



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di TROIA

Proponente

e2i energie speciali Srl

Via Dante n°15 - 20121 MILANO

Progettazione
e Coordinamento



VEGA sas LANDSCAPE ECOLOGY
& URBAN PLANNING
Via delli Carri, 48 - 71121 Foggia - Tel. 0881.756251 - Fax 1784412324
mail: info@studiovega.org - website: www.studiovega.org

Studio Ambientali
e Paesaggistico

Arch. Antonio Demaio

Via N. delli Carri, 48 - 71121 Foggia (FG)
Tel. 0881.756251 | Fax 1784412324
E-Mail: sit.vega@gmail.com

Studio
Acustico

Arch. Marianna Denora

Via Savona, 3 - 70022 Altamura (BA)
Tel. Fax 080 3147468
E-Mail: info@studioprogettazioneacustica.it

Studio Incidenza Ambientale
Flora fauna ed ecosistema

Dott. Forestale Luigi Lupo

Corso Roma, 110 - 71121 Foggia
E-Mail: luigilupo@libero.it

Studio
Geologico e Idraulico

**Studio di Geologia Tecnica & Ambientale
Dott.sa Geol. Giovanna Amedei**

Via Pietro Nenni, 4 - 71012 Rodi Garganico (Fg)
Tel./Fax 0884.965793 | Cell. 347.6262259
E-Mail: giovannaamedei@tiscali.it

Studio
Archeologico



Dott. Vincenzo Ficco

Tel. 0881.750334
E-Mail: info@archeologicasrl.com

Studio
Agronomico

Dott. Agr. Emiddio Ursitti

Tel. 339.5239845
E-Mail: emidioursitti@libero.it

Opera

Impianto Eolico composto da n.10 aerogeneratori da 4,2 MW per una potenza complessiva di 42 MW nel Comune di Troia (FG) alla Località "Montalvino - Cancarro"

Oggetto

Folder:
8HW7PE8_IntegrazioniVIA.zip

Nome Elaborato:
IntVIA_01_All5_8HW7PE8_IntRelazioneGeotecnica

Descrizione Elaborato:
Integrazioni alla Relazione Geotecnica

01

Gennaio 2020

Integrazione VIA + AU

Arch. M. Denora

Arch. A. Demaio

e2i Srl

00

Luglio 2019

Emissione per progetto definitivo

Vega

Arch. A. Demaio

e2i Srl

Rev.

Data

Oggetto della revisione

Elaborazione

Verifica

Approvazione

Scala: Fs

Formato:

Codice Pratica

8HW7PE8



Progetto per la Realizzazione di un impianto eolico - Comune di Troia

INDICE

<i>1- Premessa</i>	<i>Pag. 2</i>
<i>2- Inquadramento geografico</i>	<i>Pag. 4</i>
<i>3- Geolitologia</i>	<i>Pag. 6</i>
<i>4- Idrogeologia</i>	<i>Pag. 9</i>
<i>5 – Indagini Geognostiche</i>	<i>Pag. 10</i>
<i>6 – Analisi di Stabilità</i>	<i>Pag. 14</i>
<i>7– Considerazioni Conclusive</i>	<i>Pag. 19</i>



1 - PREMESSA

Su incarico della proponente Società e2i energie speciali Srl, con sede in Via Dante n. 15, Milano - la scrivente, *Dott.ssa Giovanna Amedei*, geologa, iscritta all'O.R.G. della Puglia al n. 438 e con studio professionale in Rodi Garganico, alla Via Pietro Nenni n. 4, ha eseguito gli studi e redatto la presente relazione volta alla definizione di una caratterizzazione geologica e geomorfologica descrittiva relativa ai terreni interessati dal Progetto “*Impianto Eolico composto da n. 10 aerogeneratori da 4.2 MW per una potenza complessiva di 42 MW nel Comune di Troia in località C.da Montalvino – Cancarro*””.

Scopo dell'indagine è accertare l'idoneità geologica – geotecnica del sito alla realizzazione dell'opera prevista in progetto in osservanza agli strumenti di pianificazione redatti dall’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale – sede territoriale Puglia.

L'indagine è stata svolta, oltre che sulla base dei dati bibliografici, con l'ausilio dei rilievi geologici e geomorfologici di superficie ed è stata finalizzata:

- ✓ all'individuazione delle caratteristiche geomorfologiche, geologiche e geoidrologiche della zona;
- ✓ alla ricostruzione della successione litostratigrafica dei terreni;



Progetto per la Realizzazione di un Impianto Eolico - Comune di Troia
(FG) -

- ✓ alla caratterizzazione geotecnica dei terreni.

Considerate le finalità dell'indagine saranno descritte la caratterizzazione geologica e morfologica, per una fascia abbastanza ampia che racchiuda l'opera in progetto, nonché la litologia e le caratteristiche più salienti dei terreni interessati e limitrofi.



2- INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Le opere in progetto ricadono all'interno del territorio comunale di Troia (FG), ad Ovest rispetto al Centro abitato, in località C.da Montalvino - Cancarro (Fig. 1).



Fig. 1: Ubicazione area d'intervento

Il territorio di Torremaggiore (Lat. 41,35978 – Long. 15,308114) si estende sulle pendici del Subappennino Dauno, a ridosso del Tavoliere delle Puglie.

La pianura del Tavoliere rappresenta, con i suoi 4600 Km², la più estesa pianura alluvionale dopo la Pianura Padana



Progetto per la Realizzazione di un Impianto Eolico - Comune di Troia
(FG) -

un'area di basso strutturale, delimitata dal fiume Ofanto, dal torrente Cervaro, dall'Appennino e dal Golfo di Manfredonia.

Dal punto di vista catastale l'area è individuabile al NCT al Fgl di Mappa n. 7 P.lle n. 413, 4123, 517, 349 e 375; Fgl di Mapp n. 8, P.lle 180, 36, 28, 32, 158



3 – GEOLITOLOGIA

Dal punto di vista geologico il Comune di Troia rientra nella Carta Geologica d'Italia, Scala 1:100.000, nel Foglio n. 163 – Lucera (Fig. 2)

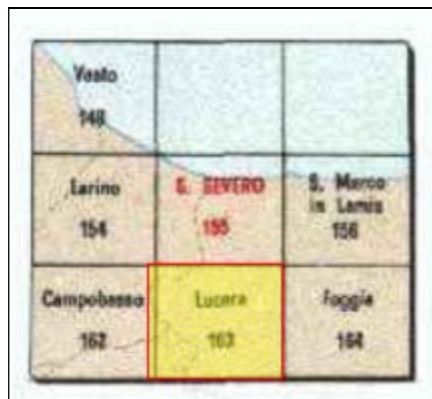


Fig. 2: Inquadramento Geologico dell'Area d'intervento

Essa è sita a ridosso del margine orientale della Fossa Bradanica al limite con il margine esterno dell'Appennino Dauno.

Nell'area della Fossa Bradanica sono presenti terreni sedimentatisi dal Pliocene al Pleistocene; i depositi plioce-nici sono posti al contatto con i depositi fliscioidi appenni-nici in posizione trasgressiva e caratterizzati da una succes-sione prevalentemente conglomeratica e sabbiosa.

Questi depositi, affioranti in tutta l'area d'indagine, sono ben identificati da una successione regressiva rappre-



sentati dal basso verso l'alto da argille e sabbie e conglomerati.

Sulla scorta delle caratteristiche litologiche rilevate in campagna si ritiene che i terreni dell'area d'intervento siano ascrivibili (Fig. 3) alla **Formazione delle Argille Scistose, Argille Marnose Grigio – Azzurrognole, Sabbie Argillose (PQa)**: si tratta di un complesso di sabbie argillose, argille e argille marnose, di colore grigio – azzurro, nonché di argille scistose. Tali depositi caratterizzano la parte bassa dei rilievi del Tavoliere e poggiano, ad occidente, sulle varie formazioni del flysch dei Monti Dauni.

La presenza di abbondante macrofauna a gasteropodi e lamellibranchi (*Ostrea*, *Pecten*), microfauna a *Bulimina marginata*, *Ammonia beccarii*, fa risalire il deposito al Calabriano – Pliocene superiore.



