0	1,74	2,51	0,42
S.L.C.	975,0	2,39	2,46	0,43

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,705	0,2	0,0144	0,0072
S.L.D.	0,885	0,2	0,0181	0,009
S.L.V.	2,493	0,24	0,061	0,0305
S.L.C.	3,2032	0,28	0,0915	0,0457

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0144  
 Coefficiente azione sismica verticale 0,0072

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	185,0
2	100,0	190,0
3	190,0	195,0
4	260,0	200,0
5	325,0	205,0
6	385,0	210,0
7	435,0	215,0
8	480,0	220,0
9	520,0	225,0
10	560,0	230,0
11	600,0	235,0
12	640,0	240,0
13	670,0	245,0
14	705,0	250,0
15	750,0	255,0
16	800,0	260,0

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	0,0	185,0
2	100,0	190,0
3	190,0	195,0
4	260,0	200,0
5	325,0	205,0
6	385,0	210,0
7	435,0	215,0
8	480,0	220,0
9	520,0	225,0
10	560,0	230,0
11	600,0	235,0
12	640,0	240,0
13	670,0	245,0
14	705,0	250,0
15	707,41	250,27
16	800,0	248,21

**Stratigrafia**

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	28	1900	2100	0,00	ghiaia debolmente sabbiosa
2	0,06	20	2100	2300	0,00	argilla debolmente sabbiosa

**Carichi distribuiti**

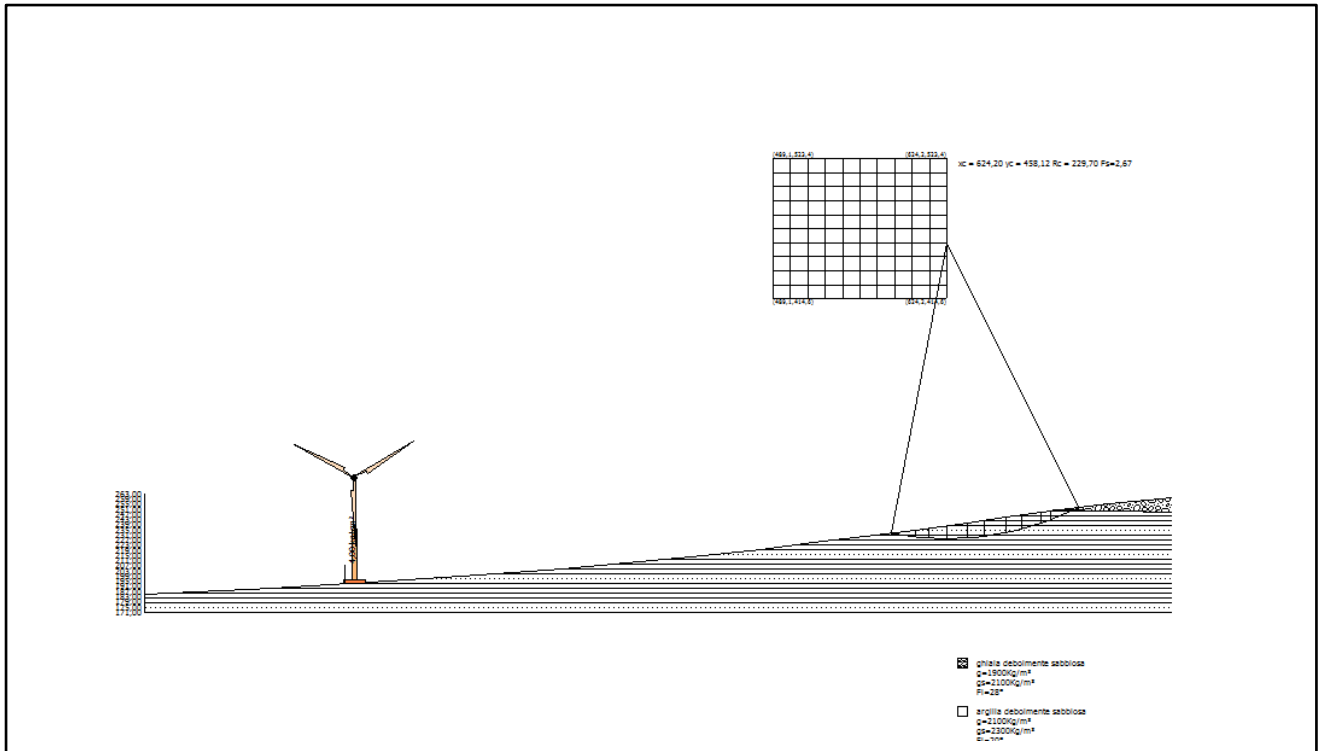
N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	156,1	193,33	156,1	193,33	4

**Risultati analisi pendio**

Fs minimo individuato	2,67
Ascissa centro superficie	624,2 m
Ordinata centro superficie	458,12 m
Raggio superficie	229,7 m

**Analisi dei conci. Superficie...xc = 624,202 yc = 458,119 Rc = 229,701 Fs=2,6695**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	19,34	-8,5	19,55	116226,4	1673,66	836,83	0,06	20,0	0,0	-334000,7	-41191,9
2	9,8	-4,8	9,83	131263,9	1890,2	945,1	0,06	20,0	0,0	-107535,9	-12460,1
3	14,57	-1,8	14,57	263255,8	3790,88	1895,44	0,06	20,0	0,0	-117616,4	-12762,1
4	15,64	2,0	15,65	343691,8	4949,16	2474,58	0,06	20,0	0,0	190314,9	29462,6
5	13,5	5,6	13,56	328662,8	4732,74	2366,37	0,06	20,0	0,0	442255,9	63331,0
6	16,5	9,4	16,73	419977,4	6047,68	3023,84	0,06	20,0	0,0	1158888,0	161714,2
7	12,63	13,1	12,97	304825,4	4389,49	2194,74	0,06	20,0	0,0	904338,2	126137,3
8	14,57	16,6	15,2	300608,1	4328,76	2164,38	0,06	20,0	0,0	1318056,0	182979,8
9	7,8	19,6	8,28	127370,9	1834,14	917,07	0,06	20,0	0,0	356022,0	50294,9
10	21,33	23,5	23,26	164261,7	2365,37	1182,68	0,06	20,0	0,0	1534152,0	213962,5



Sez. A' \_\_\_\_\_ A Pendio gravato dalle opere in progetto  $F_s = 2.67 > 1.3$  STABILE

### PENDIO NATURALE A9

#### Analisi di stabilità dei pendii con BELL

Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
<b>Superficie di forma circolare</b>	

#### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	373,53 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	412,55 m
Ascissa vertice destro superiore xs	503,68 m
Ordinata vertice destro superiore ys	533,22 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Descrizione:	S1
Latitudine:	41,25
Longitudine:	15,51
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,471	2,43	0,29
S.L.D.	50,0	0,59	2,56	0,32
S.L.V.	475,0	1,738	2,51	0,42
S.L.C.	975,0	2,392	2,45	0,43

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,7065	0,2	0,0144	0,0072
S.L.D.	0,885	0,2	0,0181	0,009
S.L.V.	2,4907	0,24	0,061	0,0305
S.L.C.	3,2087	0,28	0,0916	0,0458

---

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0916
Coefficiente azione sismica verticale	0,0458

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	190,0
2	60,0	195,0
3	105,0	200,0
4	150,0	205,0
5	190,0	210,0
6	230,0	215,0
7	270,0	220,0
8	320,0	225,0
9	370,0	230,0
10	425,0	235,0
11	475,0	240,0
12	520,0	245,0
13	560,0	250,0
14	600,0	255,0
15	635,0	260,0
16	685,0	265,0
17	735,0	267,0

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	0,0	190,0
2	60,0	195,0
3	105,0	200,0
4	150,0	205,0
5	190,0	210,0
6	230,0	215,0
7	270,0	220,0
8	320,0	225,0
9	370,0	230,0
10	425,0	235,0
11	475,0	240,0
12	520,0	245,0
13	560,0	250,0
14	575,04	251,88
15	735,0	250,16

**Stratigrafia**

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0	28	1900	2100	0,00		ghiaia debolmente sabbiosa
2	0,06	20	2100	2300	0,00		argilla debolmente sabbiosa

**Carichi distribuiti**

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	151,7	205,38	151,7	205,38	0

**Risultati analisi pendio**


---



---

Fs minimo individuato	1,83
Ascissa centro superficie	503,68 m
Ordinata centro superficie	533,22 m
Raggio superficie	306,22 m

---



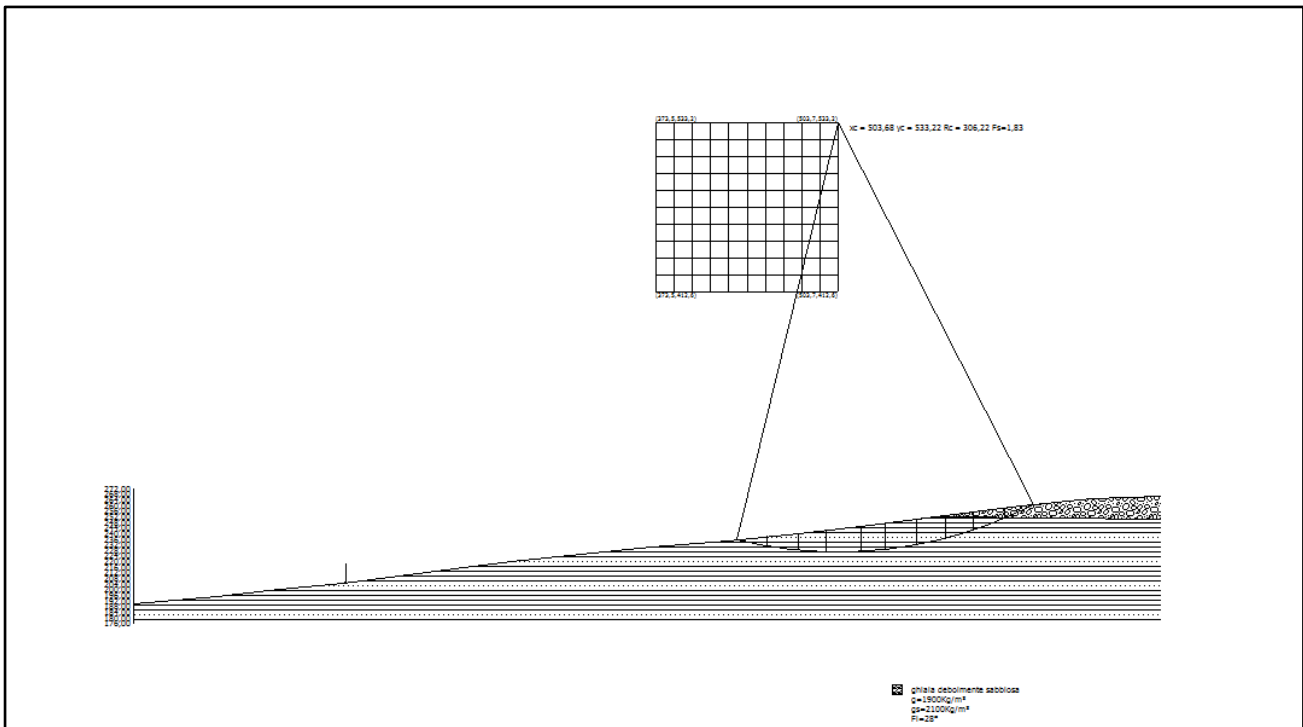
---



B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

**Analisi dei concii. Superficie...xc = 503,675 yc = 533,215 Rc = 306,22 Fs=1,8335**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	21,22	-11,6	21,67	153291,6	14041,51	7020,76	0,06	20,0	0,0	-621441,9	-116419,0
2	22,36	-7,5	22,55	435794,1	39918,74	19959,37	0,06	20,0	0,0	-1204243,0	-231742,6
3	20,09	-3,5	20,13	571905,3	52386,53	26193,26	0,06	20,0	0,0	-655883,1	-123626,3
4	24,91	0,7	24,91	868086,9	79516,77	39758,38	0,06	20,0	0,0	272910,7	62327,3
5	17,54	4,7	17,6	665695,8	60977,73	30488,87	0,06	20,0	0,0	922360,5	188841,5
6	22,46	8,5	22,71	861301,2	78895,19	39447,59	0,06	20,0	0,0	2753095,0	553875,9
7	19,99	12,5	20,48	713091,4	65319,17	32659,59	0,06	20,0	0,0	3019489,0	605951,3
8	20,01	16,4	20,86	594273,8	54435,48	27217,74	0,06	20,0	0,0	3333942,0	668380,6
9	22,44	20,6	23,97	453076,3	41501,79	20750,89	0,06	20,0	0,0	3638513,0	729637,2
10	21,22	25,0	23,42	163464,2	14973,32	7486,66	0,0	28,0	0,0	1542754,0	447399,3



