



COMUNE DI CANDELA

PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico con potenza nominale pari a 43.918 MWp, da ubicarsi in agro del Comune di Candela in un buffer di 300 m dall'Autostrada A16 in località "Serra d'Isca", delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

Studio di compatibilità geologica, geomorfologica, idrogeologica e geotecnica

CCO. ID.					
Livello prog.		Tipo documentazione	N. elaborato	Data	Scala
PD		Definitiva	4.2.2	02 / 2024	-

Nome file	
-----------	--

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	FEBBRAIO 2024	PRIMA EMISSIONE	MAGNOTTA	MAGNOTTA	MAGNOTTA

COMMITTENTE:



Q-Energy Renewables 2 s.r.l.

Via Vittor Pisani, B/A
20124 Milano (MI) Italia
q-energyrenewables2srl@legalmail.it

PROGETTAZIONE:



MAXIMA INGEGNERIA S.R.L.

Direttore tecnico: Ing. Massimo Magnotta
via Marco Partigliò n.48 - 70124 BARI
pec: gped@pec.it
P.IVA: 06948690729

CONSULENTI:

Dott. Geol.  Antonio Falcone

e-mail: antonio.falcone@max.it

Ing. Orazio Buonamico

e-mail: orazio.62@gmail.com

Dott. Antonio Mesisca

e-mail: antonio.mesisca@ing.it

Dott. Diego Zullo

e-mail: diegozullo@grat.com



Indice

1. Premessa.....	3
1.1 Quadro normativo di riferimento	3
2. Inquadramento geografico.....	4
3. Interventi progettuali previsti	4
4. Inquadramento geologico generale.....	5
4.1 Assetto tettonico stratigrafico.....	5
5. Area interessata dall'impianto fotovoltaico	8
5.1 Caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni interessati dalle opere.....	8
5.2 Caratteri geomorfologici	11
5.2.a Verifica analitica di stabilità dei versanti.....	14
6. Idrogeologia e vulnerabilità della falda.....	16
6.a Idrogeologia.....	16
6.b Reticolo idrografico e Autorità di Bacino	19
7. Opere connesse.....	21
7.1 SOTTOSTAZIONE.....	22
8. SISMICITA' DELL'AREA.....	26
8.1 Inquadramento Macrosismico.....	26
8.2 Microzonazione sismica	31
9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	32
10. BIBLIOGRAFIA	33

1 PREMESSA

Il presente elaborato è stato redatto, nell'ambito del progetto denominato "Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico con potenza nominale pari a 43.918 MWp, da ubicarsi in agro del Comune di Candela in un buffer di 300 m dall'Autostrada A16 in località "Serra d'Isca", delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili.", allo scopo di fornire informazioni di carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico sui luoghi che accoglieranno l'intervento in progetto.

L'analisi geologica, idrogeologica e geomorfologica contenuta nel presente documento, deriva dall'esame accurato dei dati bibliografici esistenti in letteratura riguardo all'area in cui si inserisce il progetto, e dai sopralluoghi effettuati sul campo.

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della *Relazione Geologica Preliminare* si inquadra nell'ambito della L. 64/74 e del D.M.LL.PP. 11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Pubblicato nel Suppl. Ord. Gazz. Uff. 1° giugno 1988, n. 127." (e s.m.i.).

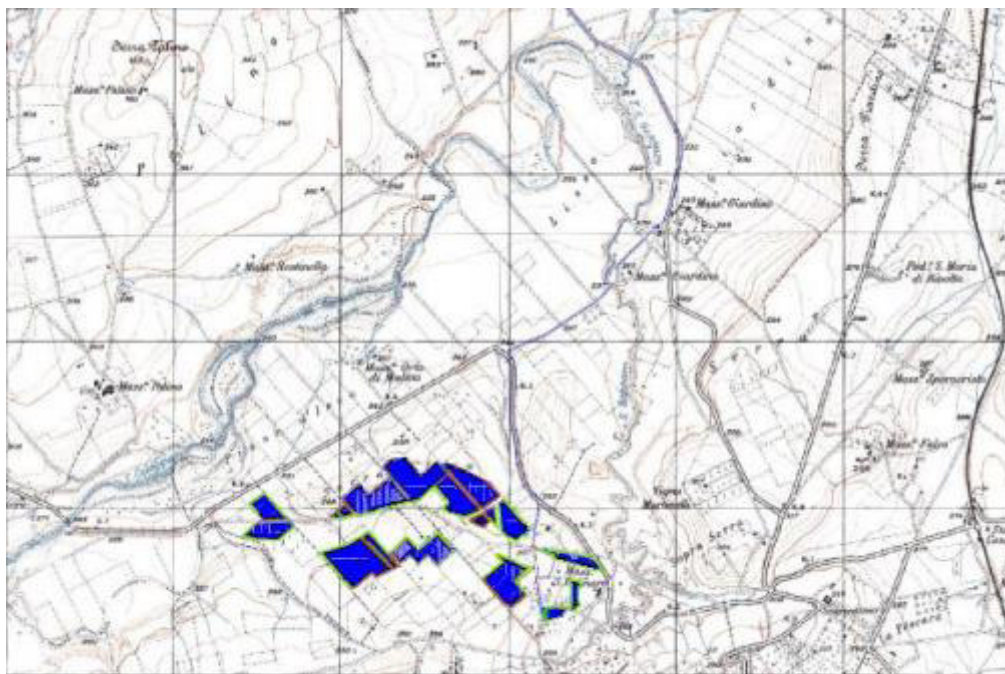
I criteri ed indirizzi secondo cui è stata redatta tale *relazione* sono esplicitati nella Circ. n. 218/24/3 del 09/01/96 ed ancora nelle Nuove N.T.C. **14.01.08 e suo aggiornamento del 17/01/2018.**, Regolamento Regionale n°9 dell'11/03/2015. Si aggiunge che, ai sensi del succitato D.M.LL.PP. 11/03/88 (in particolare, art. 3, lettera B) ed ai sensi della L. 11/02/1994 n. 109 (Legge Quadro in materia di lavori pubblici o "Legge Merloni") e del D.Lgs. n. 163/06 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE. Pubblicato nella Gazz. Uff. 2 maggio 2006, n. 100, S.O." (in particolare, Allegato XXI - Allegato tecnico di cui all'articolo 164 - Sezione I, punto 2, lettera d), per la stesura della *relazione geologica preliminare* si può far riferimento a conoscenze provenienti da fonti bibliografiche o, qualora se ne sia in possesso, derivanti da indagini precedentemente svoltesi nella stessa area di analisi.