Progetto per la Realizzazione di un Impianto Eolico - Comune di Troia (FG) -

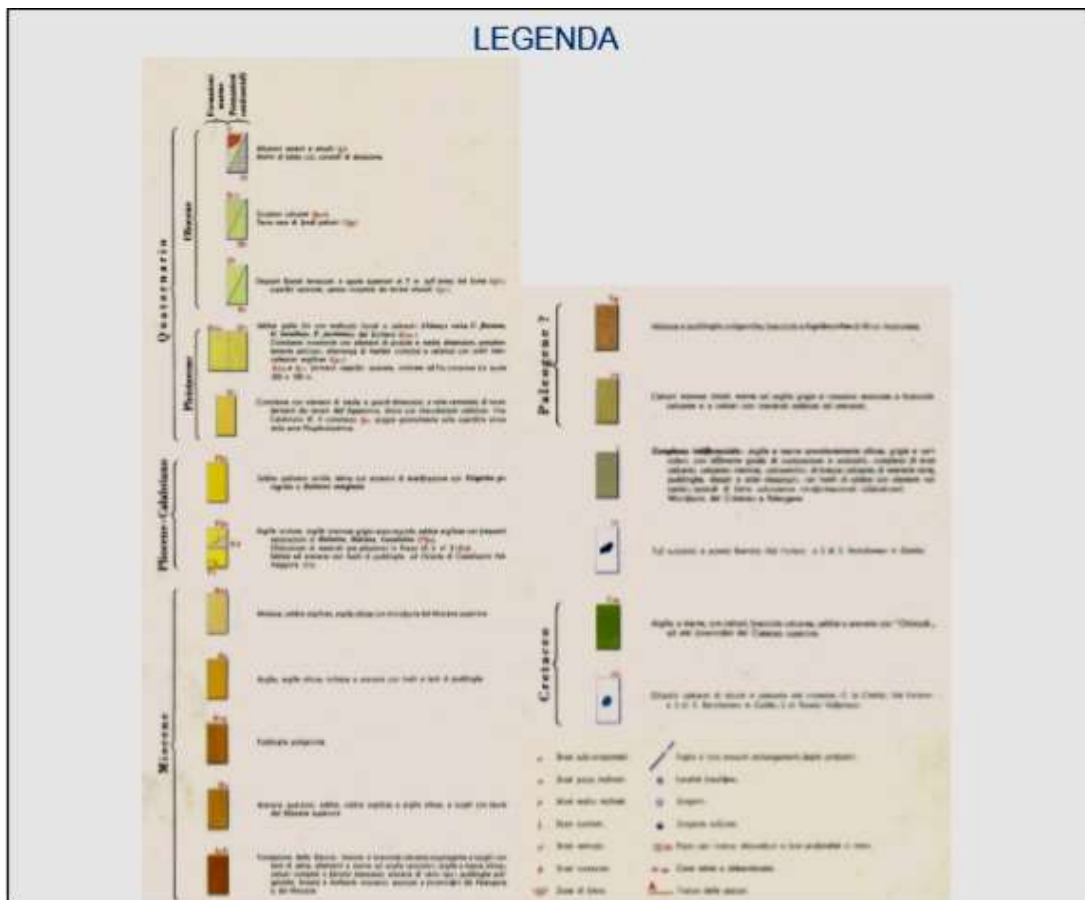
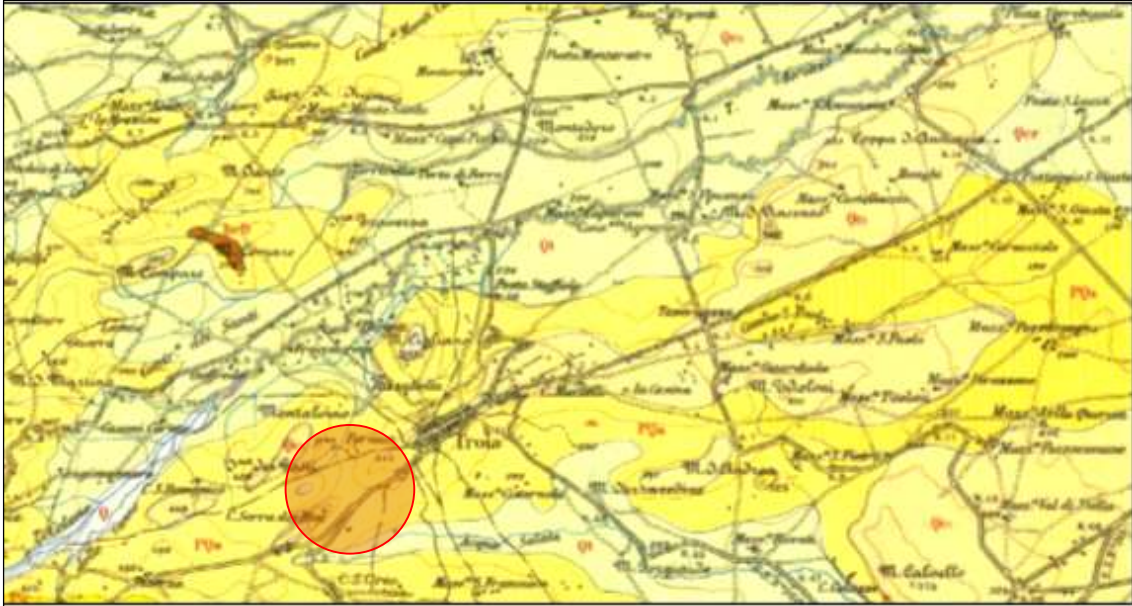


Fig. 3: Stralcio Carta Geologica dell'Area



4. IDROGEOLOGIA

L'idrografia superficiale dell'area di interesse è priva di elementi rilevanti; tuttavia si segnalano piccoli canali che hanno le loro portate massime coincidenti con i periodi di massima piovosità (periodi primaverile ed autunnale) mentre nella restante parte dell'anno risultano essere una esigua lama d'acqua.

Dal punto di vista idrogeologico nell'area affiorano depositi argillosi e argillo-marnosi, riferibili ai termini di chiusura del ciclo plio-pleistocenico della Fossa Bradanica.

Essi presentano una porosità di tipo primario, realmente variabile, in relazione alla componente sedimentologica dei depositi, caratterizzati da litotipi a granulometria e permeabilità diversa. La struttura idrogeologica, comunque, risulta abbastanza semplice ed è costituita da un acquifero in cui ha sede una modesta circolazione idrica sotterranea; tale acquifero è tamponato in profondità da litotipi a bassa permeabilità e/o impermeabili. Tale situazione è confermata anche dal censimento dei pozzi esistenti nell'area che rileva come essi abbiano uno sviluppo discreto (15-20 m di profondità), sia no attestati nel substrato impermeabile drenando tutto l'acquifero sub superficiale e spesso, nel periodo estivo, si inaridiscono. Le direzioni di flusso della falda si attestano, grossomodo, in direzioni orientali.



5 - INDAGINI GEOGNOSTICHE

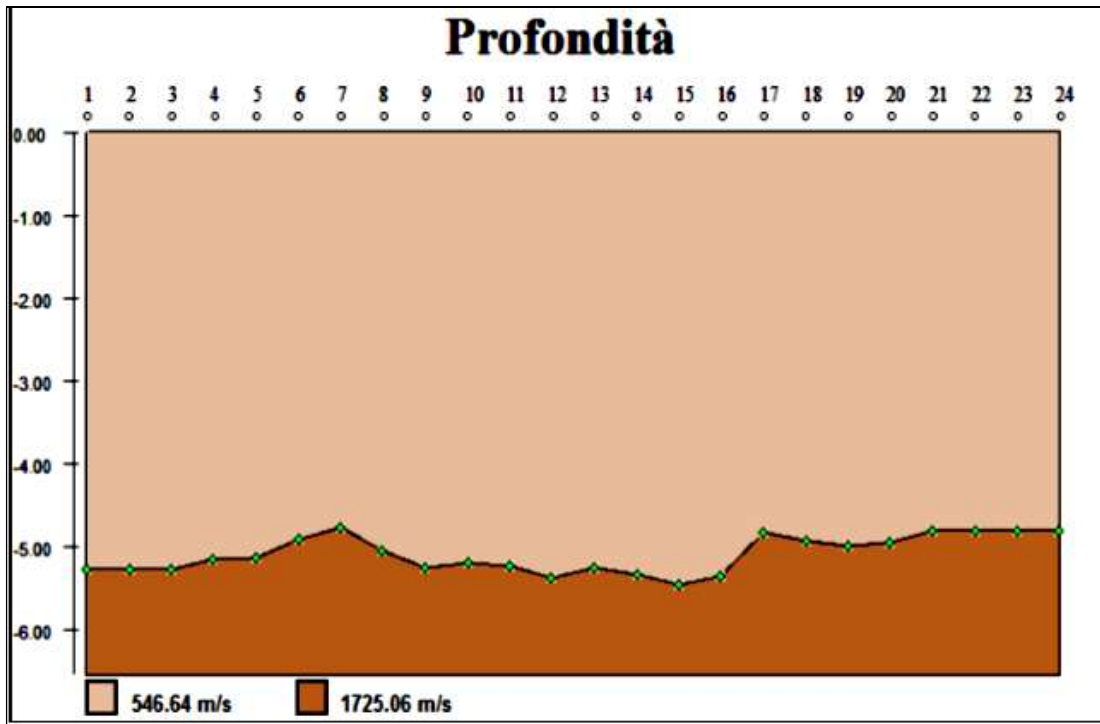
Al fine di conoscere in dettaglio la natura del sottosuolo progettuale è stata condotta una prima serie di accertamenti superficiali sulla base del rilevamento geologico e successivamente sono state eseguiti n. 1 stendimento di sismica a rifrazione e n. 1 sondaggio geognostico.

I valori e le ricostruzioni ottenute sono le seguenti (Fig. 4 – Fig. 5)

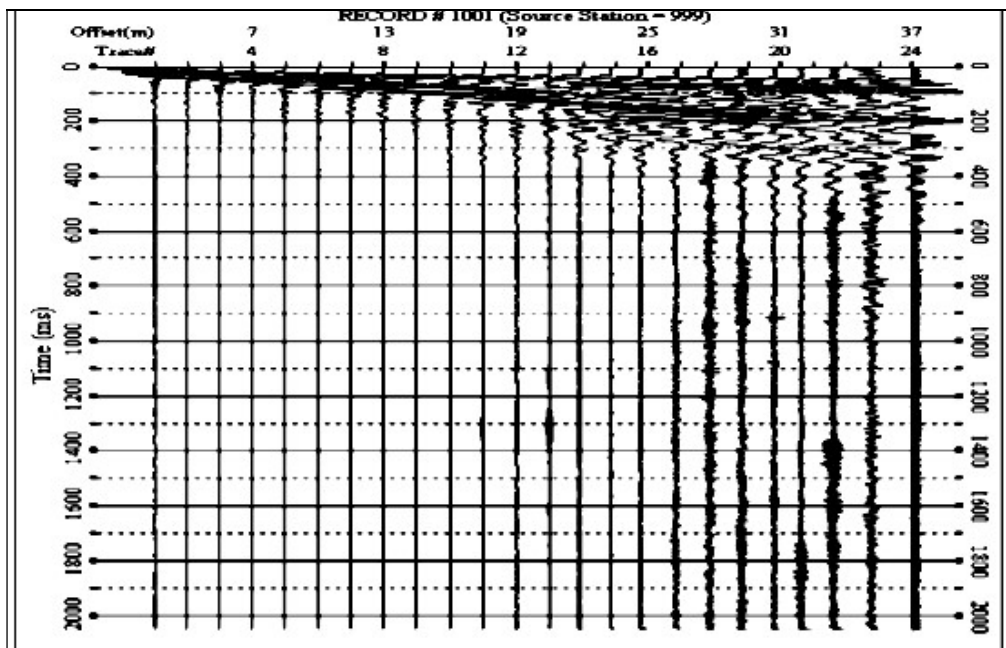
SIS 1

- PRIMI ARRIVI -				- PROFONDITA' STRATI -	
-3.00 mt	17.00 mt [SX]	17.00 mt [DX]	37.50 mt	Geofoni	2° strato
5.20 ms	26.13 ms		39.87 ms	1	-5.30 mt
7.47 ms	24.40 ms		38.53 ms	2	-5.30 mt
14.13 ms	22.93 ms		37.60 ms	3	-5.30 mt
16.80 ms	22.00 ms		36.93 ms	4	-5.16 mt
18.53 ms	19.60 ms		35.33 ms	5	-5.14 mt
21.20 ms	18.53 ms		35.07 ms	6	-4.92 mt
22.53 ms	15.87 ms		34.00 ms	7	-4.77 mt
25.47 ms	14.13 ms		33.20 ms	8	-5.07 mt
26.53 ms	12.00 ms		32.53 ms	9	-5.27 mt
27.73 ms	8.40 ms		31.87 ms	10	-5.20 mt
29.60 ms	4.80 ms		30.80 ms	11	-5.24 mt
30.13 ms	2.93 ms		30.00 ms	12	-5.39 mt
30.80 ms		2.67 ms	29.33 ms	13	-5.28 mt
32.13 ms		6.00 ms	27.73 ms	14	-5.35 mt
32.80 ms		8.80 ms	26.27 ms	15	-5.46 mt
33.87 ms		11.47 ms	25.47 ms	16	-5.37 mt
34.93 ms		15.20 ms	24.40 ms	17	-4.85 mt
35.60 ms		17.07 ms	20.53 ms	18	-4.94 mt
35.87 ms		19.33 ms	16.80 ms	19	-5.00 mt
36.93 ms		21.20 ms	13.87 ms	20	-4.97 mt
37.60 ms		22.80 ms	11.33 ms	21	-4.82 mt
38.40 ms		23.73 ms	8.27 ms	22	-4.82 mt
38.80 ms		24.93 ms	6.27 ms	23	-4.82 mt
39.33 ms		26.40 ms	3.33 ms	24	-4.82 mt
- VELOCITA' STRATI -					
				Velocità strato n.1	546.64 m/s
				Velocità strato n.2	1725.06 m/s