**Sez. B' \_\_\_\_\_ B pendio naturale Fs = 1.83 > 1.3 STABILE**

## PENDIO GRAVATO DAI CARICHI DI PROGETTO A9

### Analisi di stabilità dei pendii con BELL

---

---

Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0

---

---

**Superficie di forma circolare**

---

---

### Maglia dei Centri

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	373,53 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	412,55 m
Ascissa vertice destro superiore xs	503,68 m
Ordinata vertice destro superiore ys	533,22 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

---

---

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Descrizione:	S1
Latitudine:	41,25
Longitudine:	15,51
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,471	2,43	0,29
S.L.D.	50,0	0,59	2,56	0,32
S.L.V.	475,0	1,738	2,51	0,42
S.L.C.	975,0	2,392	2,45	0,43

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,7065	0,2	0,0144	0,0072
S.L.D.	0,885	0,2	0,0181	0,009
S.L.V.	2,4907	0,24	0,061	0,0305
S.L.C.	3,2087	0,28	0,0916	0,0458

---

---

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0916
Coefficiente azione sismica verticale	0,0458

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	190,0
2	60,0	195,0
3	105,0	200,0
4	150,0	205,0
5	190,0	210,0
6	230,0	215,0
7	270,0	220,0
8	320,0	225,0
9	370,0	230,0
10	425,0	235,0
11	475,0	240,0
12	520,0	245,0
13	560,0	250,0
14	600,0	255,0
15	635,0	260,0
16	685,0	265,0
17	735,0	267,0

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	0,0	190,0
2	60,0	195,0
3	105,0	200,0
4	150,0	205,0
5	190,0	210,0
6	230,0	215,0
7	270,0	220,0
8	320,0	225,0
9	370,0	230,0
10	425,0	235,0
11	475,0	240,0
12	520,0	245,0
13	560,0	250,0
14	575,04	251,88
15	735,0	250,16

**Stratigrafia**

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	28	1900	2100	0,00	ghiaia debolmente sabbiosa
2	0,06	20	2100	2300	0,00	argilla debolmente sabbiosa

**Carichi distribuiti**

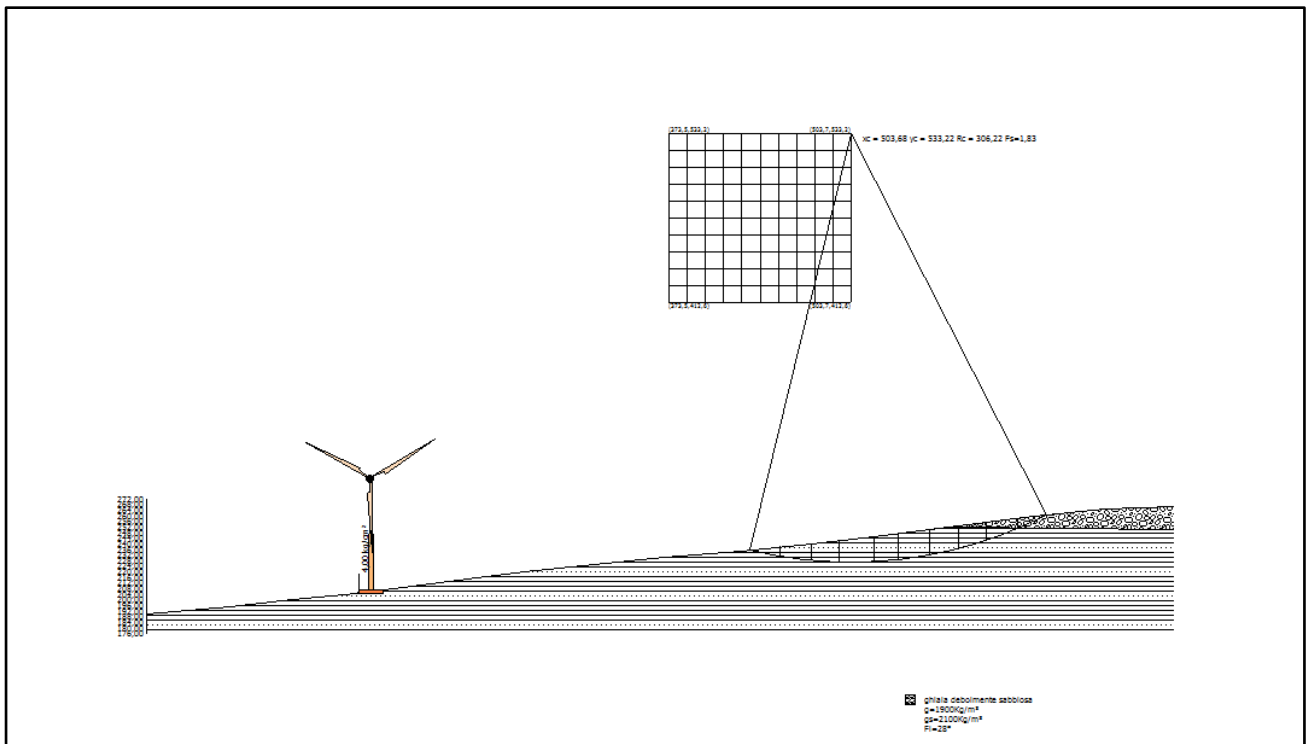
N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	151,7	205,38	151,7	205,38	4

## Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,83
Ascissa centro superficie	503,68 m
Ordinata centro superficie	533,22 m
Raggio superficie	306,22 m

### Analisi dei conci. Superficie...xc = 503,675 yc = 533,215 Rc = 306,22 Fs=1,8335

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	21,22	-11,6	21,67	153291,6	14041,51	7020,76	0,06	20,0	0,0	-621441,9	-116419,0
2	22,36	-7,5	22,55	435794,1	39918,74	19959,37	0,06	20,0	0,0	-1204243,0	-231742,6
3	20,09	-3,5	20,13	571905,3	52386,53	26193,26	0,06	20,0	0,0	-655883,1	-123626,3
4	24,91	0,7	24,91	868086,9	79516,77	39758,38	0,06	20,0	0,0	272910,7	62327,3
5	17,54	4,7	17,6	665695,8	60977,73	30488,87	0,06	20,0	0,0	922360,5	188841,5
6	22,46	8,5	22,71	861301,2	78895,19	39447,59	0,06	20,0	0,0	2753095,0	553875,9
7	19,99	12,5	20,48	713091,4	65319,17	32659,59	0,06	20,0	0,0	3019489,0	605951,3
8	20,01	16,4	20,86	594273,8	54435,48	27217,74	0,06	20,0	0,0	3333942,0	668380,6
9	22,44	20,6	23,97	453076,3	41501,79	20750,89	0,06	20,0	0,0	3638513,0	729637,2
10	21,22	25,0	23,42	163464,2	14973,32	7486,66	0,0	28,0	0,0	1542754,0	447399,3



## **PENDIO NATURALE A1**

### **Analisi di stabilità dei pendii con BELL**

---

---

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0

---

---

**Superficie di forma circolare**

---

---

### **Maglia dei Centri**

---

---

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	290,08 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	330,27 m
Ascissa vertice destro superiore xs	352,82 m
Ordinata vertice destro superiore ys	396,77 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

---

---

### **Coefficienti sismici [N.T.C.]**

#### **Dati generali**

Descrizione:	S1
Latitudine:	41,2457
Longitudine:	15,5116
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

#### **Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,471	2,43	0,29
S.L.D.	50,0	0,59	2,56	0,32
S.L.V.	475,0	1,738	2,51	0,42
S.L.C.	975,0	2,392	2,46	0,43

#### **Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,5652	0,2	0,0115	0,0058
S.L.D.	0,708	0,2	0,0144	0,0072
S.L.V.	2,0856	0,24	0,051	0,0255
S.L.C.	2,7746	0,28	0,0792	0,0396

---

---

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0792
Coefficiente azione sismica verticale	0,0396

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	217,0
2	65,0	220,0
3	190,0	225,0
4	240,0	230,0
5	275,0	235,0
6	305,0	240,0
7	340,0	245,0
8	380,0	250,0
9	420,0	255,0
10	465,0	260,0
11	500,0	265,0
12	535,0	270,0

**Stratigrafia**

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia
1	0,06	20	2100	2300	0,00	argilla debolmente sabbiosa

**Carichi distribuiti**

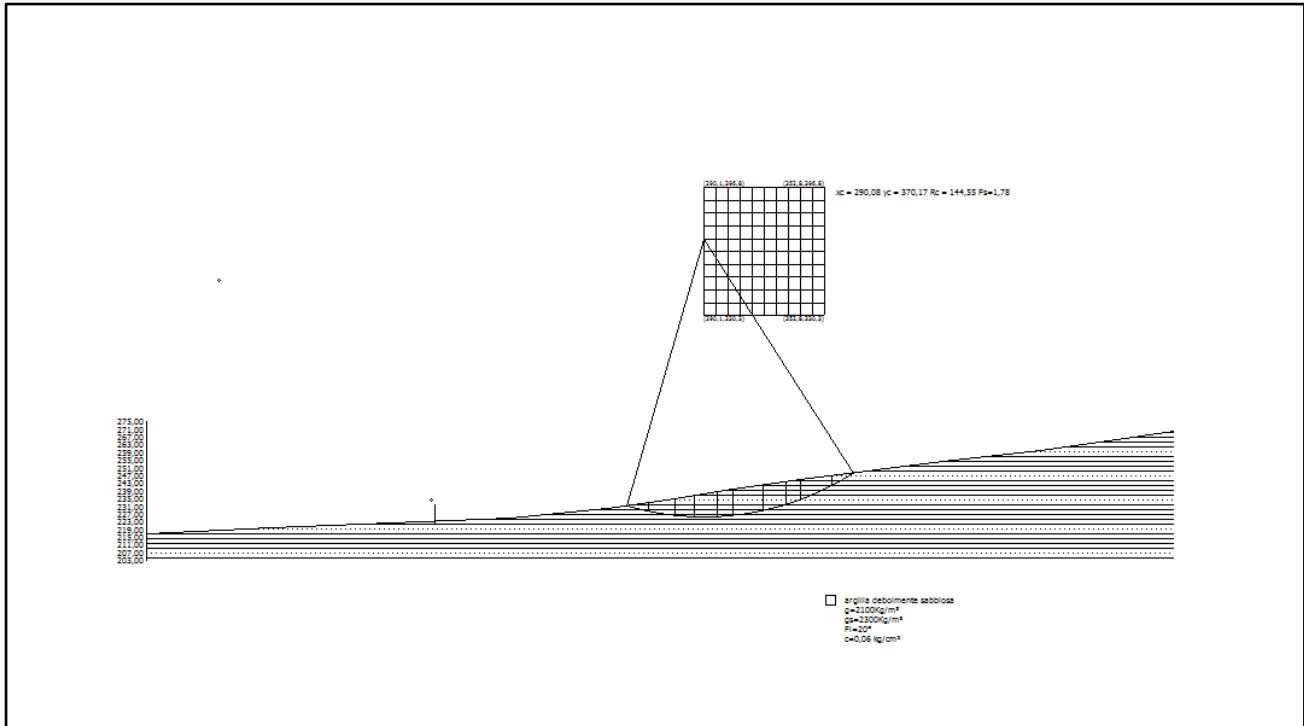
N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	150,19	222,37	150,19	222,37	0