Infatti, nel D.M.LL.PP. 11/03/88, l'art. 3, lettera B, recita: [...Nelle fasi preliminari della progettazione si potrà far riferimento a informazioni di carattere geologico e a dati geotecnici deducibili dalla letteratura oppure noti attraverso indagini eseguite precedentemente sulla medesima area.]; mentre, il D.Lgs. n. 163/06, Allegato XXI - Allegato tecnico di cui all'articolo 164 - Sezione I, punto 2, lettera d, riportata [...studi necessari per un'adeguata conoscenza del contesto in cui andrà a inserirsi l'opera, corredati da dati bibliografici e/o indagini in sito ed in laboratorio - quali, indicativamente ma non esaustivamente, quelle topografiche, geologiche, geotecniche, idrogeologiche, idrologiche, idrauliche, sismiche,...]; è evidente come il decreto, attraverso la dicitura "...dati bibliografici e/o indagini in sito ed in laboratorio..." dia la facoltà di utilizzare sia dati preesistenti sia dati provenienti da indagini *in situ ex novo*.

Si sottolinea pertanto che, per la stesura della presente relazione, sono utilizzati anche dati estrapolati da fonti bibliografiche (specifiche e non per la zona), cartografie, da ampi studi messi a disposizione on-line dai portali regionali e provinciali del territorio.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'intervento oggetto della seguente relazione geologica ricade nell'ambito Comunale di Candela (Fg) in località "Buffer autostradale Bari – Napoli "



Inquadramento su IGM

Fg1 Perimetrazione dell'area interessata dal progetto

3 INTERVENTI PREVISTI

Gli interventi in progettuali consistono nella realizzazione di strutture di supporto dei moduli realizzate in carpenteria metallica. Si tratta di una struttura metallica costituita essenzialmente da:

- Un corpo di sostegno disponibile come sostegno singolo o articolato, a seconda del numero dei moduli da applicare, l'utilizzo di un profilo monoblocco consente di evitare ulteriori giunzioni suscettibili alla corrosione;
- Delle traverse, rapportate alle forze di carico, i cui profili sono integrati da scanalature che permettono un facile montaggio dei moduli fotovoltaici. Le traverse sono fissate al sostegno con particolari morsetti;
- delle fondazioni costituite semplicemente da un profilato in acciaio zincato a caldo conficcato nel terreno. La forma del profilo permette di supportare ottimamente i carichi statici;

Le palancole saranno infisse nel terreno con una macchina battipalo.

Piazzole di manovra per la realizzazione dell'impianto, la realizzazione di una viabilità per la manutenzione dell'impianto e lo scavo di una trincea per il posizionamento del cavidotto di evacuazione dell'energia elettrica fino alla sottostazione Terna di Deliceto.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

4.1 Assetto Tettonico Stratigrafico

Il territorio interessato dagli interventi in progetto si sviluppa nell'area collinare della Provincia di Foggia, in un settore caratterizzato da depositi Miocenici prevalentemente di origine marina, sulle quali si riscontrano le più recenti formazioni Quaternarie di ambiente continentale. Dal punto di vista geostrutturale questo settore appartiene al dominio di Avanfossa adriatica nel tratto che risulta compreso tra i Monti della Daunia e l'altopiano delle Murge. L'Avanfossa, bacino adiacente ed in parte sottoposto al fronte esterno della Catena appenninica, si è formata a partire dal Pliocene inferiore per progressivo colamento di una depressione tettonica allungata NW-SE, da parte di sedimenti clastici; questo processo, sia pure con evidenze diacroniche, si è concluso alla fine del Pleistocene con l'emersione dell'intera area



Figura 4.1: Schema dei principali domini geodinamici: 1) Limite delle Unità Appenniniche Alloctone; 2) Catena Appenninica ed Arco Calabro; 3) Avanfossa; 4) Avampaese Apulo-Garganico; 5) Bacini Plio-Pleistocenici – Fonte: Zezza et al., 1984).