Fig. 4: Risultati Stendimento Sismico

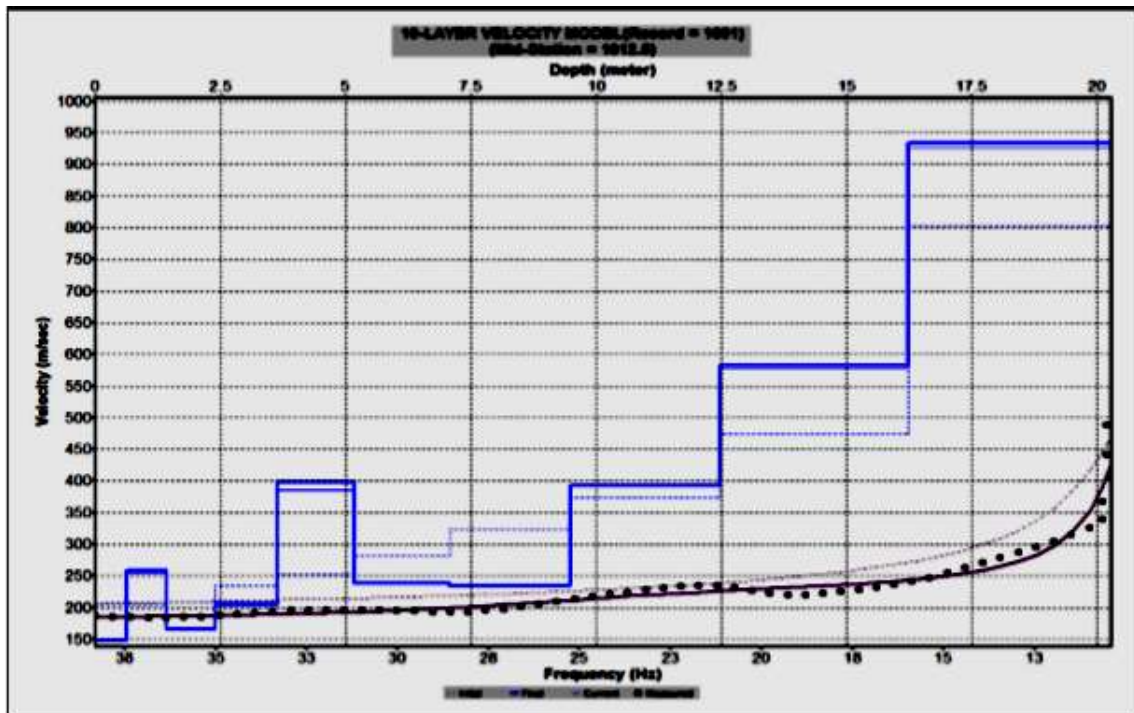
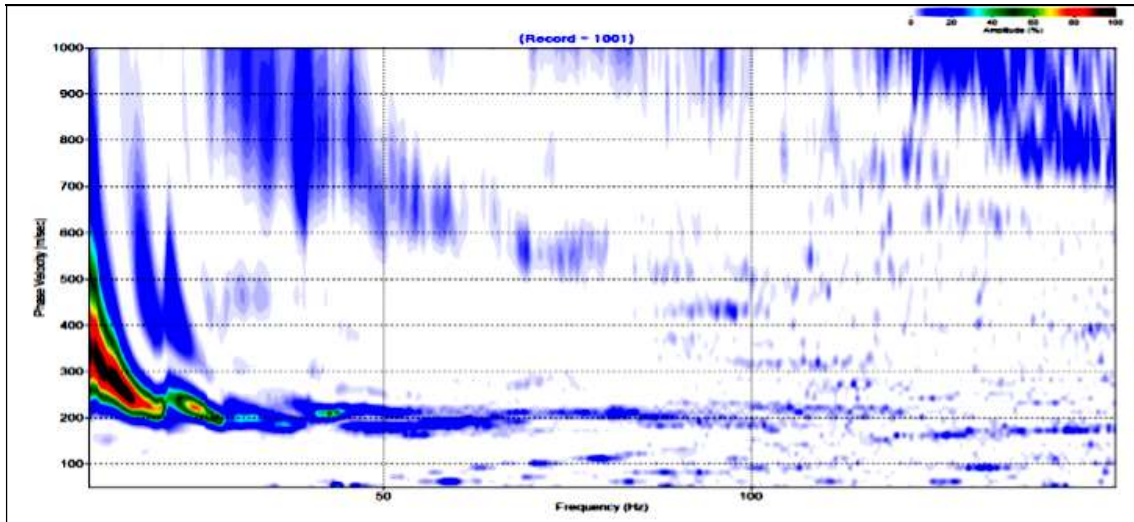


RISULTATI MASW





*Progetto per la Realizzazione di un Impianto Eolico - Comune di Troia
(FG) –*





Progetto per la Realizzazione di un Impianto Eolico - Comune di Troia
(FG) -

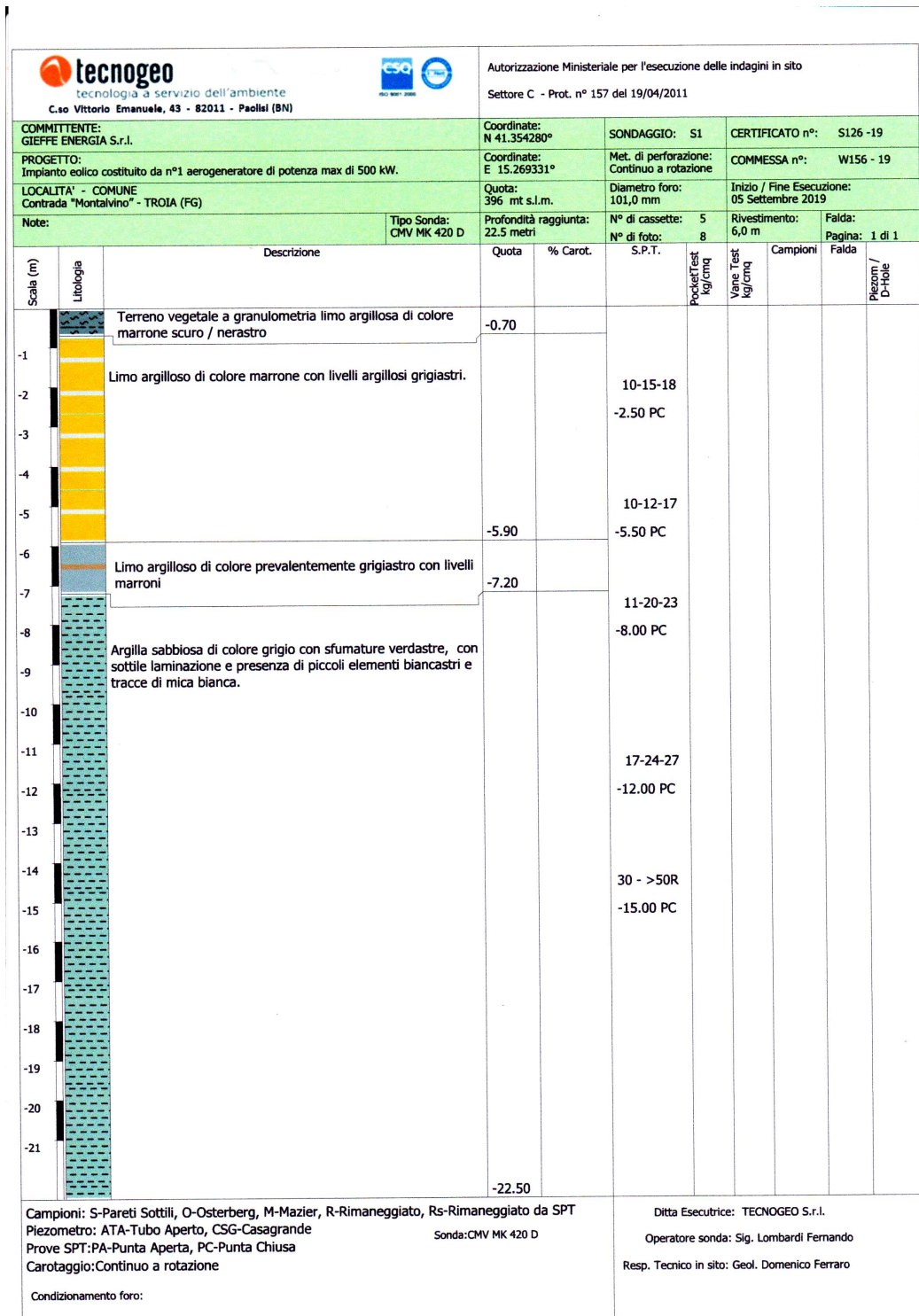


Fig. 5 – Sondaggio Geognostico



6 – ANALISI DI STABILITA’

I rilievi morfologici, condotti tramite aerofotointerpretazione e rilevamenti di campagna, hanno consentito di identificare le principali forme che caratterizzano e concorrono in modo determinante alla strutturazione ed alla individuazione delle componenti del paesaggio.

Il rilievo geomorfologico è stato confrontato con la carta delle frane (progetto IFFI) e con la Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia (AdB della Puglia).

Dall’analisi della cartografia prodotta dal progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) si evidenzia come le opere di progetto non interessano fenomenologie franose.

Nell’ambito del Piano di Bacino Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino della Puglia (PAI), invece, l’intervento ricade in area a pericolosità da frana media e moderata (P.G.1 – Fig. 6); Obiettivo primario del PAI è il raggiungimento, come definito dall’art. 36, di azioni dirette a non aggravare le condizioni esistenti.