**Risultati analisi pendio**

Fs minimo individuato	1,78
Ascissa centro superficie	290,08 m
Ordinata centro superficie	370,17 m
Raggio superficie	144,55 m

**Analisi dei conchi. Superficie...xc = 290,084 yc = 370,169 Rc = 144,554 Fs=1,7786**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	11,85	-13,8	12,2	60638,96	4802,61	2401,3	0,06	20,0	0,0	-165256,2	-29819,2
2	13,48	-8,7	13,64	191565,3	15171,98	7585,99	0,06	20,0	0,0	-377091,0	-72616,7
3	10,22	-4,0	10,24	212249,6	16810,17	8405,09	0,06	20,0	0,0	-141551,6	-25519,6
4	11,85	0,4	11,85	300434,9	23794,44	11897,22	0,06	20,0	0,0	29468,6	10028,0
5	7,93	4,3	7,95	221689,3	17557,79	8778,9	0,06	20,0	0,0	132085,6	29704,9
6	15,77	9,1	15,97	453778,5	35939,26	17969,63	0,06	20,0	0,0	1114875,0	233460,6
7	11,85	14,7	12,25	317848,4	25173,59	12586,8	0,06	20,0	0,0	960134,9	200473,6
8	7,38	18,7	7,79	174610,5	13829,15	6914,58	0,06	20,0	0,0	423268,2	89104,2
9	16,32	23,7	17,83	281960,1	22331,24	11165,62	0,06	20,0	0,0	1965370,0	407687,1
10	11,85	30,0	13,68	71306,72	5647,49	2823,75	0,06	20,0	0,0	473493,2	100890,4



Sez. C' \_\_\_\_\_ C pendio naturale  $F_s = 1.78 > 1.3$  STABILE

**PENDIO GRAVATO DAI CARICHI DI PROGETTO A1**

**Analisi di stabilità dei pendii con BELL**

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0

**Superficie di forma circolare**

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	290,08 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	330,27 m
Ascissa vertice destro superiore xs	352,82 m
Ordinata vertice destro superiore ys	396,77 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]**

**Dati generali**

Descrizione:	S1
Latitudine:	41,2457
Longitudine:	15,5116
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:

B

Categoria topografica:

T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,471	2,43	0,29
S.L.D.	50,0	0,59	2,56	0,32
S.L.V.	475,0	1,738	2,51	0,42
S.L.C.	975,0	2,392	2,46	0,43

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera:

Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,5652	0,2	0,0115	0,0058
S.L.D.	0,708	0,2	0,0144	0,0072
S.L.V.	2,0856	0,24	0,051	0,0255
S.L.C.	2,7746	0,28	0,0792	0,0396

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,0792

Coefficiente azione sismica verticale

0,0396

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	217,0
2	65,0	220,0
3	190,0	225,0
4	240,0	230,0
5	275,0	235,0
6	305,0	240,0
7	340,0	245,0
8	380,0	250,0
9	420,0	255,0
10	465,0	260,0
11	500,0	265,0
12	535,0	270,0

**Stratigrafia**

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia
1	0,06	20	2100	2300	0,00	argilla debolmente sabbiosa

**Carichi distribuiti**

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	150,19	222,37	150,19	222,37	4



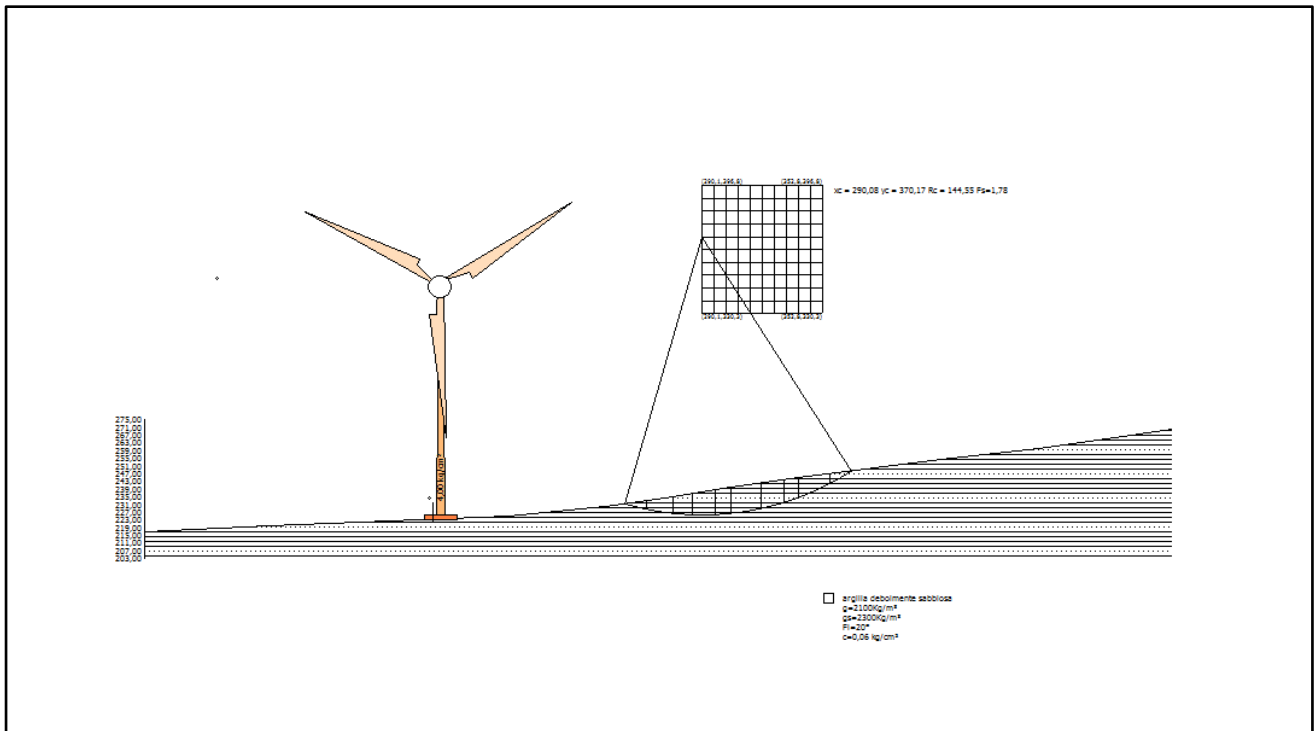
## Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,78
Ascissa centro superficie	290,08 m
Ordinata centro superficie	370,17 m
Raggio superficie	144,55 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

### Analisi dei conci. Superficie...xc = 290,084 yc = 370,169 Rc = 144,554 Fs=1,7786

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	11,85	-13,8	12,2	60638,96	4802,61	2401,3	0,06	20,0	0,0	-165256,2	-29819,2
2	13,48	-8,7	13,64	191565,3	15171,98	7585,99	0,06	20,0	0,0	-377091,0	-72616,7
3	10,22	-4,0	10,24	212249,6	16810,17	8405,09	0,06	20,0	0,0	-141551,6	-25519,6
4	11,85	0,4	11,85	300434,9	23794,44	11897,22	0,06	20,0	0,0	29468,6	10028,0
5	7,93	4,3	7,95	221689,3	17557,79	8778,9	0,06	20,0	0,0	132085,6	29704,9
6	15,77	9,1	15,97	453778,5	35939,26	17969,63	0,06	20,0	0,0	1114875,0	233460,6
7	11,85	14,7	12,25	317848,4	25173,59	12586,8	0,06	20,0	0,0	960134,9	200473,6
8	7,38	18,7	7,79	174610,5	13829,15	6914,58	0,06	20,0	0,0	423268,2	89104,2
9	16,32	23,7	17,83	281960,1	22331,24	11165,62	0,06	20,0	0,0	1965370,0	407687,1
10	11,85	30,0	13,68	71306,72	5647,49	2823,75	0,06	20,0	0,0	473493,2	100890,4



Sez. C' \_\_\_\_\_ C pendio gravato dai carichi di progetto Fs 1.78 > 1.3 STABILE