L'area di Catena si estende lungo un tratto di dorsale, orientato circa N-S, che si sviluppa dalla zona di Bovino-Deliceto, costituendo, sotto il profilo morfologico-strutturale, parte del settore centro-meridionale dell'Appennino Dauno; questi rilievi che raggiungono al massimo i 930 m di altitudine, digradano verso E e SE, attraverso una serie di bassi rilievi collinari con sommità sub-pianeggiante verso Castelluccio dei Sauri, Ascoli Satriano ed Ortona, rappresentando l'area pedemontana del settore centro-meridionale del Tavoliere di Puglia.

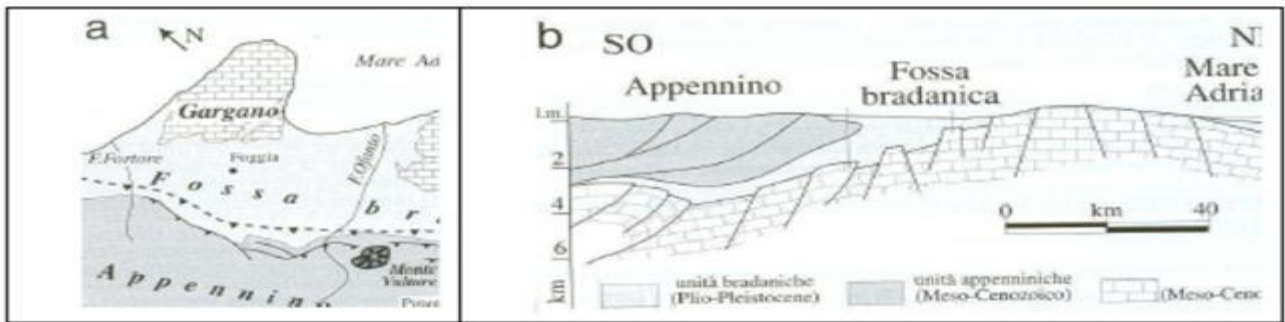


Fig. 4.2: Schema tettonico e stratigrafico tratto dalle guide regionali n.9 "Puglia e Monte Vulture" prima parte BE-MA editrice, 1999.

Il basamento del Tavoliere come pure di gran parte della regione Puglia è caratterizzato da una potente serie carbonatica di età mesozoica costituita da calcari, calcari dolomitici e dolomie, su cui poggiano le coperture plio-pleistoceniche ed oloceniche costituite in particolare da depositi argillosi con livelli di argille sabbiose, con una potenza variabile e decrescente dal margine appenninico verso il Mare Adriatico compresa tra 1000 e 200 metri. L'intera area è inoltre solcata con direzione NO-SE dalle incisioni dei bacini idrografici dei Torrenti Cervaro e Carapelle. L'Appennino Dauno e la Fossa Bradanica fanno parte di un più esteso sistema di foreland thrust belt riconosciuto dal Molise fino al confine calabro-lucano (Mostardini & Merlini, 1986). Il margine esterno della catena è stato strutturato dai più recenti sovrascorrimenti sui carbonati dell'Avampese apulo e questi, a loro volta, nella loro migrazione verso Est, hanno dapprima dato origine ad una Avanfossa, la Fossa Bradanica appunto, e successivamente ne hanno controllato la sedimentazione nel corso del Pliocene e di parte del Pleistocene. La geometria del margine interno della Fossa Bradanica è strettamente dipendente dallo sviluppo della catena sud-appenninica sulla placca apula in subduzione verso O-SO; sia la Catena che l'Avanfossa sono attraversate infatti da faglie di trasferimento ad andamento antiappenninico, che individuano diversi blocchi. Due di queste strutture trasversali importanti sono quella della linea del T. Cervaro e della linea del T. Carapelle. La diversa evoluzione tardo quaternaria del territorio in studio è messo in evidenza anche dalla differente distanza tra il margine interno della Fossa Bradanica ed il fronte compressivo appenninico nei tre blocchi limitati dalle strutture disgiuntive schematizzati in Fig. 4.3. Il blocco centrale, per il quale è evidente in affioramento la posizione del thrust che ha realizzato l'accavallamento sulle unità bradaniche, è stato anche caratterizzato da un significativo e rapido sollevamento, realizzatosi in più fasi fino al termine del Pleistocene inferiore- inizio Pleistocene medio. La diversità dell'evoluzione dei movimenti verticali è testimoniata anche dalla presenza di morfologie acclivi nel blocco centrale rispetto a quelle dei blocchi nord-occidentale e sud-orientale. L'insieme dei dati stratigrafici relativi all'età delle argille subappenniniche bradaniche e di quelli geodinamico- tettonici che scandiscono l'evoluzione dei tre blocchi permette di attribuire l'inversione di tendenza tra le ultime fasi di subsidenza delle aree di Avanfossa e l'inizio delle fasi di sollevamento ad un limite cronologico che separa i depositi marini appartenenti al ciclo sedimentario subsidente della Fossa Bradanica da quelli che caratterizzano le facies continentali del sollevamento, le quali sono state raggruppate nel Tavoliere di Puglia. L'Unità Tettonica della Daunia è stata riconosciuta corrispondente alla porzione di catena più esterna, nella quale sono state distinte tre unità litostratigrafiche, rappresentate dal Flysh Rosso, Flysh di Faeto e dalle marne argillose di Toppo Capuana, con un intervallo di tempo che va dal Cretaceo al Miocene medio-superiore. Dal punto di vista paleogeografico le formazioni appartenenti all'Unità della Daunia occupano la porzione più esterna del locale margine appenninico, esse derivano dalla deformazione delle successioni più interne riferibili al Bacino Lagonegrese-Molisano (Mostardini & Merlini, 1986) a seguito della migrazione del fronte compressivo della Catena, realizzatasi alla fine dell'Oligocene. Si delinea di conseguenza un nuovo bacino, il Bacino Iripino, limitato ad Est dai carbonati della Piattaforma Apula, nel quale si depositano spessori rilevanti di torbiditi, che sono silicoclastiche e provengono dalla Catena in sollevamento nei settori più interni, mentre sono calciclastiche quelle più esterne a causa degli apporti da aree carbonatiche della Piattaforma Apula.