*Progetto per la Realizzazione di un Impianto Eolico - Comune di Troia
(FG) –*

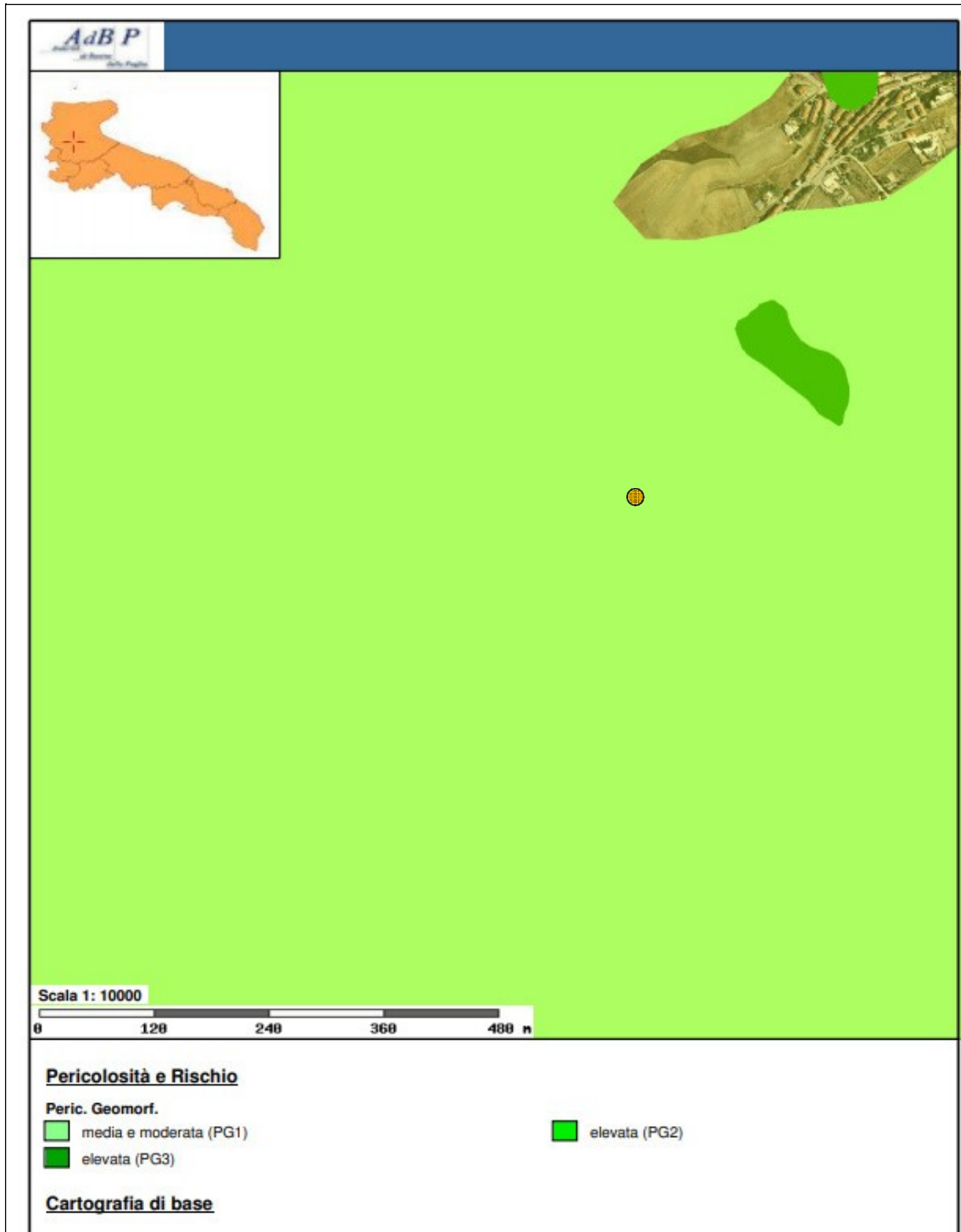
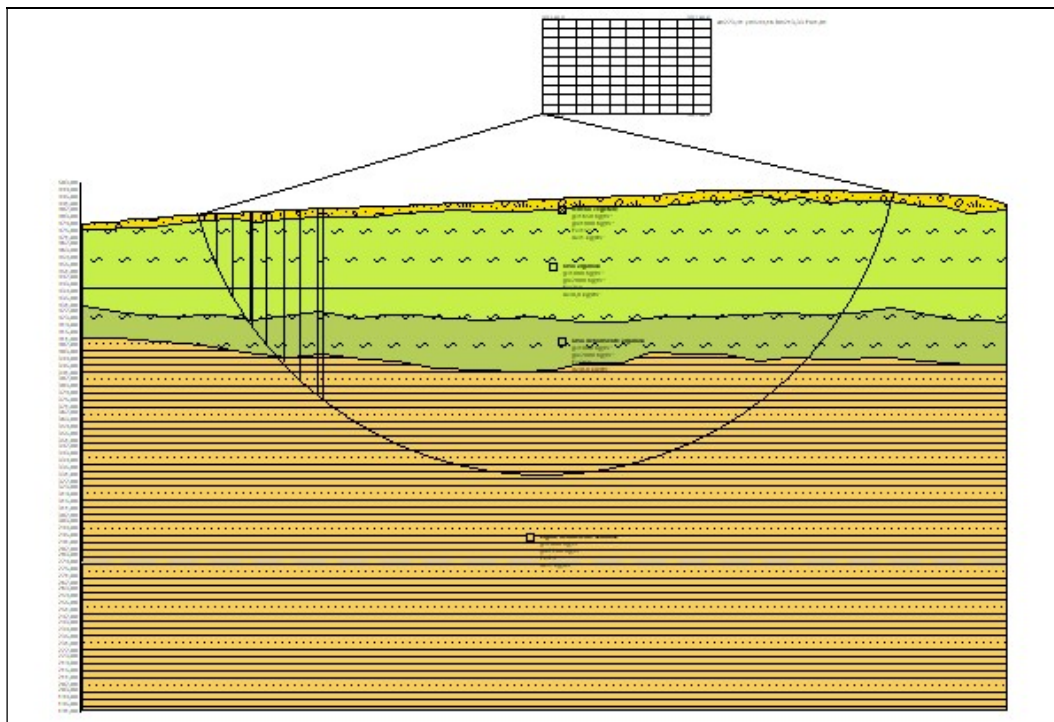


Fig. 6: Cartografia PAI – Area d’Intervento



Per un'analisi più approfondita è stata eseguita una verifica della stabilità dei versanti lungo una sezione indicativa, secondo la metodologia di Fellenius, pre e post operam.

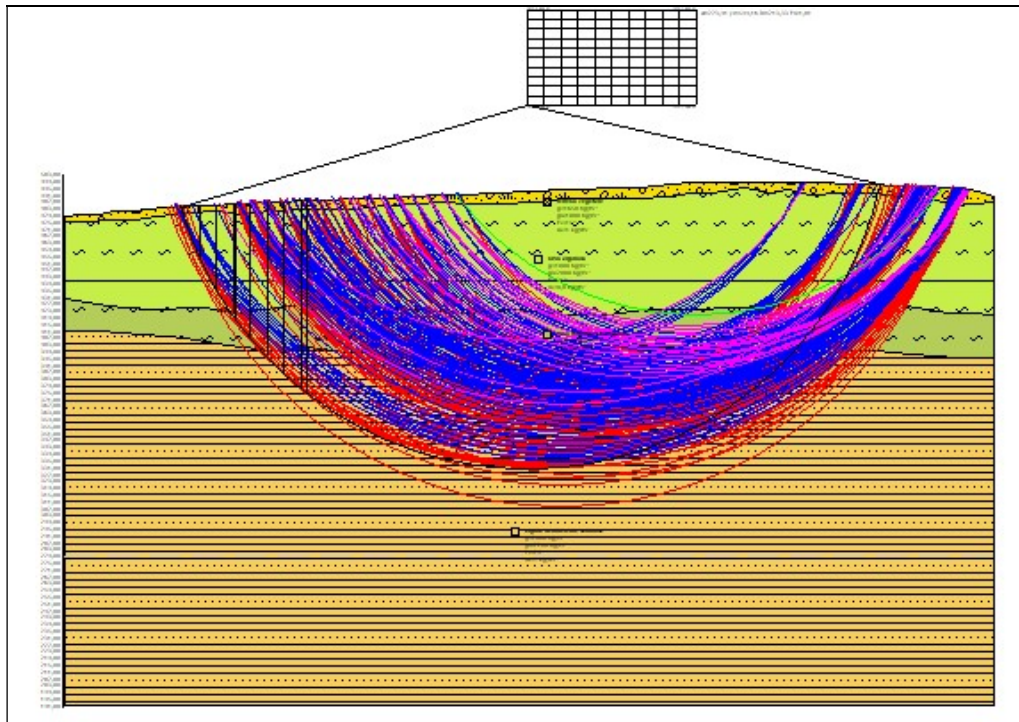
I risultati sono stati positivi in entrambi i casi considerati (Fig. 7) ottenendo sia nella verifica pre che post operam valori di sicurezza ($F_s = 1,81$) ampiamente superiori al valore minimo previsto per norma pari a $F_s > 1,3$.



*Fig. 6: Risultati Verifica di stabilità Pre Operam
con indicazione delle curve a coefficiente minimo calcolato ($F_s = 1,81$)*



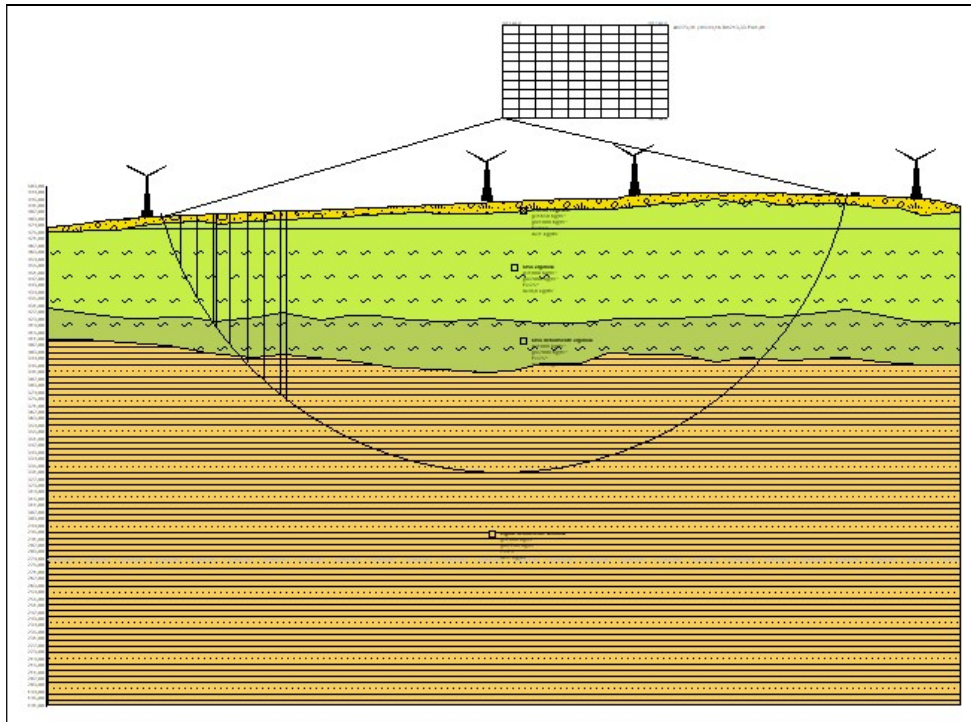
*Progetto per la Realizzazione di un Impianto Eolico - Comune di Troia
(FG) –*