## **ALLEGATI**

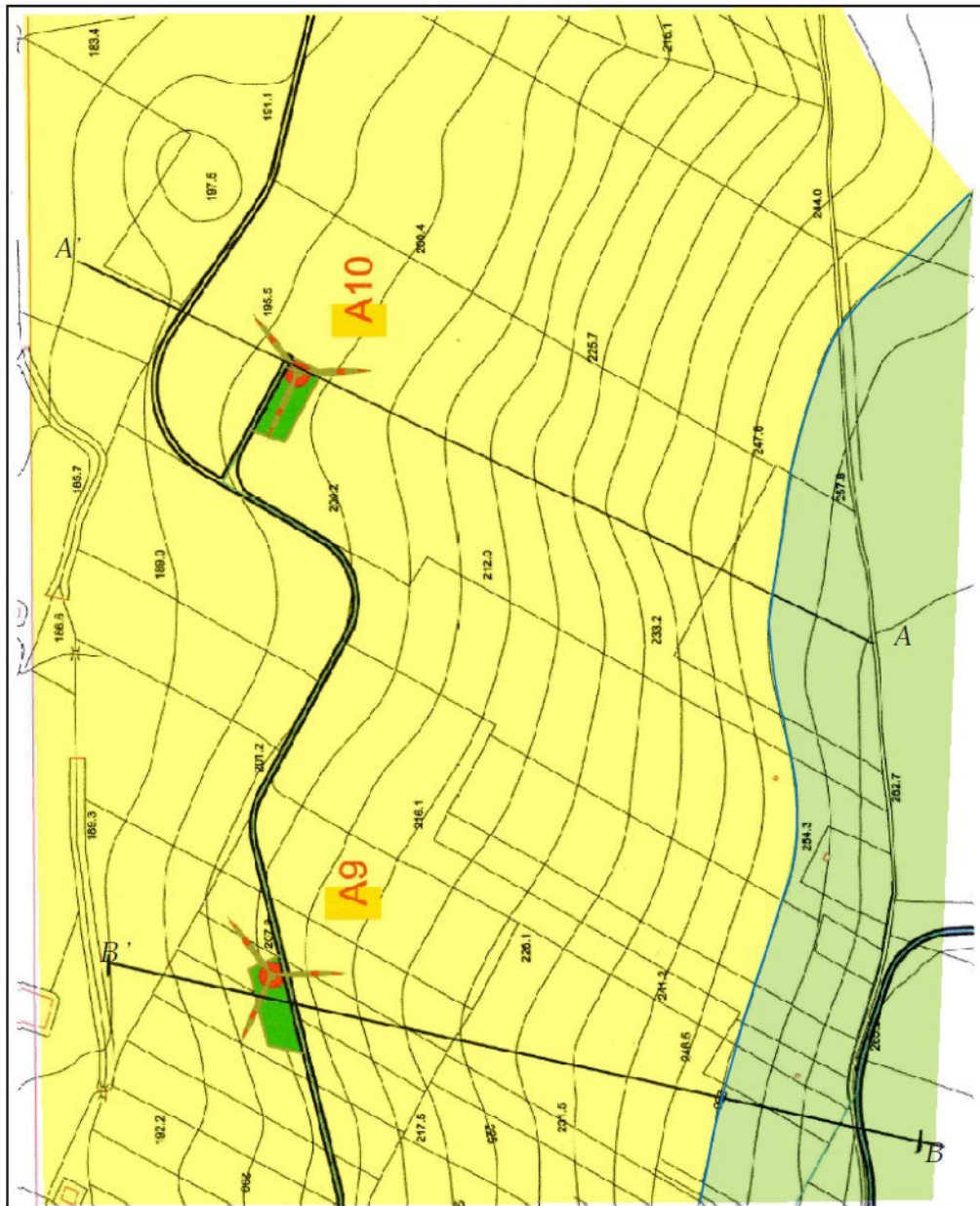
**Carta Geolitologica in scala 1:5000**

**Indagini indirette di tipo MASW- ReMi**


PARCO EOLICO SAN POTTO  
ASCOLI SATRIANO


CARTA GEOLITOLOGICA  
scala 1:5000

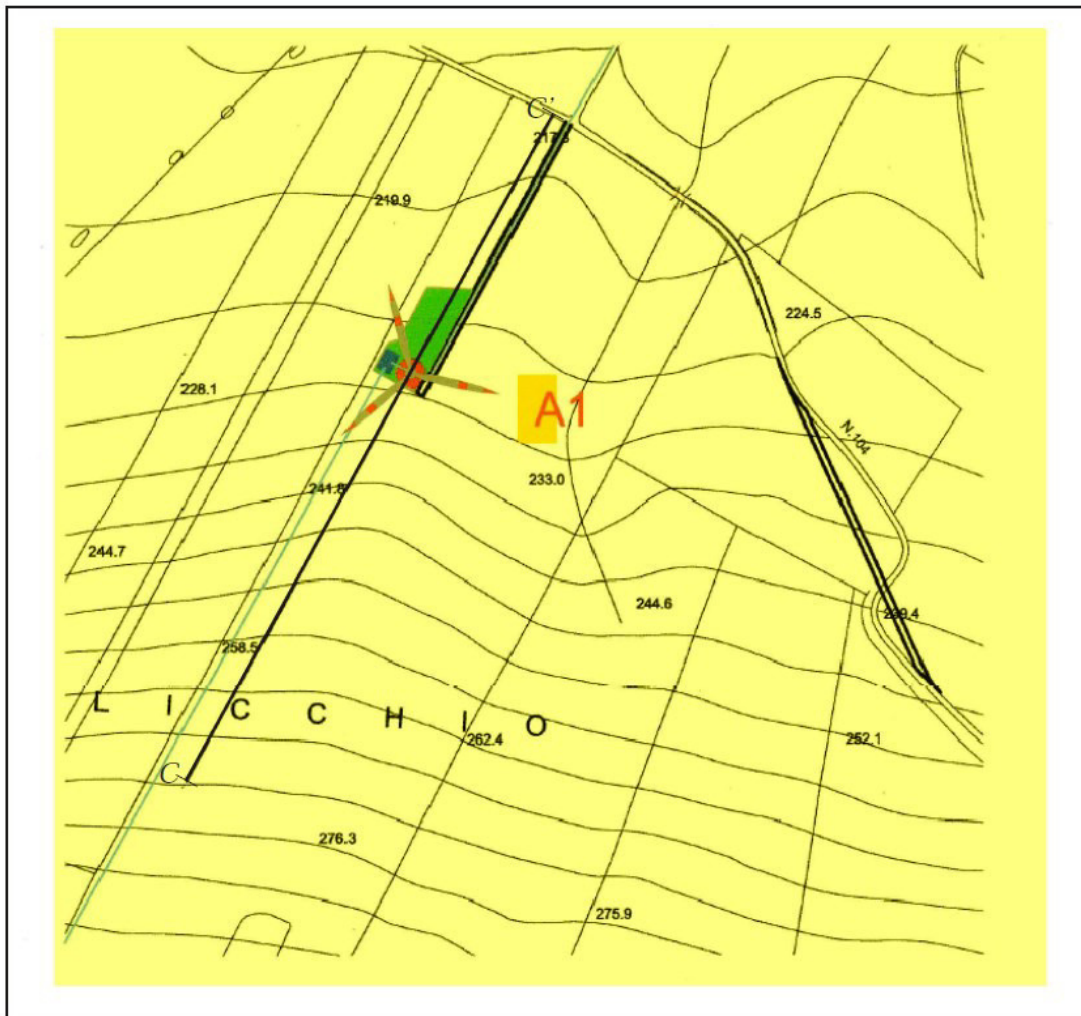
-  *Subsistema di Monte Livagni: conglomerati poligenici poco selezionati ma ben cementati. (Pleistocene Medio)*
-  *Argille Subappennine: Silt argillosi e marne siltose grigie a stratificazione poco evidente. (Calabriano)*
-  *Contatto litologico*
-  *Traccia di sezione di verifica di stabilità pendio*



PARCO EOLICO SAN POTITO  
ASCOLI SATTRIANO  
CARTA GEOLITOLOGICA  
Scala 1 : 5000

 Argille Subappennine: Silt argillosi e mame siltose grigie a stratificazione poco evidente. ( CALABRIANO )

 Traccia di sezione di verifica di stabilità pendio



**laboratorio**  
**geoTecnico** terre - rocce - aggregati - prove cicliche e dinamiche -  
**Ge** prove geotecniche in sito - geochimica ambientale -  
**St** prospezioni geofisiche - prove non distruttive - misura del Radon  
Via Lucca 55 A-B MELFI (PZ) - tel/fax 0972.238231 -  
E-MAIL: geotest@tiscali.it - http://www.geotest.it - C.Fisc. e P.IVA 01073440768 - C.C.I.A.A. 77714  
**r.o.s. di Carbone Andrea & C.**

 **LABORATORIO UFFICIALE**  
Art. 59 D.P.R. 380/2001  
Circolare 7618/STC  
Settori "A" e "B"  
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici



**Certitalia**  
Sistemi di Gestione Certificati  
UNI EN ISO 9001:2008

Geotest S.a.s. - Melfi (PZ) - Italy has been resulted in compliance with the standard  
**UNI EN ISO 9001:2008** for the following field of activities: Provision of geotechnical tests -  
Classification EA (European co-operation for Accreditation): 35

## INDAGINI SISMICHE **MASW-REMI**

**COMMITTENTE : Winderg srl**

**PROGETTO : Impianto eolico "San Potito" - Ascoli Satriano (FG)**

*Melfi, marzo 2019*

IL DIRETTORE TECNICO  
**DOTT. GEOL. TUCCI CLEMENTE MARCO**



**INDICE**

<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2. INDAGINE GEOFISICA MASW-REMI: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</b>	<b>4</b>
<b>3. ELABORAZIONE DATI</b>	<b>6</b>
<b>4. CALCOLO DELLE <math>VS_{eq}</math></b>	<b>8</b>
<b>5. ALLEGATI MASW-REMI</b>	<b>12</b>

## 1. PREMESSA

Nel mese di marzo 2019 per il progetto: **Impianto eolico "San Potito" - Ascoli Satriano (FG)**, è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche. Tale campagna è consistita nelle seguenti prospezioni:

- N°3 stendimenti di sismica MASW-ReMI per la determinazione della  $V_{seq}$  e della **categoria di suolo di fondazione** dei terreni ai sensi del D.M. 17.01.2018



## 2. INDAGINE GEOFISICA MASW-ReMi: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh. Il metodo di indagine MASW si distingue in "attivo" e "passivo" (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006):

1) Nel "**metodo attivo**" le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

2) Nel "**metodo passivo**" lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche "microtremori") prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso essenzialmente tra 10 e 60-70 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo, il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione essenzialmente nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni per lo più sugli strati più profondi. La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 35-40 m di profondità (sempre in funzione della rigidità degli strati).

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 2.0 m. Per ottenere una buona risoluzione in



termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza di 4 e 6 m dal primo geofono.

Terminata l'indagine attiva, con la stessa configurazione geometrica si è passati alla registrazione dei microtremori (MASW passiva - REMI) registrazioni di rumore, ciascuna della lunghezza di 32 s. Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva e passiva:

<b>n°</b>	<b>STRUMENTAZIONE</b>	<b>CARATTERISTICHE</b>
1	Unità di acquisizione	sismografo <b>GEOMETRICS "GEODE"</b> a 24 bit
24	Geofoni verticali	"Geospace" con $f_0 = 4.5$ Hz
1	Cavi sismici	L = 120 m
1	Sorgente	Mazza battente su piattello metallico

<b>Riassunto modalità esecutiva della prova MASW ATTIVA</b>	
Spaziatura tra i geofoni	2,0 m
Distanza sorgente 1° geofono	4 e 6 m
Tempo di campionamento	0,5 ms
Tempo di registrazione	4,1 ms

<b>Riassunto modalità esecutiva della prova MASW PASSIVA-REMI</b>	
Spaziatura tra i geofoni	3,0 m
Tempo di campionamento	2 ms
Tempo di registrazione	32 ms

### 3. ELABORAZIONE DATI

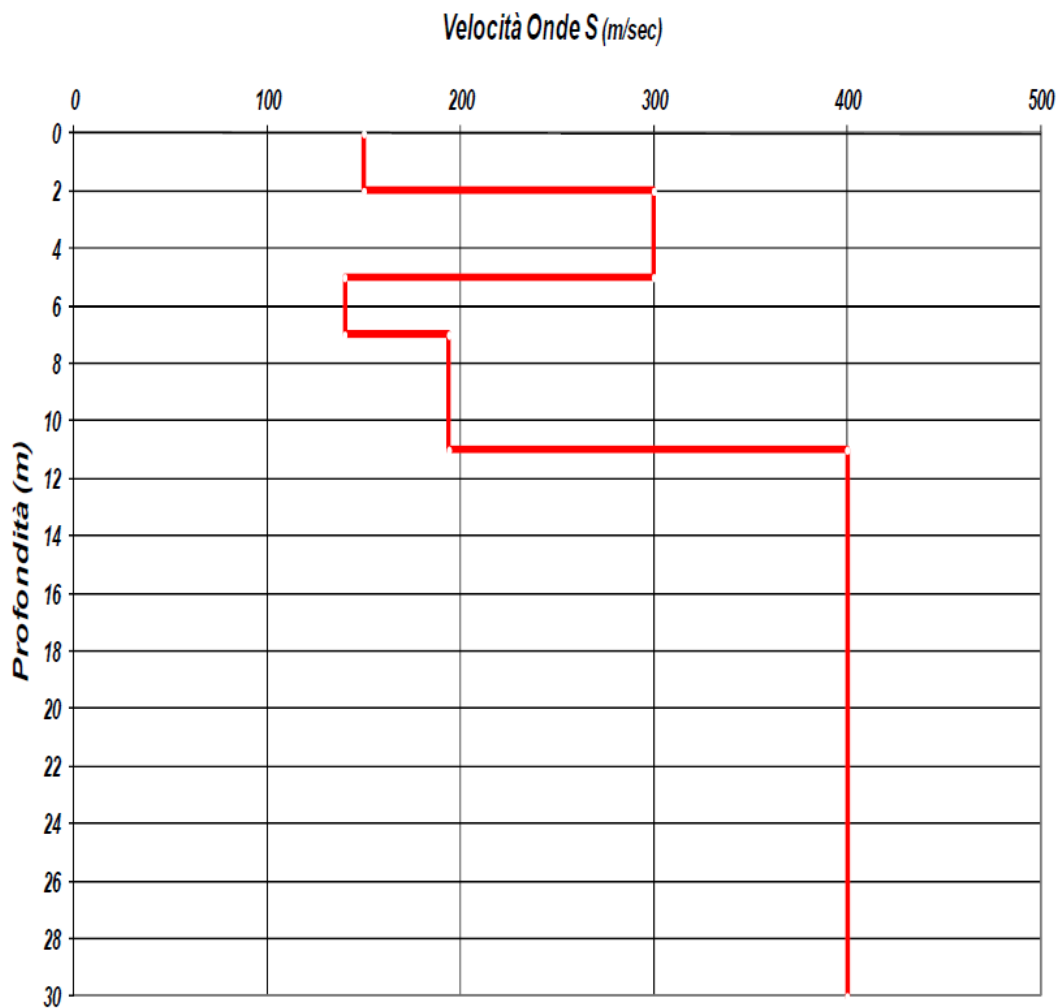
I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (MASW 2007). Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo. L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "*phase velocity-frequency (c-f)*" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. Gli spettri bidimensionali ottenuti dalle registrazioni con il metodo attivo e con quello passivo, elaborati in fasi separate, vengono successivamente combinati in modo da ottenere uno spettro unico. In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple). Inoltre, la combinazione dei due metodi MASW consente di individuare il "modo fondamentale" delle onde di superficie nel campo di frequenze compreso tra i 4 e i 60-70 Hz e di ottenere informazioni sia "superficiali" che "profonde". Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali.