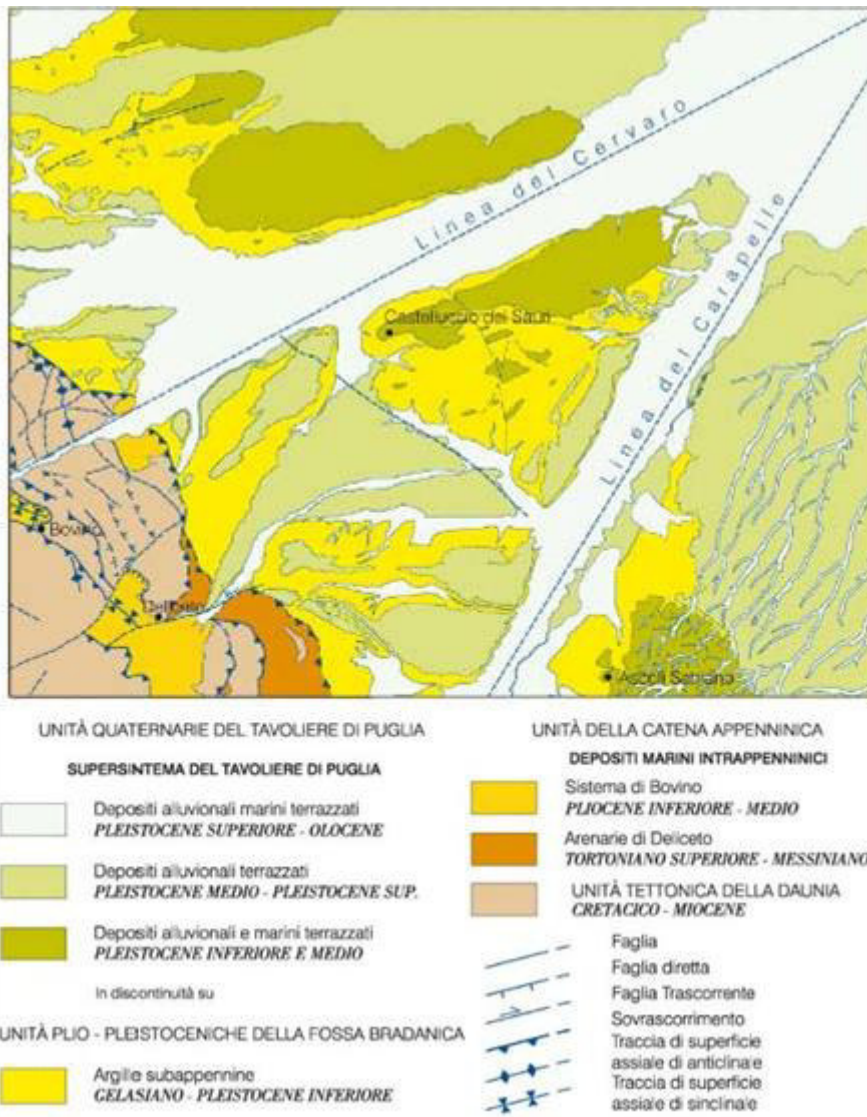


Figura 4.3: Schema tettonico e stratigrafico del Foglio 421 "Ascoli Satriano (Progetto CARG)

L'elemento evolutivo di connessione tra il Bacino Lagonegrese-Molisano e quello Irpino è rappresentato dalla continuità stratigrafica tra il flysch numidico ed il flysch di Faeto. Nel Tortoniano altre fasi deformative coinvolgeranno le unità dell'Avanfossa miocenica nella struttura appenninica. Sulle unità già deformate si accumulano in discordanza i depositi arenacei tortoniano-messiniani di Deliceto. In alcuni punti sull'Unità della Daunia si formano nel corso del Pliocene inferiore e medio alcuni limitati bacini genericamente raggruppati nell'Unità di Ariano Irpino (D'Argenio et alii, 1973) caratterizzati da terrigeni di provenienza appenninica.

Quando nel corso del Pliocene inferiore, durante la fase terminale della strutturazione della Catena, lungo il suo bordo orientale si forma la Fossa Bradanica, si osserva che la sua parte interna e inferiore è caratterizzata dalla deposizione di torbide terrigene sabbioso-siltose, mentre nella parte esterna si riscontra la sedimentazione dell'Unità delle argille subappenniniche.

L'evoluzione sedimentaria e tettonica della Fossa si conclude, alla fine di una fase regressiva medio-pleistocenica, con l'emersione dell'area del Tavoliere di Puglia.