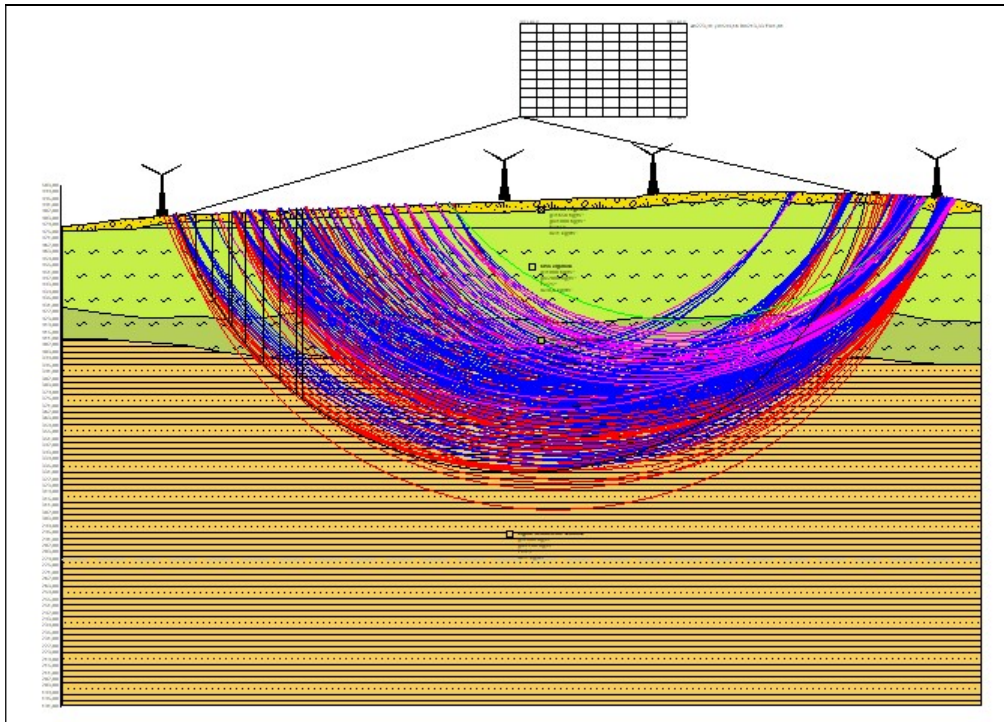
*Risultati Verifica di stabilità Pre Operam
con indicazione di tutte le superfici individuate*



*Progetto per la Realizzazione di un Impianto Eolico - Comune di Troia
(FG) –*



*Risultati Verifica di stabilità Post Operam
con indicazione delle curve a coefficiente minimo calcolato ($F_s = 1,81$)*



*Risultati Verifica di stabilità Post Operam
con indicazione di tutte le superfici individuate*

I risultati di tutte le verifiche sono riportati in appendice,
allegato n. 1



7- CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio eseguito nell'area di lavoro ha fornito un quadro dettagliato e chiaro della situazione geomorfologica, idrogeologica e geotecnica dell'area in esame.

Essendo il territorio comunale di Troia inserito nelle aree sismiche di 2a categoria (S=9), zona 2 per la nuova normativa si raccomanda di seguire scrupolosamente le norme relative alle zone sismiche.

Dal punto di vista della cartografia PAI, in base ai dati rilevati è stato accertato che:

- in relazione alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 25 del 15/12/2004 e deliberazione del C. I. n. 39 del 30/11/2005 e successive modifiche ed integrazioni, l'area in questione è sottoposta a vincolo PG1 aree a pericolosità geomorfologica media e moderata

- non vi sono contatti tettonici o altre discontinuità superficiali;

- il terreno non presenta tagli o altre deformazioni, né è soggetto a rapide modificazioni morfologiche causate da intense azioni erosive;

- a livello stratigrafico l'area di ubicazione dell'impianto Eolico ricade su sedimenti limosi – argillosi con presenza di sabbia appartenenti alla categoria C;



Progetto per la Realizzazione di un Impianto Eolico - Comune di Troia
(FG) -

- le verifiche di stabilità eseguite, pre e post operam, hanno evidenziato valori del Fattore di Sicurezza che si attestano superiori a 1,3, con valori minimi pari ad un minimo di 1,80;

- l'intervento non influirà negativamente sui processi geomorfologici dell'area interessata dall'opera e dalle sue pertinenze e non determinerà nessuna condizione tale da compromettere l'attuale condizione morfo-litologica-idrogeologica.

Tanto in adempimento all'incarico conferitomi
Rodi Garganico Marzo 2020



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:

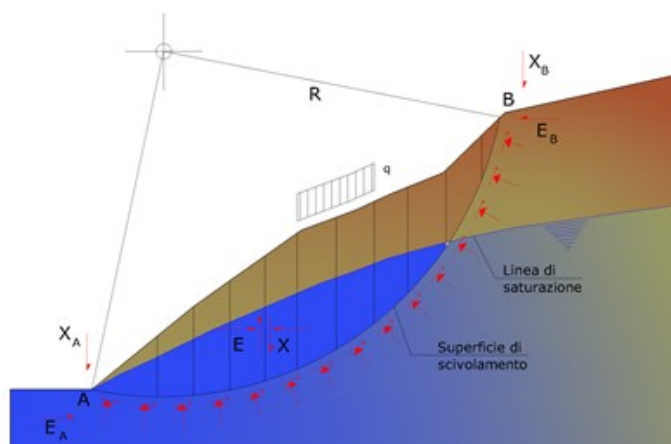
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. 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 (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_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 concii

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di concii. Se il numero dei concii 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 concii;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- 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 quanto 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:

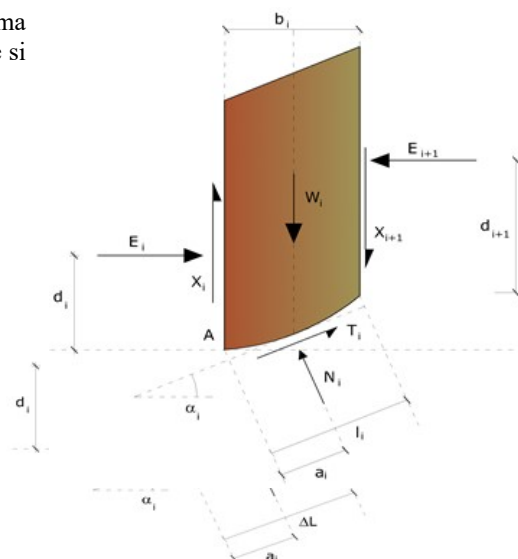
- n valori delle forze normali N_i ;
- n valori delle forze da taglio T_i ;
- 1 fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$.

Le equazioni a disposizione sono:

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- n equazioni relative al criterio di rottura;
- 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.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata 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 vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

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_x coefficiente sismico orizzontale;
- K_y coefficiente sismico verticale.

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.

Stabilizzazione di pendii con l'utilizzo di pali

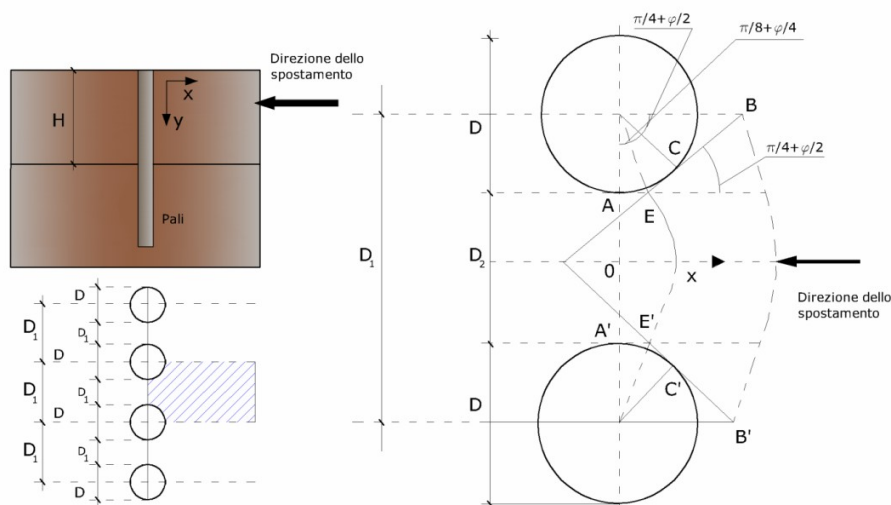
La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali.

Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativi nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra "sbarramento" e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

1. conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;
2. essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo-terreno).

Carico limite relativo all'interazione fra i pali ed il terreno laterale

Nei vari tipi di terreno che non hanno un comportamento omogeneo, le deformazioni in corrispondenza della zona di contatto non sono legate fra di loro. Quindi, non potendo associare al materiale un modello di comportamento perfettamente elastico (ipotesi che potrebbe essere assunta per i materiali lapidei poco fratturati), generalmente si procede imponendo che il movimento di massa sia nello stato iniziale e che il terreno in adiacenza ai pali sia nella fase massima consentita di plasticizzazione, oltre la quale si potrebbe verificare l'effetto indesiderato che il materiale possa defluire, attraverso la cortina di pali, nello spazio intercorrente fra un elemento e l'altro.



Imponendo inoltre che il carico assorbito dal terreno sia uguale a quello associato alla condizione limite ipotizzata e che fra due pali consecutivi, a seguito della spinta attiva, si instauri una sorta di effetto arco, gli autori T. Ito e T. Matsui (1975) hanno ricavato la relazione che permette di determinare il carico limite. A questa si è pervenuto facendo riferimento allo schema statico, disegnato nella figura precedente e alle ipotesi anzidette, che schematicamente si ribadiscono.

- Sotto l'azione della spinte attiva del terreno si formano due superfici di scorrimento localizzate in corrispondenza delle linee AEB ed A'E'B';
- Le direzioni EB ed E'B' formano con l'asse x rispettivamente angoli $+(45 + \varphi/2)$ e $-(45 + \varphi/2)$;
- Il volume di terreno, compreso nella zona delimitata dai vertici AEBB'E'A' ha un comportamento plastico, e quindi è consentita l'applicazione del criterio di rottura di Mohr-coulomb;
- La pressione attiva del terreno agisce sul piano A-A';
- I pali sono dotati di elevata rigidezza a flessione e taglio.