L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio  $V_s$  in funzione della profondità. Dall'inversione della curva di dispersione si ottengono i seguenti modelli medi di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativi dell'area investigata.

**MASW-ReMi N. 1**

Modello monodimensionale			
strato	spessore (m)	Vs (m/s)	Profondità (m)
1	2,00	150,00	2,00
2	3,00	300,00	5,00
3	2,00	140,00	7,00
4	4,00	194,00	11,00
5	19,00	400,00	30,00

Tabella 1: modello sismico monodimensionale

**Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion**

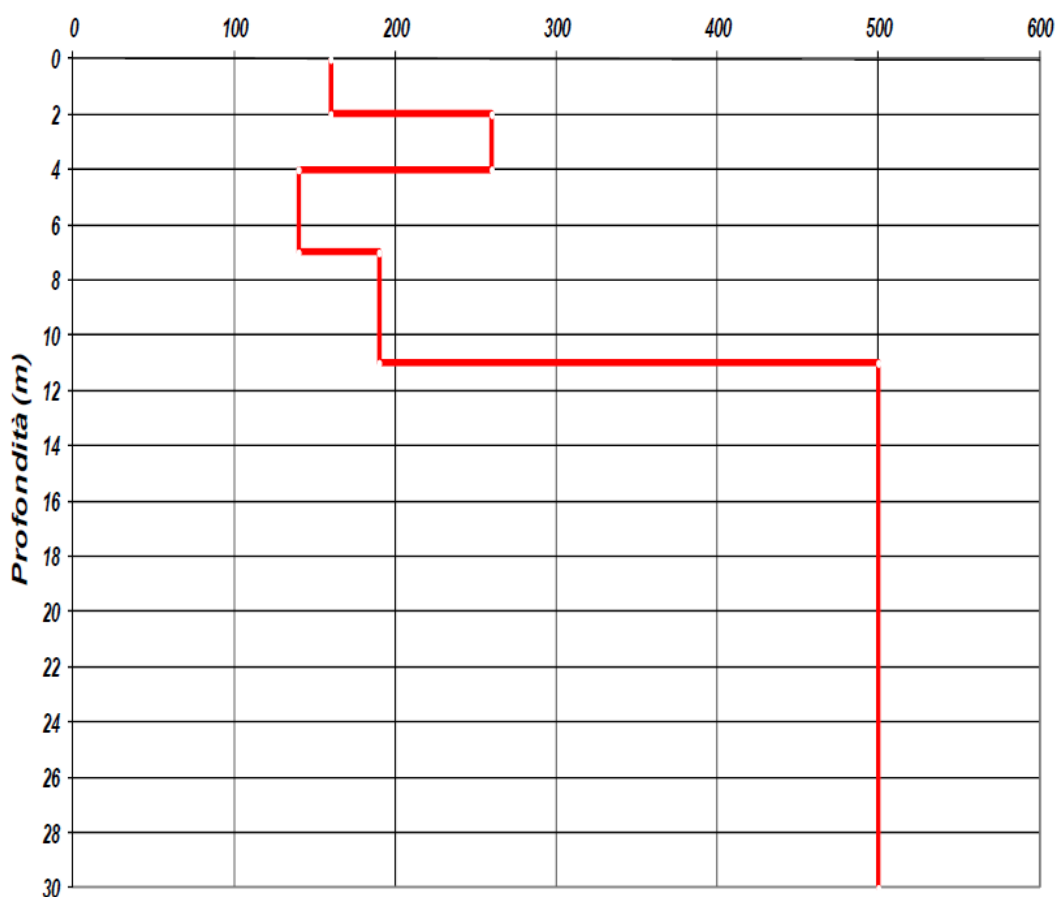
**MASW-ReMi N. 2**

Modello monodimensionale			
strato	spessore (m)	Vs (m/s)	Profondità (m)
1	2,00	160,00	2,00
2	2,00	260,00	4,00
3	3,00	140,00	7,00
4	4,00	190,00	11,00
5	19,00	500,00	30,00

Tabella 2: modello sismico monodimensionale

**Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion**

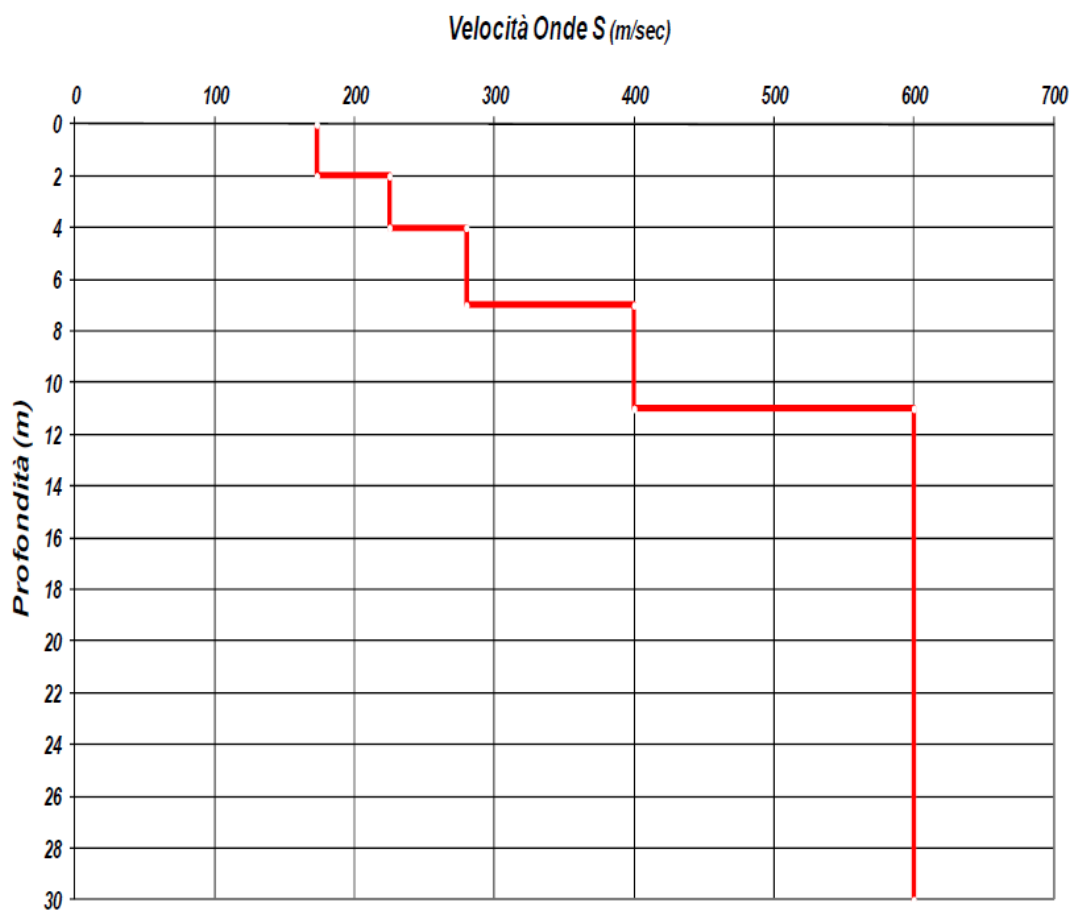
Velocità Onde S (m/sec)



**MASW-ReMi N. 3**

Modello monodimensionale			
strato	spessore (m)	Vs (m/s)	Profondità (m)
1	2,00	173,00	2,00
2	2,00	225,00	4,00
3	3,00	280,00	7,00
4	4,00	400,00	11,00
5	19,00	600,00	30,00

Tabella 3: modello sismico monodimensionale

**Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion**

#### 4. CALCOLO DELLE $V_{s,eq}$

Per il calcolo della  $V_{s,eq}$  si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 17.01.2018 (*"Norme tecniche per le costruzioni"*), considerato che la profondità del substrato è superiore ai 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  nell'espressione delle velocità equivalente:

$$V_{s,eq} = H / \sum (h_i / V_{s_i})$$

$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{s_i})$$

dove  $H_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori. Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = piano campagna attuale):

##### MASW N.1

$$V_{s30} = 283 \text{ m/s}$$

a cui corrisponde la **categoria di suolo di fondazione di tipo C** (si veda la tabella seguente);

##### MASW N.2

$$V_{s30} = 297 \text{ m/s}$$

a cui corrisponde la **categoria di suolo di fondazione di tipo C**.

##### MASW N.3

$$V_{s30} = 416 \text{ m/s}$$

a cui corrisponde la **categoria di suolo di fondazione di tipo B**.