La porzione adriatica della Fossa Bradanica rappresenta un foreland bacino, sviluppato sulla rampa regionale dell'avampaese: l'Avanfossa migra verso oriente per effetto combinato dell'arretramento e abbassamento della rampa carbonatica e dell'avanzamento verso Est delle strutture compressive appenniniche.

Il bacino bradanico si presenta asimmetrico, con un margine appenninico molto acclive ed il margine esterno con minima pendenza; la sedimentazione risente di questa asimmetria ed è perciò diversificata sia per le facies dei depositi, per i loro spessori ed anche per le differenze composizionali mineralogiche e petrografiche. La sedimentazione pelagica nel Bacino prosegue anche per parte del Pleistocene inferiore,

con caratteri di progressiva regressione testimoniati da facies siltose con foraminiferi bentonici di piattaforma.

Verso la fine del Pleistocene inferiore l'evoluzione del sistema Avanfossa-Avampaese produce una importante modifica del bacino, che da fortemente subsidente, si evolve in area a rapido sollevamento, con una graduale regressione verso la linea di costa adriatica. Con il progressivo ampliamento di aree emerse verso oriente, si vengono a creare dei depositi sabbioso-conglomeratici regressivi in facies di spiaggia, sempre più recenti verso oriente. Tali depositi sono conservati in modesti lembi solo nella zona del centro abitato di Ascoli Satriano, altrove i loro esigui spessori sono stati asportati dall'erosione.

L'evoluzione tardo quaternaria di questo tratto di Tavoliere è condizionata dai processi morfogenetici del Pleistocene medio e superiore, durante i quali, in relazione anche a variazioni cicliche del clima, si alternano fasi deposizionali a fasi erosionali.

Durante i periodi di accumulo sedimentario si formano numerose conoidi alluvionali, inoltre la ciclicità di episodi di sedimentazione e di fasi erosive ha determinato la formazione di diversi ordini di depositi alluvionali terrazzati discordanti sulle argille marine, a volte caratterizzati da una porzione basale con caratteri di facies di spiaggia.

5. AREA INTERESSATA DALL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

5.1 Caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni interessati dalle opere.

L'area interessata dalle opere in progetto ricade nella tavoletta III NO "CANDELA" del Fg. 175 della carta d'Italia in località Serra d'Ischia nel buffer di 300 m dall'autostrada Bari - Napoli a Ovest- Nord-ovest dell'abitato di CANDELA; i terreni ivi affioranti sono costituiti essenzialmente da depositi riconducibili alla serie *plio-pleistocenica* (Malatesta- Stanpanoni) e ad un lembo di depositi appartenenti alla Formazione della Daunia. Dal basso verso l'alto nell'area di interesse si riscontrano i seguenti litotipi:

Formazione della Daunia (bcD);

Conglomerati poligenici di base (Pp);

Sabbie di colore giallo-bruno con lenti ciottolose (Ps);

Alluvioni terrazzate recenti (Qt₃);

Detriti di falda (dt)

5.1a Formazione della Daunia (bcD)

Tale unità, che corrisponde al Complesso calcareo-marnoso dei Monti della Daunia, è composta da numerosi litotipi associati tra loro in maniera qualitativamente e quantitativamente variabile da zona a zona. Essa è costituita essenzialmente da : calcari microgranulari biancastri o giallastri, calcareniti e brecciole calcaree di colore chiaro, calcari marnosi biancastri, marne ed argilloscisti bionco-giallastri, calcari pulverulenti organogeni, arenarie giallastre, livelli di puddinghe poligeniche ed orizzonti di diaspro rosato. In varie zone all'interno di questa unità, i cui termini sono generalmente stratificati, si osservano numerose spiegazzature di origine intraformazionale spesso affette da laminazione. L'età di questa formazione si estende dal Langhiani all'Elveziano.

5.1.b Conglomerati Poligenici di base (Pp)

Posizionati in maniera discordante sul complesso del flysch, costituisce una formazione conglomeratica ben distinta.

Si tratta di conglomerati poligenici fortemente cementati con matrice sabbiosa, a stratificazione a volte ben evidente ma, con spessore variabilissimo e quindi di difficile valutazione; si passa infatti da pochi metri ad una quarantina di metri di spessore nei pressi di Candela.

I ciottoli che compongono tale formazione sono in generale ben arrotondati e con dimensioni che oscillano

dai 5 ÷ 10 cm di diametro. La loro composizione è eterogenea: frammisti infatti agli elementi del flysch (calcarei, brecce calcaree, arenarie ecc.) si rinvengono anche ciottoli di origine eruttiva.

5.1.c Sabbie di colore giallo-bruno con lenti ciottolose (Ps)

Costituisce un complesso sabbioso la cui stratificazione è scarsamente definita, con una potenza stratigrafica limitata e in continuità di sedimentazione con i conglomerati poligenici di base e talvolta in eteropia di facies. Si tratta di sabbie di colore giallo bruno al cui interno si rinvengono lenti ciottolose e livelli argillosi di colore grigio. Localmente cementate per cemento calcareo-marnoso.