Detta espressione, riferita alla generica profondità Z, relativamente ad un spessore di terreno unitario, è la seguente:

$$P(Z) = C \cdot D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \left[1 / (N_\varphi \tan \varphi) \left(e^{K_2} - 2(N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi - 1 \right) + K_3 \right] - C \left[D_1 \cdot K_3 - D_2 / (N_\varphi)^{1/2} \right] + \gamma Z / N_\varphi \left[D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \cdot e^{K_2} - D_2 \right]$$

dove i simboli utilizzati assumono il significato che segue:

C = coesione terreno;

φ = angolo di attrito terreno;

γ = peso specifico terreno;

D₁ = interasse tra i pali;

D₂ = spazio libero fra due pali consecutivi;

N _{φ} = $\tan^2(\pi/4 + \varphi/2)$

$$K_1 = (N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1$$

$$K_2 = (D_1 - D_2) / D_2 \cdot N_\varphi \tan(\pi/8 + \varphi/4)$$

$$K_3 = \left[2 \tan \varphi + 2(N_\varphi)^{1/2} + 1 / (N_\varphi)^{1/2} \right] / \left[(N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1 \right]$$

La forza totale, relativamente ad uno strato di terreno in movimento di spessore H, è stata ottenuta integrando l'espressione precedente.

In presenza di terreni granulari (condizione drenata), nei quali si può assumere $c = 0$, l'espressione diventa:

$$P = 1/2 \gamma \cdot H^2 / N_\varphi \left[D_1 (D_1/D_2)^{k_1} \cdot e^{k_2} - D_2 \right]$$

Per terreni coesivi (condizioni non drenate), con $\varphi = 0$ e $C \neq 0$, si ha:

$$P(z) = C \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + \gamma \cdot Z(D_1 - D_2)$$

$$P = \int_0^H P(Z) dZ$$

$$P = C \cdot H \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + 1/2 \gamma H^2 (D_1 - D_2)$$

Il dimensionamento della cortina di pali, che come già detto deve conferire al pendio un incremento del coefficiente di sicurezza e garantire l'integrità del meccanismo palo-terreno, è abbastanza problematica. Infatti tenuto conto della complessità dell'espressione del carico P, influenzata da diversi fattori legati sia alle caratteristiche meccaniche del terreno sia alla geometria del manufatto, non è facile con una sola elaborazione pervenire alla soluzione ottimale. Per raggiungere lo scopo è necessario pertanto eseguire diversi tentativi finalizzati:

- A trovare, sul profilo topografico del pendio, la posizione che garantisca, a parità di altre condizioni, una distribuzione dei coefficienti di sicurezza più confortante;
- A determinare la disposizione planimetrica dei pali, caratterizzata dal rapporto fra interasse e distanza fra i pali (D_2/D_1), che consenta di sfruttare al meglio la resistenza del complesso palo-terreno; sperimentalmente è stato riscontrato che, escludendo i casi limiti ($D_2 = 0 \rightarrow P \rightarrow \infty$ e $D_2 = D_1 \rightarrow P \rightarrow$ valore minimo), i valori più idonei allo scopo sono quelli per i quali tale rapporto risulta compreso fra 0,60 e 0,80;
- A valutare la possibilità di inserire più file di pali ed eventualmente, in caso affermativo, valutare, per le file successive, la posizione che dia più garanzie in termini di sicurezza e di spreco di materiali;
- Ad adottare il tipo di vincolo più idoneo che consente di ottenere una distribuzione più regolare delle sollecitazioni; sperimentalmente è stato constatato che quello che assolve, in maniera più soddisfacente, allo scopo è il vincolo che impedisce le rotazioni alla testa del palo.

VERIFICA DI STABILITA' PRE OPERAM

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Zona	Troia
Lat./Long.	41,35978/15,308114
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	273,91 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	544,16 m
Ascissa vertice destro superiore xs	373,65 m
Ordinata vertice destro superiore ys	600,15 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

Tipo opera:	1 - Opere provvisorie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	4,0 [anni]
Vita di riferimento:	8,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,46	2,41	0,29
S.L.D.	30,0	0,49	2,44	0,3
S.L.V.	76,0	1,26	2,58	0,44
S.L.C.	156,0	1,65	2,6	0,47

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Opere di sostegno
--------	-------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,69	0,18	0,0127	0,0063
S.L.D.	0,735	0,18	0,0135	0,0067
S.L.V.	1,89	0,24	0,0463	0,0231
S.L.C.	2,3719	0,24	0,0581	0,029

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0127
Coefficiente azione sismica verticale	0,0063

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	478,79
2	10,0	479,49
3	20,0	480,47
4	30,0	481,59
5	40,0	482,64
6	50,0	483,38
7	58,99	484,68
8	70,0	484,68
9	80,0	485,24
10	90,0	485,79
11	100,0	486,24
12	101,95	486,31
13	110,0	486,68
14	120,0	487,17
15	130,0	487,64
16	140,0	488,13

17	143,52	488,28
18	150,0	488,43
19	160,0	488,69
20	170,0	489,06
21	180,0	489,44
22	190,0	489,8
23	198,94	490,15
24	210,0	490,61
25	220,0	491,06
26	230,0	491,53
27	240,0	491,97
28	250,0	492,4
29	260,0	492,85
30	270,0	493,3
31	280,0	493,81
32	283,23	493,96
33	290,0	494,25
34	300,0	494,66
35	310,0	495,18
36	320,0	495,63
37	330,0	495,64
38	340,0	495,79
39	341,58	495,81
40	350,0	496,97
41	360,0	497,93
42	370,0	498,6
43	380,0	499,03
44	390,0	499,31
45	400,0	499,45
46	410,0	499,46
47	420,0	499,36
48	430,0	499,17
49	440,0	498,89
50	450,0	498,56
51	460,0	498,23
52	466,48	498,04
53	470,0	497,93
54	480,0	497,63
55	490,0	497,33
56	500,0	496,97
57	510,0	496,48
58	520,0	496,0
59	530,0	495,43
60	540,0	493,32
61	549,93	490,85

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	475,48
2	15,34	475,48
3	27,1	476,38
4	42,48	476,38
5	55,14	479,1
6	73,23	480,91
7	91,33	481,81
8	103,99	480,0

9	122,08	481,81
10	142,89	482,72
11	158,27	483,62
12	172,74	483,62
13	189,03	485,43
14	208,93	486,33
15	222,5	487,24
16	239,68	486,33
17	257,78	486,33
18	279,49	487,24
19	295,77	489,05
20	312,05	489,05
21	339,19	489,05
22	357,29	490,86
23	370,86	492,67
24	381,71	492,67
25	402,52	495,38
26	417,9	492,67
27	426,94	494,48
28	441,42	491,76
29	460,41	492,67
30	478,51	492,67
31	500,22	489,95
32	512,88	489,95
33	526,45	485,43
34	549,93	487,39

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	430,24
2	25,29	426,63
3	49,71	423,91
4	84,09	424,82
5	100,37	422,11
6	126,61	424,82
7	141,08	427,53
8	164,6	423,01
9	181,79	425,72
10	197,17	425,72
11	217,97	423,01
12	240,59	422,11
13	265,01	423,91
14	296,68	421,2
15	321,1	421,2
16	343,72	423,91
17	372,66	423,91
18	396,18	424,82
19	414,28	426,63
20	438,7	424,82
21	458,6	426,63
22	481,22	429,34
23	502,93	425,72
24	521,93	422,11
25	535,5	422,11
26	549,93	421,0

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	411,25
2	20,76	411,25
3	47,0	409,44
4	72,33	407,63
5	95,85	403,11
6	123,89	400,39
7	141,98	402,2
8	169,12	399,49
9	187,22	397,68
10	209,83	394,06
11	236,97	393,16
12	261,4	391,35
13	280,39	392,25
14	298,49	396,78
15	321,1	396,78
16	338,29	403,11
17	361,81	402,2
18	380,81	402,2
19	402,52	397,68
20	419,71	400,39
21	446,84	398,58
22	479,41	400,39
23	501,12	397,68
24	528,26	395,87
25	549,93	395,87

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0	1	15	1650	1800	terreno vegetale
2	0,8	0,8	25	1800	2000	limo argilloso
3	0,8	0,8	25	1800	2000	limo debolmente argilloso
4	1	1	25	2000	2200	argilla debolmente sabbiosa

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,81
Ascissa centro superficie	273,91 m
Ordinata centro superficie	544,16 m
Raggio superficie	213,33 m

Numero di superfici esaminate....(221)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	273,9	544,2	213,3	1,81
2	278,9	547,0	214,8	1,87
3	283,9	544,2	186,7	1,84
4	288,9	547,0	187,1	1,86
5	293,9	544,2	235,5	1,81
6	298,8	547,0	206,4	1,90
7	303,8	544,2	201,6	1,81
8	308,8	547,0	174,4	1,89
9	313,8	544,2	218,2	1,83
10	318,8	547,0	214,2	1,86
11	323,8	544,2	186,4	1,83
12	328,8	547,0	205,5	1,86
13	333,8	544,2	178,2	1,86
14	338,7	547,0	197,0	1,84
15	343,7	544,2	170,8	1,90
16	348,7	547,0	168,3	1,97
17	353,7	544,2	183,4	1,88
18	358,7	547,0	180,2	1,93
19	363,7	544,2	175,0	1,92
20	368,7	547,0	171,8	2,01
21	373,7	544,2	149,2	2,06
22	273,9	549,8	216,8	1,85
23	278,9	552,6	219,8	1,90
24	283,9	549,8	190,4	1,89
25	288,9	552,6	188,7	1,92
26	293,9	549,8	211,1	1,94
27	298,8	552,6	207,0	1,90
28	303,8	549,8	202,9	1,87
29	308,8	552,6	199,4	1,91
30	313,8	549,8	194,7	1,94
31	318,8	552,6	215,7	1,92
32	323,8	549,8	187,5	1,89
33	328,8	552,6	207,3	1,92
34	333,8	549,8	180,2	1,92
35	338,7	552,6	177,8	1,98
36	343,7	549,8	173,0	1,97
37	348,7	552,6	170,6	2,05
38	353,7	549,8	165,9	2,04
39	358,7	552,6	182,2	2,01
40	363,7	549,8	177,0	2,00
41	368,7	552,6	173,9	2,09
42	373,7	549,8	151,6	2,14
43	273,9	555,4	222,1	1,88