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

**Tabella 4:** categorie di suolo di fondazione (D.M. 17.01.2018)

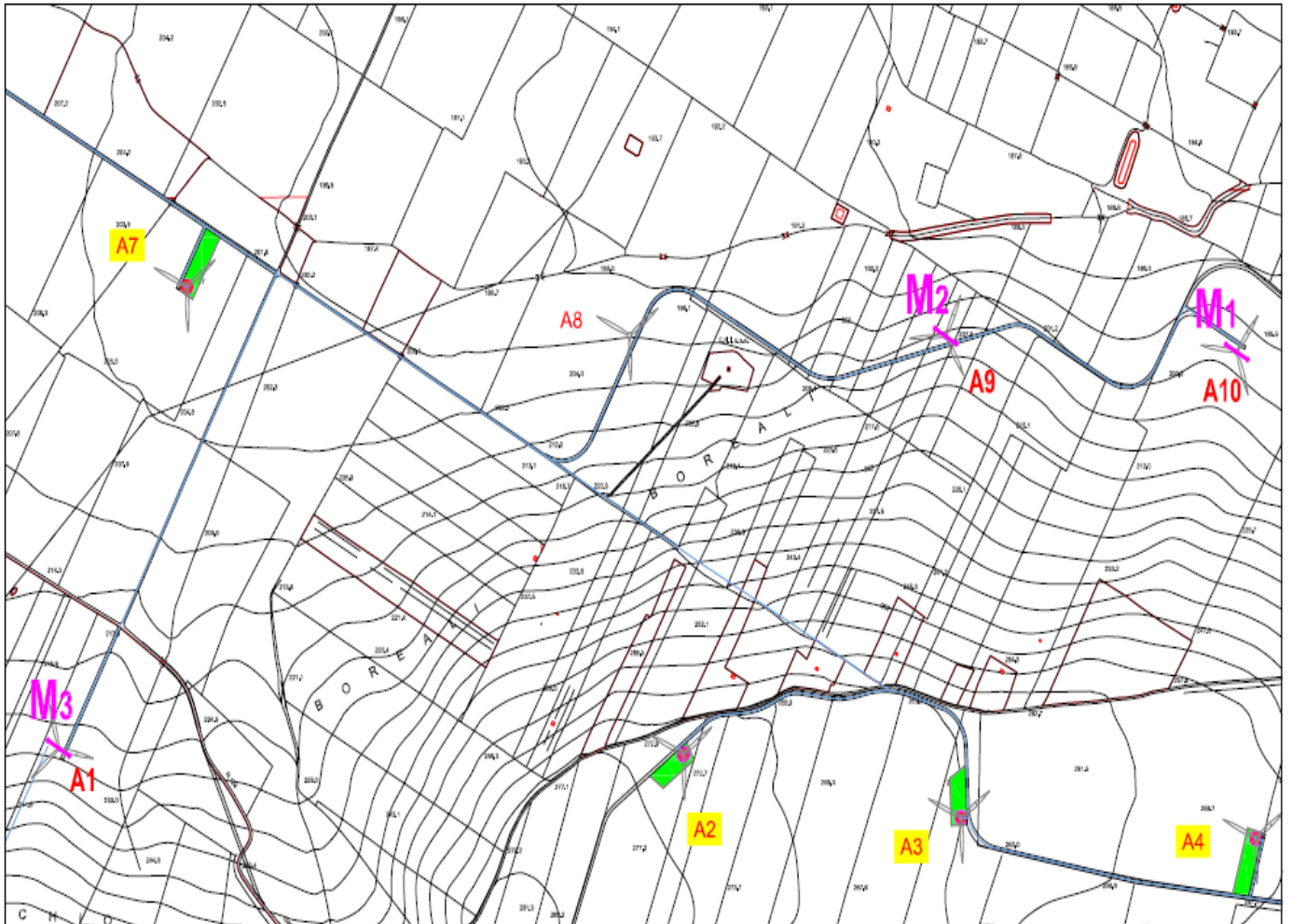
**5. ALLEGATI MASW-ReMi**

**PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI SISMICHE  
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E SISMOGRAMMI  
MASW-REMI**

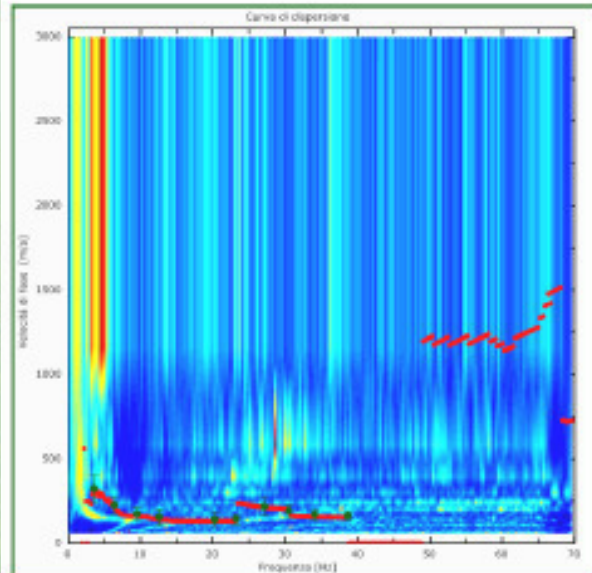


# PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI - *Scala 1 : 6.000*

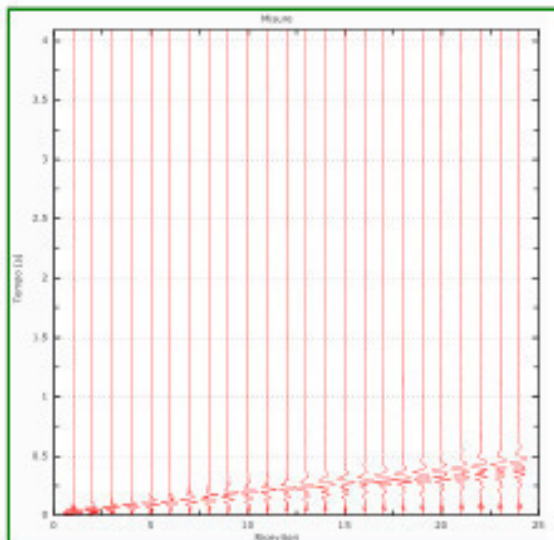
Ubicazione stendimenti sismici Masw-ReMI



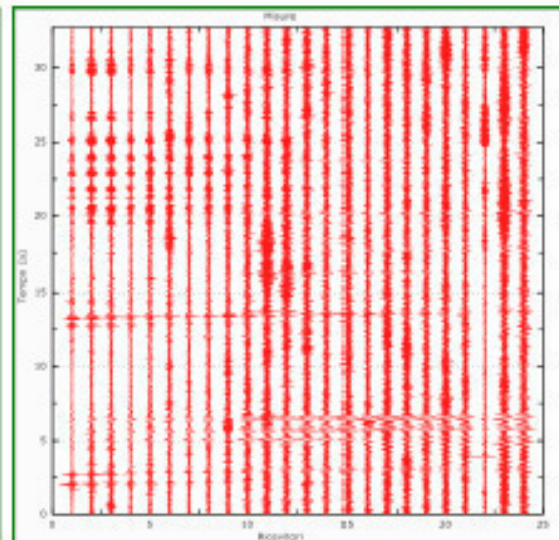
Stendimento MASW-ReMi N. 1



Spettro ReMi con curva di dispersione sperimentale MASW ATTIVA

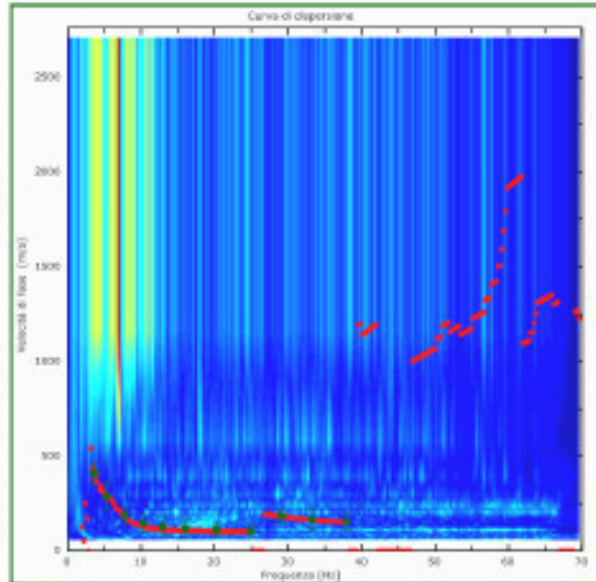


Registrazione MASW ATTIVA

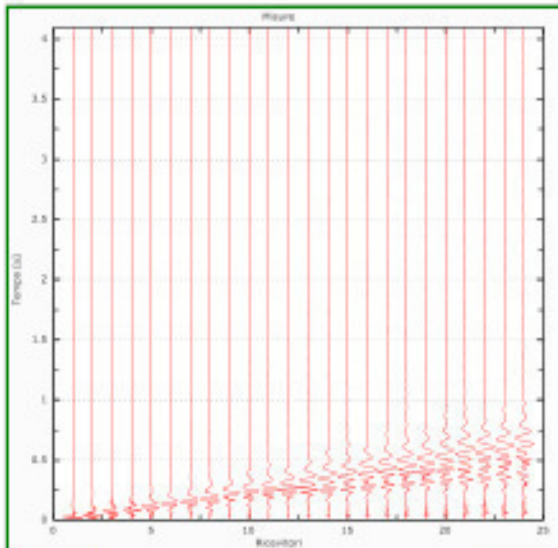


Registrazione ReMi

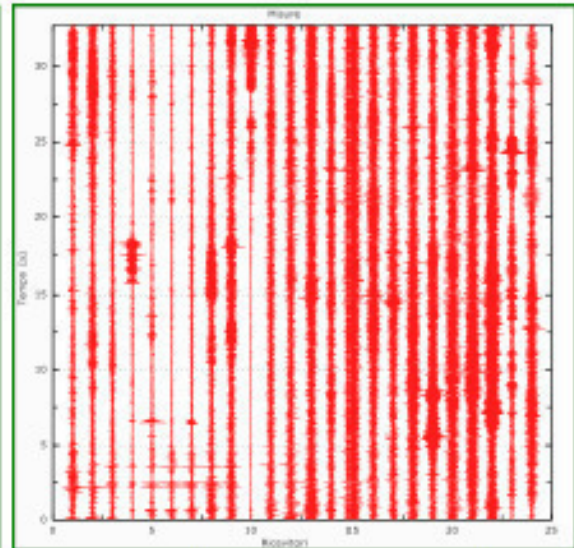
Stendimento MASW-ReMi N. 2



Spettro ReMi con curva di dispersione sperimentale MASW ATTIVA



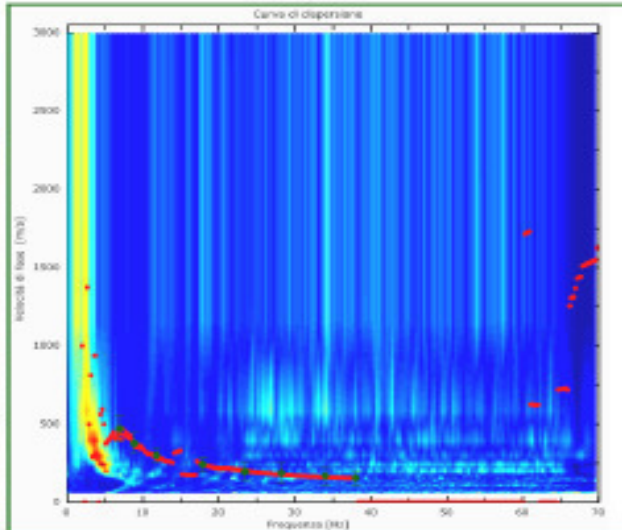
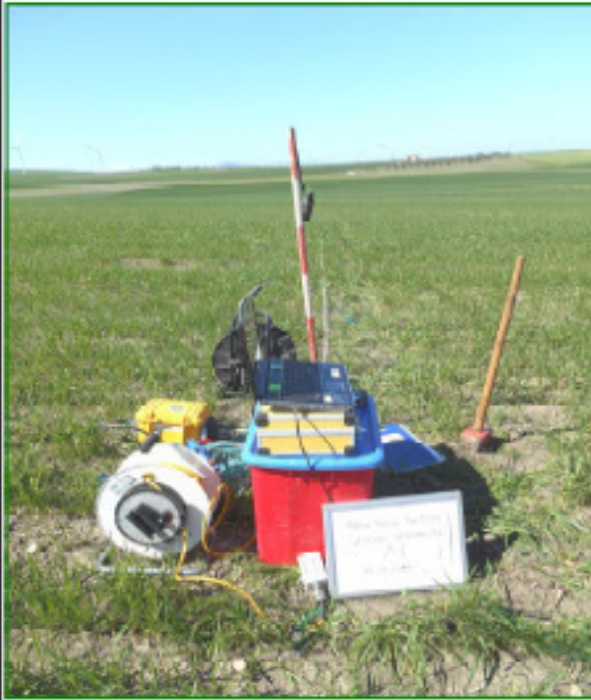
Registrazione MASW ATTIVA