5.1d Alluvioni terrazzate recenti (Qt₃)

Sono formate in prevalenza da sedimenti sabbioso-argillosi, subordinatamente ciottolosi, presentano nella loro compagine terre nere a stratificazione varvata ben evidente, nonché incrostazioni calcaree generate probabilmente dalla risalita per capillarità di acqua di ristagno. Queste alluvioni terrazzate assumono eccezionale vastità lungo il Torrente Carapelle e dei suoi affluenti Calaggio e Carapellotto, sono poco superiori all'attuale alveo. Età Olocene

5.1.e Detriti di falda (dt)

Si tratta di ciottolame arrotondato, con elementi di varia mole e struttura provenienti dal flysch (brecciole, calcari, marne, arenarie ecc.)

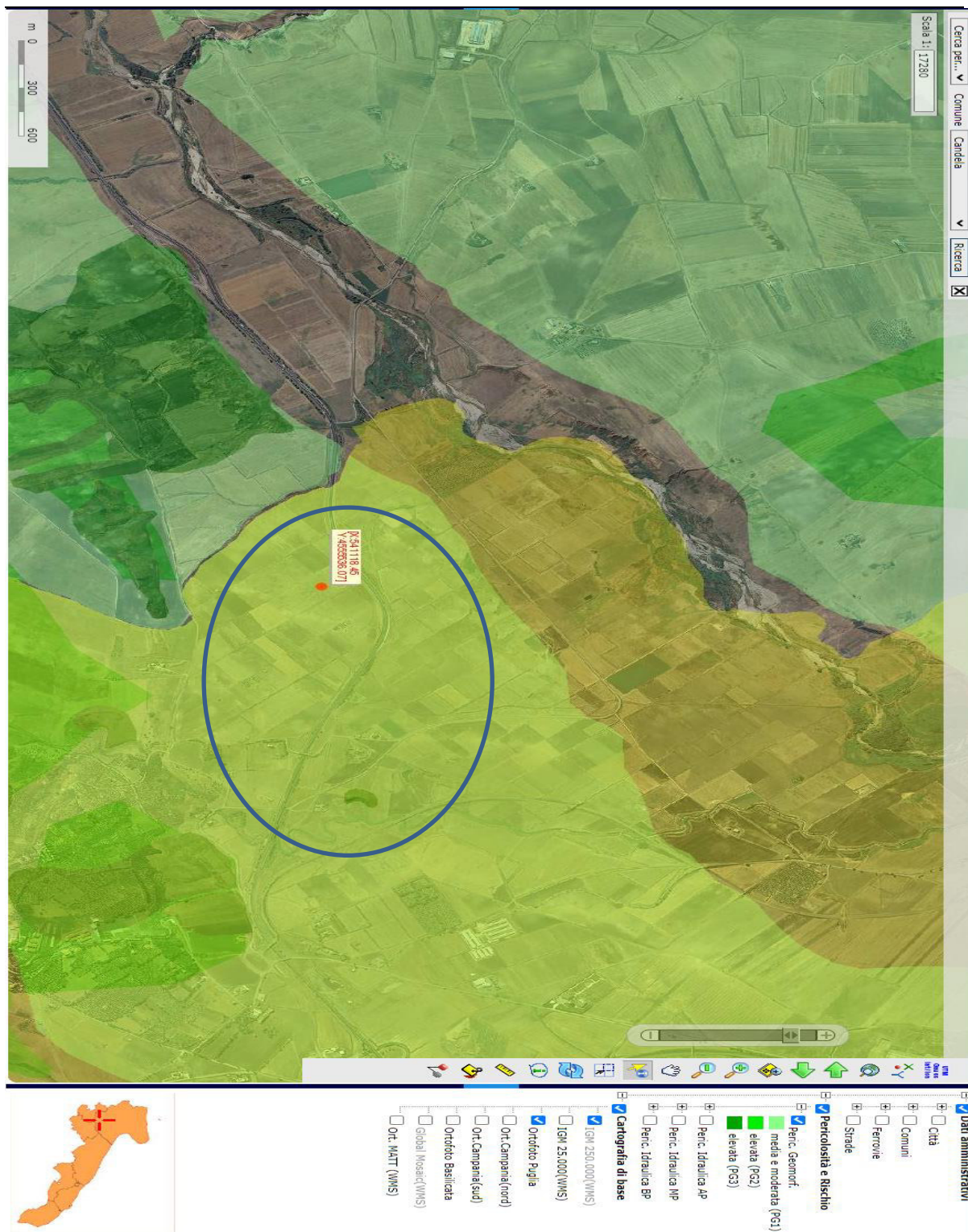
5.1.f Caratteri Geotecnici

Di seguito si riportano i parametri geotecnici delle litologie di superficie. I valori geotecnici relativi alle diverse litologie sono state estrapolate dalle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche disponibili, attraverso l'analisi di relazioni geologiche e geotecniche allegate ai progetti urbanistici ed edilizi realizzate nel territorio in considerazione delle finalità del presente studio. E' inoltre importante sottolineare che, per via degli ambienti deposizionali stessi, i materiali in esame possono essere caratterizzati da importanti variazioni laterali litotecniche, che saranno verificate puntualmente a seguito di specifiche indagini in sito.