44	278,9	558,2	223,4	1,94
45	283,9	555,4	192,1	1,96
46	288,9	558,2	189,4	2,00
47	293,9	555,4	185,1	1,98
48	298,8	558,2	208,9	1,96
49	303,8	555,4	204,2	1,94
50	308,8	558,2	201,7	1,97
51	313,8	555,4	196,9	2,01
52	318,8	558,2	217,6	1,98
53	323,8	555,4	189,7	1,95
54	328,8	558,2	187,3	2,01
55	333,8	555,4	182,6	1,99
56	338,7	558,2	200,9	1,96
57	343,7	555,4	175,4	2,05
58	348,7	558,2	192,6	2,03
59	353,7	555,4	187,4	2,02
60	358,7	558,2	184,4	2,08
61	363,7	555,4	179,2	2,07
62	368,7	558,2	159,0	2,23
63	373,7	555,4	170,9	2,17
64	273,9	561,0	226,0	1,92
65	278,9	563,8	225,6	2,00
66	283,9	561,0	193,7	2,02
67	288,9	563,8	192,1	2,07
68	293,9	561,0	239,6	1,98
69	298,8	563,8	211,2	2,02
70	303,8	561,0	206,4	1,99
71	308,8	563,8	204,0	2,10
72	313,8	561,0	199,3	2,07
73	318,8	563,8	196,9	2,10
74	323,8	561,0	192,1	2,02
75	328,8	563,8	189,8	2,07
76	333,8	561,0	206,1	2,02
77	338,7	563,8	203,1	2,03
78	343,7	561,0	197,8	2,05
79	348,7	563,8	175,6	2,20
80	353,7	561,0	170,8	2,20
81	358,7	563,8	186,7	2,16
82	363,7	561,0	181,4	2,15
83	368,7	563,8	161,7	2,31
84	373,7	561,0	156,9	2,32
85	273,9	566,6	202,4	2,19
86	278,9	569,4	227,9	2,05
87	283,9	566,6	196,4	2,09
88	288,9	569,4	194,8	2,13
89	293,9	566,6	241,5	2,03
90	298,8	569,4	213,6	2,08
91	303,8	566,6	208,8	2,06
92	308,8	569,4	206,5	2,17
93	313,8	566,6	201,7	2,14
94	318,8	569,4	221,7	2,10
95	323,8	566,6	194,6	2,09
96	328,8	569,4	213,5	2,11
97	333,8	566,6	187,5	2,13
98	338,7	569,4	185,3	2,20
99	343,7	566,6	180,5	2,20
100	348,7	569,4	178,3	2,28

101	353,7	566,6	191,9	2,17
102	358,7	569,4	189,1	2,24
103	363,7	566,6	183,8	2,23
104	368,7	569,4	181,0	2,34
105	373,7	566,6	159,7	2,41
106	273,9	572,2	177,6	2,22
107	278,9	575,0	230,3	2,11
108	283,9	572,2	199,1	2,15
109	288,9	575,0	197,6	2,20
110	293,9	572,2	193,2	2,18
111	298,8	575,0	240,4	2,23
112	303,8	572,2	211,2	2,12
113	308,8	575,0	209,0	2,23
114	313,8	572,2	226,9	2,13
115	318,8	575,0	223,9	2,16
116	323,8	572,2	218,7	2,15
117	328,8	575,0	215,8	2,18
118	333,8	572,2	210,5	2,15
119	338,7	575,0	207,7	2,16
120	343,7	572,2	202,4	2,19
121	348,7	575,0	181,1	2,36
122	353,7	572,2	194,3	2,24
123	358,7	575,0	174,2	2,40
124	363,7	572,2	186,3	2,32
125	368,7	575,0	183,6	2,42
126	373,7	572,2	162,6	2,50
127	273,9	577,8	180,7	2,29
128	278,9	580,6	232,7	2,17
129	283,9	577,8	201,9	2,22
130	288,9	580,6	200,4	2,27
131	293,9	577,8	245,6	2,15
132	298,8	580,6	242,6	2,29
133	303,8	577,8	213,8	2,18
134	308,8	580,6	211,6	2,30
135	313,8	577,8	229,2	2,19
136	318,8	580,6	204,6	2,31
137	323,8	577,8	199,8	2,22
138	328,8	580,6	218,2	2,24
139	333,8	577,8	212,9	2,22
140	338,7	580,6	210,1	2,28
141	343,7	577,8	204,8	2,26
142	348,7	580,6	183,9	2,40
143	353,7	577,8	196,8	2,32
144	358,7	580,6	177,2	2,48
145	363,7	577,8	172,3	2,49
146	368,7	580,6	170,5	2,58
147	373,7	577,8	181,1	2,48
148	273,9	583,4	183,9	2,36
149	278,9	586,2	235,3	2,23
150	283,9	583,4	204,8	2,28
151	288,9	586,2	203,4	2,34
152	293,9	583,4	247,8	2,20
153	298,8	586,2	244,9	2,35
154	303,8	583,4	216,4	2,25
155	308,8	586,2	214,3	2,37
156	313,8	583,4	209,4	2,35
157	318,8	586,2	207,3	2,38

158	323,8	583,4	202,5	2,29
159	328,8	586,2	200,5	2,36
160	333,8	583,4	215,4	2,29
161	338,7	586,2	212,7	2,35
162	343,7	583,4	188,8	2,39
163	348,7	586,2	204,8	2,41
164	353,7	583,4	199,5	2,40
165	358,7	586,2	180,2	2,56
166	363,7	583,4	191,6	2,49
167	368,7	586,2	173,6	2,67
168	373,7	583,4	183,9	2,57
169	273,9	589,0	187,2	2,43
170	278,9	591,8	237,9	2,29
171	283,9	589,0	207,8	2,35
172	288,9	591,8	206,4	2,41
173	293,9	589,0	250,1	2,26
174	298,8	591,8	247,3	2,42
175	303,8	589,0	219,1	2,31
176	308,8	591,8	217,0	2,44
177	313,8	589,0	233,9	2,32
178	318,8	591,8	210,2	2,45
179	323,8	589,0	205,3	2,36
180	328,8	591,8	223,2	2,38
181	333,8	589,0	198,5	2,43
182	338,7	591,8	196,6	2,51
183	343,7	589,0	210,1	2,42
184	348,7	591,8	207,5	2,49
185	353,7	589,0	202,2	2,48
186	358,7	591,8	199,8	2,57
187	363,7	589,0	194,5	2,52
188	368,7	591,8	176,8	2,77
189	373,7	589,0	186,8	2,66
190	273,9	594,6	190,5	2,50
191	278,9	597,4	240,6	2,35
192	283,9	594,6	210,8	2,42
193	288,9	597,4	209,5	2,48
194	293,9	594,6	252,5	2,32
195	298,8	597,4	249,7	2,48
196	303,8	594,6	221,9	2,48
197	308,8	597,4	198,1	2,50
198	313,8	594,6	236,5	2,38
199	318,8	597,4	213,1	2,53
200	323,8	594,6	208,2	2,44
201	328,8	597,4	225,9	2,46
202	333,8	594,6	220,6	2,44
203	338,7	597,4	199,7	2,54
204	343,7	594,6	212,8	2,49
205	348,7	597,4	210,4	2,57
206	353,7	594,6	205,1	2,57
207	358,7	597,4	202,7	2,60
208	363,7	594,6	197,4	2,60
209	368,7	597,4	195,2	2,72
210	373,7	594,6	189,9	2,76
211	273,9	600,2	193,9	2,58
212	283,9	600,2	213,9	2,49
213	293,9	600,2	231,6	2,54
214	303,8	600,2	224,8	2,55

215	313,8	600,2	239,1	2,44
216	323,8	600,2	231,2	2,48
217	333,8	600,2	223,4	2,51
218	343,7	600,2	215,7	2,57
219	353,7	600,2	191,4	2,72
220	363,7	600,2	200,5	2,69
221	373,7	600,2	178,6	2,98

VERIFICA DI STABILITA' POST OPERAM

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Zona	Troia
Lat./Long.	41,35978/15,308114
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	273,91 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	544,16 m
Ascissa vertice destro superiore xs	373,65 m
Ordinata vertice destro superiore ys	600,15 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

Tipo opera:	1 - Opere provvisorie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	4,0 [anni]
Vita di riferimento:	8,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,46	2,41	0,29
S.L.D.	30,0	0,49	2,44	0,3
S.L.V.	76,0	1,26	2,58	0,44
S.L.C.	156,0	1,65	2,6	0,47

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,69	0,18	0,0127	0,0063
S.L.D.	0,735	0,18	0,0135	0,0067
S.L.V.	1,89	0,24	0,0463	0,0231
S.L.C.	2,3719	0,24	0,0581	0,029

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,0127

Coefficiente azione sismica verticale

0,0063

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	478,79
2	10,0	479,49
3	20,0	480,47
4	30,0	481,59
5	40,0	482,64
6	50,0	483,38
7	58,99	484,68
8	70,0	484,68
9	80,0	485,24
10	90,0	485,79
11	100,0	486,24
12	101,95	486,31
13	110,0	486,68
14	120,0	487,17
15	130,0	487,64
16	140,0	488,13
17	143,52	488,28
18	150,0	488,43
19	160,0	488,69
20	170,0	489,06
21	180,0	489,44
22	190,0	489,8
23	198,94	490,15
24	210,0	490,61
25	220,0	491,06
26	230,0	491,53
27	240,0	491,97
28	250,0	492,4
29	260,0	492,85
30	270,0	493,3
31	280,0	493,81
32	283,23	493,96
33	290,0	494,25
34	300,0	494,66
35	310,0	495,18
36	320,0	495,63
37	330,0	495,64
38	340,0	495,79
39	341,58	495,81
40	350,0	496,97

41	360,0	497,93
42	370,0	498,6
43	380,0	499,03
44	390,0	499,31
45	400,0	499,45
46	410,0	499,46
47	420,0	499,36
48	430,0	499,17
49	440,0	498,89
50	450,0	498,56
51	460,0	498,23
52	466,48	498,04
53	470,0	497,93
54	480,0	497,63
55	490,0	497,33
56	500,0	496,97
57	510,0	496,48
58	520,0	496,0
59	530,0	495,43
60	540,0	493,32
61	549,93	490,85

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	475,48
2	15,34	475,48
3	27,1	476,38
4	42,48	476,38
5	55,14	479,1
6	73,23	480,91
7	91,33	481,81
8	103,99	480,0
9	122,08	481,81
10	142,89	482,72
11	158,27	483,62
12	172,74	483,62
13	189,03	485,43
14	208,93	486,33
15	222,5	487,24
16	239,68	486,33
17	257,78	486,33
18	279,49	487,24
19	295,77	489,05
20	312,05	489,05
21	339,19	489,05
22	357,29	490,86
23	370,86	492,67
24	381,71	492,67
25	402,52	495,38
26	417,9	492,67
27	426,94	494,48
28	441,42	491,76
29	460,41	492,67
30	478,51	492,67
31	500,22	489,95
32	512,88	489,95

33	526,45	485,43
34	549,93	487,39

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	430,24
2	25,29	426,63
3	49,71	423,91
4	84,09	424,82
5	100,37	422,11
6	126,61	424,82
7	141,08	427,53
8	164,6	423,01
9	181,79	425,72
10	197,17	425,72
11	217,97	423,01
12	240,59	422,11
13	265,01	423,91
14	296,68	421,2
15	321,1	421,2
16	343,72	423,91
17	372,66	423,91
18	396,18	424,82
19	414,28	426,63
20	438,7	424,82
21	458,6	426,63
22	481,22	429,34
23	502,93	425,72
24	521,93	422,11
25	535,5	422,11
26	549,93	421,0