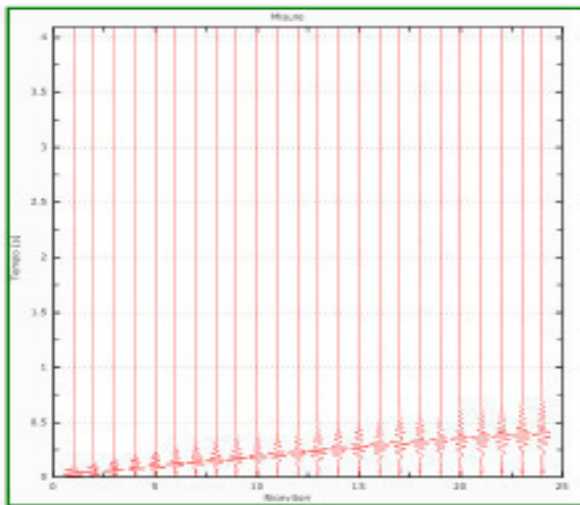
Registrazione ReMi



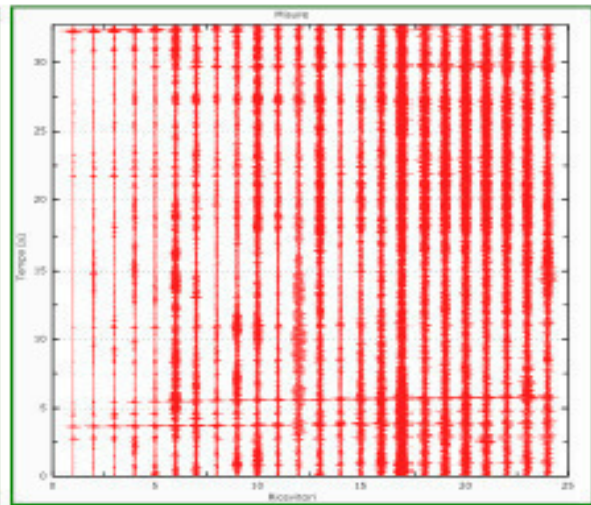
Stendimento MASW-ReMi N. 3



Spettro ReMi con curva di dispersione sperimentale MASW ATTIVA



Registrazione MASW ATTIVA



Registrazione ReMi



*Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale*  
*Sede Puglia*

- 
- Al **Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare**  
**Direzione Generale per le Valutazioni e le Autorizzazioni Ambientali**  
ROMA  
PEC: [DGSalvanguardia.Ambientale@PEC.minambiente.it](mailto:DGSalvanguardia.Ambientale@PEC.minambiente.it)
- Alla **Regione Puglia**  
**Dipartimento Mobilità, Qualità Urbana. Opere Pubbliche, Ecologia e Paesaggio**  
**Sezione Autorizzazioni Ambientali**  
BARI  
PEC: [servizio.ecologia@pec.rupar.puglia.it](mailto:servizio.ecologia@pec.rupar.puglia.it)
- e, p.c. Al **Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo**  
**Direzione Generale Archeologia, Belle Arti e Paesaggio – Sezione V**  
ROMA  
PEC: [mbac-dg-abap.servizio5@mailcert.beniculturali.it](mailto:mbac-dg-abap.servizio5@mailcert.beniculturali.it)
- e, p.c. Alla **Commissione tecnica di verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS**  
ROMA  
PEC: [ctva@PEC.minambiente.it](mailto:ctva@PEC.minambiente.it)
- e, p.c. Alla **Provincia di Foggia**  
**Settore Assetto del Territorio e Ambiente**  
FOGGIA  
PEC: [protocollo@cert.provincia.foggia.it](mailto:protocollo@cert.provincia.foggia.it)
- e, p.c. Alla **Winderg S.r.l.**  
VIMERCATE (MB)  
PEC: [winderg@pecgiambelli.it](mailto:winderg@pecgiambelli.it)

**Oggetto:** *[ID\_VIP: 4402] Istanza per il rilascio del provvedimento VIA nell'ambito del provvedimento unico ambientale ai sensi dell'art. 27 del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., relativo al progetto di un impianto eolico denominato "San Potito" di potenza complessiva pari a 34,50 MW da realizzarsi nel comune di Ascoli Satriano (FG), località Torretta, e relative opere di commessione nel comune di Deliceto.*

*Proponente: Winderg S.r.l., Via Trento, 64. Vimercate (MB).*

*Rif. nota MATMM-DVA prot. n. 6900 del 18.03.2019.*

*Rif. nota Regione Puglia prot. n. 3345 del 22.03.2019.*

*Rif. nota PEC della Winderg S.r.l., del 29.03.2019.*

*Parere di competenza rispetto al P.A.I.*

Con riferimento alla procedura autorizzativa indicata in oggetto, con la presente si dà seguito alla nota prot. n. 6900 del 18.03.2019 di Codesta Direzione Generale per le Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali del MATMM, acquisita agli atti in pari data al n. 3444 del 19.03.2019, e la nota prot. n. 3345 del 22.03.2019 di Codesta Sezione Autorizzazioni Ambientali della Regione Puglia, acquisita in pari data agli atti al n.3670, e si rappresenta quanto segue.

*AGP*

1 di 3





*Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale*  
*Sede Puglia*

Si premette che con nota prot. n. 2659 del 04.03.2019, questa stessa Autorità di Bacino Distrettuale ha evidenziato che il proprio parere di compatibilità del progetto in esame rispetto al Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), restava subordinato ad ulteriori approfondimenti tecnico-progettuali, da redigere a cura del proponente, all'interno di un adeguato "Studio di compatibilità geologica e geotecnica", redatto ai sensi dagli artt. 11 e 15 delle N.T.A. del P.A.I.

Con nota PEC del 29.03.2019, acquisita agli atti in pari data al n. 3998, la società proponente Winderg S.r.l. ha trasmesso a questa Autorità di Bacino Distrettuale la documentazione tecnica integrativa, ed in particolare uno "Studio di compatibilità geologica, geotecnica, idrogeologica, idrologica e sismica", tesa a dare riscontro alla richiesta di ulteriori approfondimenti tecnico-progettuali di cui al punto precedente.

Il predetto "Studio di compatibilità geologica, geotecnica, idrogeologica, idrologica e sismica (Cod. Elaborato n. A.2)", a firma del Dott. Geol. R. A. Falcone e datato 25.03.2019, riporta la verifica delle condizioni di stabilità di quelle aree del progetto ritenute a maggiore criticità, individuate in quelle che ospitano gli aerogeneratori A10, A9 e A1, in quanto la restante parte dell'area è caratterizzata da superfici sub-orizzontali. In particolare, il tecnico redattore dello Studio attesta che "Omissis... *Le verifiche di stabilità sono state condotte lungo le sezioni A'\_\_A , B'\_\_B , C'\_\_C orientate secondo la direzione di massima pendenza, le stesse sono state condotte in una prima fase sul pendio naturale e in una seconda fase sul pendio gravato dall'opera in progetto con un carico distribuito di 4,0 Kg/cm<sup>2</sup>. Omissis... I risultati ottenuti dal calcolo e gli elaborati grafici illustrano dettagliatamente come le condizioni di equilibrio morfologico dell'area interessata dal presente lavoro sono caratterizzate da un coefficiente di sicurezza superiore a quello previsto dalla norma vigente. Omissis... Il risultato ottenuto dai calcoli di verifica di stabilità dei versanti prima e dopo la realizzazione delle opere in progetto evidenzia come gli stessi non subiscono modificazioni delle condizioni di equilibrio geomorfologico in seguito alla realizzazione dei manufatti previsti dal progetto. Il carico applicato di 4,0 Kg/cm<sup>2</sup> è trasmesso al terreno mediante una fondazione diretta. Dalle verifiche analitiche di equilibrio geomorfologico di quelle aree che presentano una maggiore criticità, perché ubicate in versanti più acclivi rispetto all'intera area interessata dal progetto, si evince chiaramente che le condizioni di equilibrio geomorfologico a seguito della costruzione delle opere in progetto, non subiscono alterazioni tali da richiedere la realizzazione di elementi a presidio geomorfologico. A maggior ragione le aree, caratterizzate da lievi pendenze o pianeggianti che non sono state oggetto di verifica analitica, conserveranno il loro stato di equilibrio geomorfologico anche dopo la costruzione del Parco Eolico nella sua interezza*".

Tutto ciò premesso, in considerazione di tutto quanto sopra esposto e allo stato attuale degli atti complessivamente acquisiti e valutati, per quanto di competenza, questa Autorità di Bacino Distrettuale esprime parere di compatibilità alla realizzazione delle opere di cui alla procedura in oggetto, come da elaborati progettuali prodotti dalla Società Winderg S.r.l., con le N.T.A. del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.) vigente alla data di formulazione del presente atto, confermando l'inserimento, nell'atto autorizzativo finale, delle seguenti prescrizioni di carattere generale:

- 1) Gli attraversamenti dei corsi d'acqua individuati dal P.A.I. nella Carta topografica I.G.M. 1:25.000 e/o nella Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, da parte dei cavidotti MT interni ed esterni

*AGP*

2 di 3







*Autorità di Bacino Distrettuale dell' Appennino Meridionale*  
*Sede Puglia*

al parco eolico di progetto, siano realizzati mediante tecnica TOC, in accordo alle condizioni specificate nella "Relazione Idraulica (Cod. Elaborato A.3.B)" allegata al progetto; gli stessi siano realizzati senza compromettere la stabilità delle opere sovrastanti e in modo da non ostacolare eventuali futuri interventi di sistemazione idraulica e/o mitigazione del rischio; inoltre i punti di inizio/fine perforazione siano esterni alle aree allagabili individuate nello studio di compatibilità idrologica-idraulica allegato al progetto ovvero alle aree disciplinate dagli artt. 6 e 10 delle N.T.A. del P.A.I. e la posa dei cavidotti venga effettuata con modalità tali che gli stessi non risentano degli effetti erosivi di piene conseguenti a eventi di piena; al termine dei lavori si ripristini l'iniziale altimetria dei luoghi;

- 2) In rapporto alla viabilità del parco eolico da realizzare o da adeguare, la stessa sia realizzata prevedendo, come specificato nella "Relazione Idraulica (Cod. Elaborato A.3.B)" allegata al progetto, nel caso delle interferenze "I5", "I7-I9", "I10", "I13" e "I14" nel post-operam, l'istallazione di un tubazione di tipo scatolare, opportunamente dimensionata come da calcoli eseguiti, che garantirà il normale deflusso per la piena bicentenaria in condizioni di sicurezza idraulica;
- 3) Siano confermate tutte le ulteriori prescrizioni progettuali previste nella Relazione Idraulica (Cod. Elaborato A.3.B)" allegata al progetto, tese a garantire la sicurezza idraulica prevista dal P.A.I.;
- 4) le attività si svolgano in maniera tale da non incrementare il livello di pericolosità geomorfologica presente, né compromettere eventuali futuri interventi di sistemazione geomorfologica finalizzati alla mitigazione del rischio. Resta inteso che, sia in fase di cantiere e sia in fase di esercizio del Parco Eolico di progetto e delle opere connesse, questa Autorità di Bacino Distrettuale si ritiene sollevata da qualsivoglia responsabilità connessa a danneggiamenti e/o disservizi che dovessero occorrere, anche accidentalmente, a seguito di potenziali fenomeni di dissesto nell'area di intervento;
- 5) gli scavi temporanei siano tempestivamente richiusi e ripristinati a regola d'arte, evitando l'infiltrazione di acqua all'interno degli scavi sia durante i lavori e sia in fase di esercizio;
- 6) il materiale di risulta, qualora non riutilizzato, sia conferito in ossequio alla normativa vigente in materia.