Nella Tabella 5.1.e si fornisce un quadro indicativo dei parametri geotecnici relativi alle litologie interessate dagli interventi in progetto

LITOLOGIA	PARAMETRI GEOTECNICI		
	Peso in unità di volume (γ)	Angolo di attrito (ϕ)	Coesione non drenata (C_u)
<i>Conglomerati con sabbie</i>	19 kN/mc	29°-31°	0,1 – 0,2 kPa
<i>Argille e argille sabbiose</i>	20 kN/mc	27°-28°	90 - 100 kPa
<i>Sabbie ed arenarie</i>	19 kN/mc	28°-30°	0,1 – 0,2 kPa
<i>Ghiaie e sabbie</i>	20 kN/mc	30°-32°	0,0 kPa
<i>Marne ed argille</i>	20 kN/mc	26°-27°	120 - 140 kPa

Cartografia P.A.I.dell'DdB riguardante i rischi Idrogeomorfologici



5.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

L'area esaminata è ubicata nella parte settentrionale della tavoletta III N.O. del F° 175 della Carta d'Italia (**Foglio Candela**) e più precisamente tutta l'area compresa tra il buffer di 300 m. dall'autostrada Bari-Napoli in località Serra d'ischia in agro del Comune di Candela (FG)

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 collinare i cui versanti hanno una inclinazione variabile da 7÷15%. I versanti interessati dall'impianto 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/o profondi.

Per quanto riguarda il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, secondo le Tavole di delimitazione del PAI le opere di progetto interessano aree in assenza di vincoli e aree definite a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1)

Secondo le Norme Tecniche di Attuazione del Piano (Art. 15), nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze. C'è da specificare che le aree interessate dalle opere che si andranno a realizzare sono aree di versante con una inclinazione che varia da 7÷15% i prive allo stato attuale di fenomeni dislocativi superficiali o profondi, fenomeni che sono più probabili in aree con superfici a maggiore inclinazione. Essendo comunque, le aree assoggettate ad una pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1.) si è ritenuto opportuno verificare analiticamente la stabilità di quei versanti che presentano una maggiore criticità. La verifica è stata condotta in condizioni sismiche e in situazione **ante opera e post opera**. Per quanto riguarda il Piano Stralcio Difesa Alluvioni sempre dell'Autorità di Bacino Regione Puglia, l'area di progetto che interessa le opere da realizzare e la viabilità in generale non rientra in nessuna area a rischio.









Panoramica dell'area in versante interessata dal Progetto

5.2a 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 impianto fotovoltaico in agro del Comune di Candela (FG).

Le verifiche di stabilità sono state condotte lungo le sezioni A'___A, B'___B, C'___C, D'___D, E'___E', F'___F, G'___G e H'___H 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 $1,0 \text{ Kg/cm}^2$.

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 Candela classificato come zona **sismica 1**;
3. 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;
4. 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;
5. 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. _____	$F_s = 1,34 > 1.3$	Stabile
Sez. A'__ A p.o. _____	$F_s = 1,34 > 1.3$	Stabile
Sez. B'__ B a.o. _____	$F_s = 1,82 > 1.3$	Stabile
Sez. B'__ B p.o. _____	$F_s = 1,82 > 1.3$	Stabile
Sez. C'__ C a.o. _____	$F_s = 1,75 > 1.3$	Stabile
Sez. C'__ C p.o. _____	$F_s = 1,77 > 1.3$	Stabile
Sez. D'__ D a.o. _____	$F_s = 1,92 > 1.3$	Stabile
Sez. D'__ D p.o. _____	$F_s = 2,10 > 1.3$	Stabile
Sez. E'__ E a.o. _____	$F_s = 1,42 > 1.3$	Stabile
Sez. E'__ E p.o. _____	$F_s = 1,42 > 1.3$	Stabile
Sez. F'__ F a.o. _____	$F_s = 1,88 > 1.3$	Stabile
Sez. F'__ F p.o. _____	$F_s = 2,10 > 1.3$	Stabile
Sez. G'__ G a.o. _____	$F_s = 1,50 > 1.3$	Stabile
Sez. G'__ G p.o. _____	$F_s = 1,52 > 1.3$	Stabile
Sez. H'__ H a.o. _____	$F_s = 1,62 > 1.3$	Stabile
Sez. H'__ H p.o. _____	$F_s = 1,70 > 1.3$	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 1.0 Kg/cm^2 trasmesso al terreno interessato dal progetto è notevolmente superiore al carico effettivo trasmesso dall'impianto da realizzare, valutato intorno ai 50 Kg/m^2 .

In questo ambito è opportuno precisare che, il versante su cui è stata condotta la verifica di stabilità A__ A' caratterizzato da un $F_s = 1,34$ di poco superiore al valore minimo consentito dalla norma (1,3), durante le fasi di costruzione dell'impianto fotovoltaico in questa area è necessario prevedere la realizzazione di opere a presidio geomorfologico a monte dell'impianto stesso..

6. IDROGEOLOGIA E VULNERABILITA' DELLA FALDA

6.a. Idrogeologia

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

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.