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	411,25
2	20,76	411,25
3	47,0	409,44
4	72,33	407,63
5	95,85	403,11
6	123,89	400,39
7	141,98	402,2
8	169,12	399,49
9	187,22	397,68
10	209,83	394,06
11	236,97	393,16
12	261,4	391,35
13	280,39	392,25
14	298,49	396,78
15	321,1	396,78
16	338,29	403,11
17	361,81	402,2
18	380,81	402,2
19	402,52	397,68
20	419,71	400,39
21	446,84	398,58
22	479,41	400,39
23	501,12	397,68

24	528,26	395,87
25	549,93	395,87

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0	1	15	1650	1800	terreno vegetale
2	0,8	0,8	25	1800	2000	limo argilloso
3	0,8	0,8	25	1800	2000	limo debolmente argilloso
4	1	1	25	2000	2200	argilla debolmente sabbiosa

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,81
Ascissa centro superficie	273,91 m
Ordinata centro superficie	544,16 m
Raggio superficie	213,33 m

Numero di superfici esaminate....(221)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	273,9	544,2	213,3	1,81
2	278,9	547,0	214,8	1,87
3	283,9	544,2	186,7	1,84
4	288,9	547,0	187,1	1,86
5	293,9	544,2	235,5	1,81
6	298,8	547,0	206,4	1,90
7	303,8	544,2	201,6	1,81
8	308,8	547,0	174,4	1,89
9	313,8	544,2	218,2	1,83
10	318,8	547,0	214,2	1,86
11	323,8	544,2	186,4	1,83
12	328,8	547,0	205,5	1,86

13	333,8	544,2	178,2	1,86
14	338,7	547,0	197,0	1,84
15	343,7	544,2	170,8	1,90
16	348,7	547,0	168,3	1,97
17	353,7	544,2	183,4	1,88
18	358,7	547,0	180,2	1,93
19	363,7	544,2	175,0	1,92
20	368,7	547,0	171,8	2,01
21	373,7	544,2	149,2	2,06
22	273,9	549,8	216,8	1,85
23	278,9	552,6	219,8	1,90
24	283,9	549,8	190,4	1,89
25	288,9	552,6	188,7	1,92
26	293,9	549,8	211,1	1,94
27	298,8	552,6	207,0	1,90
28	303,8	549,8	202,9	1,87
29	308,8	552,6	199,4	1,91
30	313,8	549,8	194,7	1,94
31	318,8	552,6	215,7	1,92
32	323,8	549,8	187,5	1,89
33	328,8	552,6	207,3	1,92
34	333,8	549,8	180,2	1,92
35	338,7	552,6	177,8	1,98
36	343,7	549,8	173,0	1,97
37	348,7	552,6	170,6	2,05
38	353,7	549,8	165,9	2,04
39	358,7	552,6	182,2	2,01
40	363,7	549,8	177,0	2,00
41	368,7	552,6	173,9	2,09
42	373,7	549,8	151,6	2,14
43	273,9	555,4	222,1	1,88
44	278,9	558,2	223,4	1,94
45	283,9	555,4	192,1	1,96
46	288,9	558,2	189,4	2,00
47	293,9	555,4	185,1	1,98
48	298,8	558,2	208,9	1,96
49	303,8	555,4	204,2	1,94
50	308,8	558,2	201,7	1,97
51	313,8	555,4	196,9	2,01
52	318,8	558,2	217,6	1,98
53	323,8	555,4	189,7	1,95
54	328,8	558,2	187,3	2,01
55	333,8	555,4	182,6	1,99
56	338,7	558,2	200,9	1,96
57	343,7	555,4	175,4	2,05
58	348,7	558,2	192,6	2,03
59	353,7	555,4	187,4	2,02
60	358,7	558,2	184,4	2,08
61	363,7	555,4	179,2	2,07
62	368,7	558,2	159,0	2,23
63	373,7	555,4	170,9	2,17
64	273,9	561,0	226,0	1,92
65	278,9	563,8	225,6	2,00
66	283,9	561,0	193,7	2,02
67	288,9	563,8	192,1	2,07
68	293,9	561,0	239,6	1,98
69	298,8	563,8	211,2	2,02

70	303,8	561,0	206,4	1,99
71	308,8	563,8	204,0	2,10
72	313,8	561,0	199,3	2,07
73	318,8	563,8	196,9	2,10
74	323,8	561,0	192,1	2,02
75	328,8	563,8	189,8	2,07
76	333,8	561,0	206,1	2,02
77	338,7	563,8	203,1	2,03
78	343,7	561,0	197,8	2,05
79	348,7	563,8	175,6	2,20
80	353,7	561,0	170,8	2,20
81	358,7	563,8	186,7	2,16
82	363,7	561,0	181,4	2,15
83	368,7	563,8	161,7	2,31
84	373,7	561,0	156,9	2,32
85	273,9	566,6	202,4	2,19
86	278,9	569,4	227,9	2,05
87	283,9	566,6	196,4	2,09
88	288,9	569,4	194,8	2,13
89	293,9	566,6	241,5	2,03
90	298,8	569,4	213,6	2,08
91	303,8	566,6	208,8	2,06
92	308,8	569,4	206,5	2,17
93	313,8	566,6	201,7	2,14
94	318,8	569,4	221,7	2,10
95	323,8	566,6	194,6	2,09
96	328,8	569,4	213,5	2,11
97	333,8	566,6	187,5	2,13
98	338,7	569,4	185,3	2,20
99	343,7	566,6	180,5	2,20
100	348,7	569,4	178,3	2,28
101	353,7	566,6	191,9	2,17
102	358,7	569,4	189,1	2,24
103	363,7	566,6	183,8	2,23
104	368,7	569,4	181,0	2,34
105	373,7	566,6	159,7	2,41
106	273,9	572,2	177,6	2,22
107	278,9	575,0	230,3	2,11
108	283,9	572,2	199,1	2,15
109	288,9	575,0	197,6	2,20
110	293,9	572,2	193,2	2,18
111	298,8	575,0	240,4	2,23
112	303,8	572,2	211,2	2,12
113	308,8	575,0	209,0	2,23
114	313,8	572,2	226,9	2,13
115	318,8	575,0	223,9	2,16
116	323,8	572,2	218,7	2,15
117	328,8	575,0	215,8	2,18
118	333,8	572,2	210,5	2,15
119	338,7	575,0	207,7	2,16
120	343,7	572,2	202,4	2,19
121	348,7	575,0	181,1	2,36
122	353,7	572,2	194,3	2,24
123	358,7	575,0	174,2	2,40
124	363,7	572,2	186,3	2,32
125	368,7	575,0	183,6	2,42
126	373,7	572,2	162,6	2,50

127	273,9	577,8	180,7	2,29
128	278,9	580,6	232,7	2,17
129	283,9	577,8	201,9	2,22
130	288,9	580,6	200,4	2,27
131	293,9	577,8	245,6	2,15
132	298,8	580,6	242,6	2,29
133	303,8	577,8	213,8	2,18
134	308,8	580,6	211,6	2,30
135	313,8	577,8	229,2	2,19
136	318,8	580,6	204,6	2,31
137	323,8	577,8	199,8	2,22
138	328,8	580,6	218,2	2,24
139	333,8	577,8	212,9	2,22
140	338,7	580,6	210,1	2,28
141	343,7	577,8	204,8	2,26
142	348,7	580,6	183,9	2,40
143	353,7	577,8	196,8	2,32
144	358,7	580,6	177,2	2,48
145	363,7	577,8	172,3	2,49
146	368,7	580,6	170,5	2,58
147	373,7	577,8	181,1	2,48
148	273,9	583,4	183,9	2,36
149	278,9	586,2	235,3	2,23
150	283,9	583,4	204,8	2,28
151	288,9	586,2	203,4	2,34
152	293,9	583,4	247,8	2,20
153	298,8	586,2	244,9	2,35
154	303,8	583,4	216,4	2,25
155	308,8	586,2	214,3	2,37
156	313,8	583,4	209,4	2,35
157	318,8	586,2	207,3	2,38
158	323,8	583,4	202,5	2,29
159	328,8	586,2	200,5	2,36
160	333,8	583,4	215,4	2,29
161	338,7	586,2	212,7	2,35
162	343,7	583,4	188,8	2,39
163	348,7	586,2	204,8	2,41
164	353,7	583,4	199,5	2,40
165	358,7	586,2	180,2	2,56
166	363,7	583,4	191,6	2,49
167	368,7	586,2	173,6	2,67
168	373,7	583,4	183,9	2,57
169	273,9	589,0	187,2	2,43
170	278,9	591,8	237,9	2,29
171	283,9	589,0	207,8	2,35
172	288,9	591,8	206,4	2,41
173	293,9	589,0	250,1	2,26
174	298,8	591,8	247,3	2,42
175	303,8	589,0	219,1	2,31
176	308,8	591,8	217,0	2,44
177	313,8	589,0	233,9	2,32
178	318,8	591,8	210,2	2,45
179	323,8	589,0	205,3	2,36
180	328,8	591,8	223,2	2,38
181	333,8	589,0	198,5	2,43
182	338,7	591,8	196,6	2,51
183	343,7	589,0	210,1	2,42

184	348,7	591,8	207,5	2,49
185	353,7	589,0	202,2	2,48
186	358,7	591,8	199,8	2,57
187	363,7	589,0	194,5	2,52
188	368,7	591,8	176,8	2,77
189	373,7	589,0	186,8	2,66
190	273,9	594,6	190,5	2,50
191	278,9	597,4	240,6	2,35
192	283,9	594,6	210,8	2,42
193	288,9	597,4	209,5	2,48
194	293,9	594,6	252,5	2,32
195	298,8	597,4	249,7	2,48
196	303,8	594,6	221,9	2,48
197	308,8	597,4	198,1	2,50
198	313,8	594,6	236,5	2,38
199	318,8	597,4	213,1	2,53
200	323,8	594,6	208,2	2,44
201	328,8	597,4	225,9	2,46
202	333,8	594,6	220,6	2,44
203	338,7	597,4	199,7	2,54
204	343,7	594,6	212,8	2,49
205	348,7	597,4	210,4	2,57
206	353,7	594,6	205,1	2,57
207	358,7	597,4	202,7	2,60
208	363,7	594,6	197,4	2,60
209	368,7	597,4	195,2	2,72
210	373,7	594,6	189,9	2,76
211	273,9	600,2	193,9	2,58
212	283,9	600,2	213,9	2,49
213	293,9	600,2	231,6	2,54
214	303,8	600,2	224,8	2,55
215	313,8	600,2	239,1	2,44
216	323,8	600,2	231,2	2,48
217	333,8	600,2	223,4	2,51
218	343,7	600,2	215,7	2,57
219	353,7	600,2	191,4	2,72
220	363,7	600,2	200,5	2,69
221	373,7	600,2	178,6	2,98