La presente valutazione è rilasciata, per quanto di competenza, quale atto endoprocedimentale; sono fatti salvi i diritti dei terzi, le determinazioni delle altre autorità competenti per quanto attiene la valutazione complessiva.

**Il Dirigente Tecnico**  
*Dott. Geol. Genaro Capasso*  
*Genaro Capasso*



**Il Segretario Generale**  
*Dott.ssa Geol. Vera Corbelli*  
*Vera Corbelli*

Referente pratica:  
Geol. Nicola Palumbo  
Tel. 080/9182238

*NP*

3 di 3





REGIONE  
PUGLIA

DIPARTIMENTO AGRICOLTURA, SVILUPPO RURALE  
ED AMBIENTALE

SEZIONE COORDINAMENTO DEI SERVIZI TERRITORIALI

SERVIZIO TERRITORIALE DI FOGGIA

data 24 APR. 2019

AOO\_180/000\_24350  
PROTOCOLLO USCITA

Al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare  
Direzione Generale per le Valutazioni e le Autorizzazioni  
Ambientali Divisione II Sistemi di Valutazione Ambientali  
Pec: [DGSalvanguardia.Ambientale@PEC.minambiente.it](mailto:DGSalvanguardia.Ambientale@PEC.minambiente.it)



**PARERE PER MOVIMENTI DI TERRA IN ZONA SOTTOPOSTA A VINCOLO IDROGEOLOGICO**  
(R.D.L. 30 dicembre 1923, n.3267, art. 1 – R.R. 11 marzo 2015, n.9, artt. 21,26,30 c.4)

Ditta: Winderger S.r.l..

Comune di Ascoli S. (FG) – Fg. 20 p.lle 89-53-190 ed altre; Fg. 21 p.lle 31-118-3 ed altre; Fg. 22 p.lle 67-231-66 ed altre e Fg. 23 p.lle 487 e 93; Comune di Deliceto (FG) Fg. 28 – p.la 631 - Codice identificativo: [ID\_VIP:4402];

Il Servizio Territoriale di Foggia,

**IN MERITO** all'istanza presentata, dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione Generale per le Valutazioni e le Autorizzazioni Ambientali Divisione II Sistemi di Valutazione Ambientali – Pec: [DGSalvanguardia.Ambientale@PEC.minambiente.it](mailto:DGSalvanguardia.Ambientale@PEC.minambiente.it) per conto della Ditta: Winderger S.r.l., tesa ad ottenere il parere sul vincolo idrogeologico per i movimenti di terra finalizzati al progetto di un impianto eolico in agro del Comune di Ascoli S. (FG) – Fg. 20 p.lle 89-53-190 ed altre; Fg. 21 p.lle 31-118-3 ed altre; Fg. 22 p.lle 67-231-66 ed altre e Fg. 23 p.lle 487 e 93; Comune di Deliceto (FG) Fg. 28 – p.la 631, su terreno ricadente in zona sottoposta a vincolo idrogeologico;

**PRESO ATTO** del verbale istruttorio con parere favorevole solo ed esclusivamente nei riguardi del vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. n.3267/1923 e del R.R. 11 marzo 2015, n.9, redatto dal Funzionario Istruttore geom. Vincenzo Di Maggio e confermato dal Responsabile del Procedimento geom. Emanuele ANZIVINO, Titolare della Posizione Organizzativa "Attuazione Politiche Forestali" competente per territorio;

**VISTA** la determinazione del Direttore del Dipartimento Risorse Finanziarie e Strumentali, Personale e Organizzazione – Servizio Personale e Organizzazione n. 997 del 23/12/2016 ;

**VISTA** la determinazione del Direttore del Dipartimento Risorse Finanziarie e Strumentali, Personale e Organizzazione – Servizio Personale e Organizzazione n. 16 del 31/03/2017;

**VISTA** la determinazione del Direttore del Dipartimento Agricoltura, Sviluppo Rurale e Tutela Ambientale del 05/04/2017, n. 51;

**ESPRIME**

parere favorevole solo ed esclusivamente nei riguardi del vincolo idrogeologico, ai sensi del R.D.L. n. 3267/1923 e del R.R. 11 marzo 2015, n.9 alla Winderger S.r.l., per i movimenti di terra finalizzati al progetto di un impianto eolico in agro del Comune di Ascoli S. (FG) – Fg. 20 p.lle 89-53-190 ed altre; Fg. 21 p.lle 31-118-3 ed altre; Fg. 22 p.lle 67-231-66 ed altre e Fg. 23 p.lle 487 e 93; Comune di Deliceto (FG) Fg. 28 – p.la 631, consistenti in :

Ditta: Winderger s.r.l., Comune di Ascoli (FG) e Deliceto pag. 1 di 2

[www.regione.puglia.it](http://www.regione.puglia.it);

Sezione Coordinamento dei Servizi Territoriali - Servizio Territoriale di Foggia

Responsabile del Procedimento VINCOLO IDROGEOLOGICO

Indirizzo: Via Spalato n. 17 – 71121 Foggia - Tel:0881/706729 - Fax:0881/706713

e.mail: e.anzivino@regione.puglia.it ;pec: una.foggia@pec.rupar.puglia.it



SERVIZIO TERRITORIALE DI FOGGIA

- scavo delle dimensioni di circa mt. (20 x 20) x 3,50 mt. di profondità, per la posa in opera di ogni plinto di fondazione; ne saranno realizzati n. 10 necessari all'installazione di n. 10 aerogeneratori;
  - Scavo, delle dimensioni di mt. (100 x 70) x 2,80 mt. max profondità, per ogni delle n. 10 piazzole da realizzare, necessarie per la gestione dell'impianto;
  - Scavo, a sezione ristretta e obbligata per la posa in opera dei relativi tratti di cavidotto interrato, delle dimensioni di mt. 0,50 di larghezza x mt. 1,30 di profondità per una lunghezza complessiva di 6.000 ml; necessari per il trasferimento dell'energia prodotta dagli aerogeneratori;
  - realizzazione di strade di servizio per un totale di ml. 4.000 x mt. 5,00 di larghezza, mediante una scarificazione del terreno superficiale di circa 50 cm. e la posa in opera di stabilizzato e pietrame;
- su terreno ricadente in zona sottoposta a vincolo idrogeologico, nel rispetto delle prescrizioni contenute nel Capo II del R.R. 11.03.2015, n. 9 e delle seguenti :
- Le eventuali varianti tecniche che si dovessero rendere necessarie, non previste nel progetto depositato agli atti della Struttura Territoriale summenzionata, dovranno essere preventivamente oggetto di ulteriore parere;
  - Il deflusso delle acque meteoriche dovrà essere assicurato e regolamentato impedendo fenomeni di accumulo e ristagno nei terreni interessati o in quelli limitrofi;
  - Vengano rispettati i contenuti della Relazione geologica e Dichiarazione Asseverata, del Geologo, e le eventuali prescrizioni in essa riportate;
  - Ripristino dello stato dei luoghi nella condizione ante operam.
- Si allega stralcio planimetrico con l'ubicazione delle opere da realizzare.

Il presente parere rimane vigente fino a quando non subentrino mutazioni dello stato dei luoghi che ne condizionano la sua validità e comunque decade trascorsi cinque anni dalla data del rilascio, se l'opera non viene realizzata (R.R. 11 marzo 2015, n.9, art.29).

Il presente atto non costituisce autorizzazione ad iniziare i lavori, ma solo un parere rilasciato esclusivamente ai fini idrogeologici ai sensi del R.D.L. n. 3267/1923 e del R.R. 11 marzo 2015, n.9, facendo salvi i diritti dei terzi ed ogni norma vigente in materia ambientale, paesaggistica, P.A.I., etc, etc, sull'area oggetto d'intervento per la quali la ditta richiedente dovrà acquisire i necessari pareri e/o autorizzazioni e/o nulla-osta da parte delle Amministrazioni competenti prima dell'inizio dei lavori.

Il Servizio Territoriale di Foggia si riserva la facoltà di revocare, in qualunque momento, il presente parere in caso di inosservanza delle prescrizioni summenzionate.

Il Responsabile del Procedimento è il geom. ANZIVINO Emanuele, Titolare della Posizione Organizzativa "Attuazione Politiche Forestali" presso il Servizio Territoriale di Foggia, tel. 0881706729 - fax 0881706713, e-mail [e.anzivino@regione.puglia.it](mailto:e.anzivino@regione.puglia.it). - PEC: [upa.foggia@pec.rupar.puglia.it](mailto:upa.foggia@pec.rupar.puglia.it).

Avverso il suesposto provvedimento è ammesso ricorso dinanzi al Tribunale Amministrativo Regionale (T.A.R.) competente per territorio nel termine perentorio di 60 giorni dalla data di notificazione o dell'avvenuta piena conoscenza dello stesso, ovvero ricorso straordinario dinanzi al Presidente della Repubblica nel termine di 120 giorni dalla data di notificazione o dell'avvenuta piena conoscenza del provvedimento.

Il Responsabile del Procedimento  
Geom. Emanuele ANZIVINO

Il Dirigente del Servizio  
Dott. Pasquale SOLAZZO

Fascicolo 38/19



Regione PUGLIA  
 Provincia di FOGGIA  
 COMUNE di ASCOLI SATRIANO



**IMPIANTO EOLICO**  
**"San Potito"**

(AUTORIZZAZIONE UNICA ai sensi del D.L. 29 dicembre 2003, n. 387)

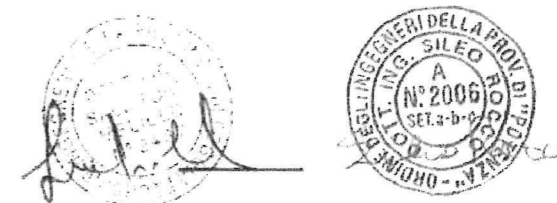
**PROGETTO DEFINITIVO**

Cod. Elaborato	Layout di progetto su catastale con perimetrazione dell'area sottoposta a vincolo idrogeologico - Quadro di unione
<b>A.24.a.1</b>	
SCALA = DATA: Marzo 2019	

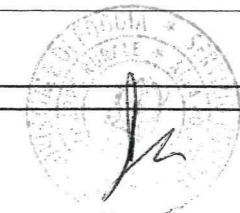
**COMMITTENTE:** **Winderg s.r.l.**  
 via Trento, 64  
 80071 - Vimercate (MB)  
 P.IVA 04702520968

WINDERG  
 Presidente e Amministratore Delegato  
 Dott. Michele Giamboni

**PROGETTISTI:** **A.d.R. s.r.l.s.**  
INGEGNERIA - ARCHITETTURA  
 TOPOGRAFIA  
 Via Enrico Fermi n°38  
 85021 Avigliano (PZ)  
 Tel/fax 0971.700637  
 mail: [adr\\_srls@virgilio.it](mailto:adr_srls@virgilio.it)  
 A.U : Ing. Rocco Sileo



Rev	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	18/03/2019	I emissione	Salvatore M.	Rocco S.	Winderg S.r.l



# Quadro 2



# Quadro 3