L'acquifero poroso profondo è costituito dai diversi livelli sabbiosi intercalati nella formazione plioleistocenica delle "Argille grigio-azzurre". I livelli acquiferi sono costituiti da corpi discontinui di forma lenticolare, localizzati a profondità superiori ai 150 m dal piano campagna, il cui spessore non supera le poche decine di metri. Nelle lenti più profonde, si rinvergono acque connate che si caratterizzano per i valori piuttosto elevati della temperatura. La falda è ovunque in pressione e presenta quasi sempre caratteri di artesianità. La produttività dei livelli idrici, pur essendo variabile da luogo a luogo, risulta sempre molto bassa con portate di pochi litri al secondo. Le caratteristiche di questo acquifero sono poco conosciute sia per la geometria, per la distribuzione spaziale che per le modalità di alimentazione e di deflusso. Al margine della catena appenninica non è peraltro da escludere la possibilità di locali interconnessioni con acquiferi "appenninici". Circa la potenzialità e l'importanza delle risorse idriche sotterranee, le analisi condotte nell'ambito degli Studi per la Realizzazione dei Piani di Bacino dal CNR-IRSA (Figura 5.3a) di Bari consentono di fornire alcuni interessanti dati riguardanti i pozzi e la falda. Nel territorio provinciale sono stati censiti:

- 4665 pozzi autorizzati (CO.T.R.I e/o Uffici del Genio Civile/Genio Civile);
- 25.284 pozzi autodenunciati (sanatoria di cui all'Art. 10 del D.L. 275/93);
- 126 scarichi autorizzati in falda.

La carta delle aree irrigabili prodotta dal CNR-IRSA ed allegata al Piano di Bacino mostra come il Subappennino sia del tutto sprovvisto di sistemi di irrigazione, anche perché le colture impiantate non richiedono apporti idrici integrativi. Esiste comunque all'interno del territorio dauno in generale una discreta

presenza di pozzi, la maggior parte dei quali autodenunciati.

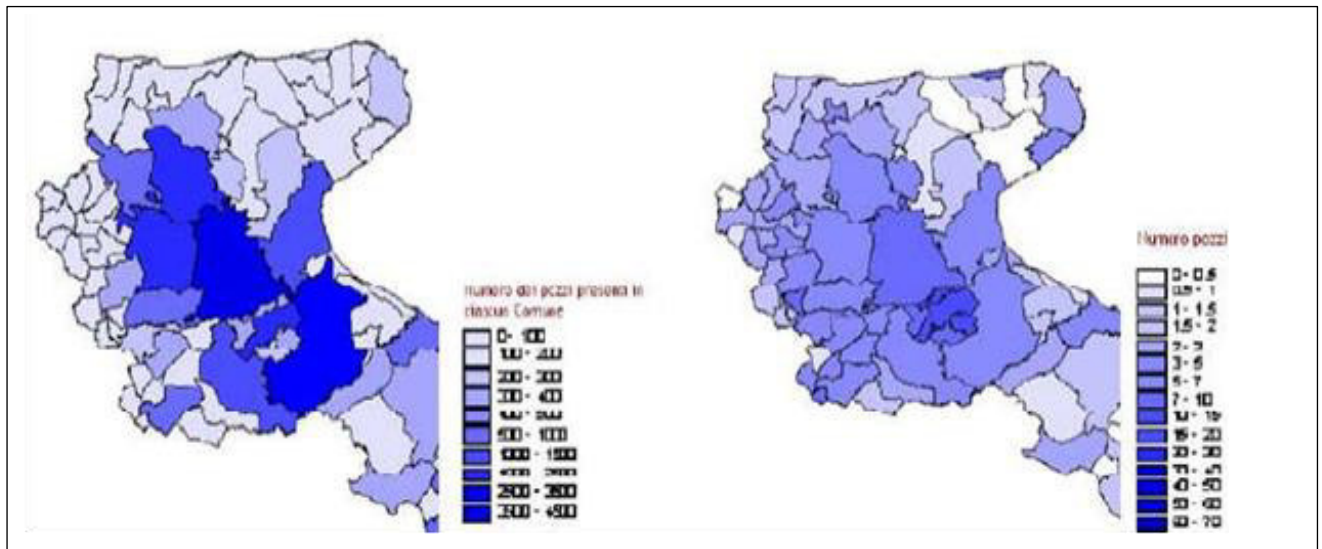


Figura 5.3a: Carta della distribuzione e della densità dei pozzi per aree comunali. Fonte: CNR-IRSA.

Per quanto riguarda più in generale il Tavoliere, dati bibliografici evidenziano che la realizzazione di numerosi pozzi e il prelievo incontrollato d'acqua dal sottosuolo ha determinato negli ultimi decenni un impoverimento della falda superficiale, con conseguente abbassamento della superficie piezometrica. Essa sembra aver raggiunto il suo minimo storico alla fine degli anni '80, in concomitanza di un periodo di siccità pluriennale particolarmente intensa.

Circa le modalità di alimentazione della falda superficiale, un contributo importante proviene dalle precipitazioni. Trattandosi di un'area costituita in affioramento da litotipi per lo più permeabili, l'infiltrazione delle acque meteoriche è diffusa su tutto il territorio, ma le caratteristiche climatiche dell'area determinano rilevanti perdite per evapotraspirazione. Recenti risultati del bilancio idrogeologico dell'idrostruttura del Tavoliere (De Girolamo et alii, 2001; 2002) consentono di affermare che solo il 17% circa del totale della precipitazione media annua costituisce la ricarica. Le zone di alimentazione della falda sono rappresentate dalle aree costituite da terreni sabbioso-conglomeratici affioranti in prevalenza nella parte medio-alta del Tavoliere. Oltre che dalle acque di infiltrazione meteorica, diversi Autori ritengono che al ravvenamento della falda superficiale contribuiscano anche i corsi d'acqua che solcano il Tavoliere (Zorzi e Reina, 1956; Colacicco, 1953; Cotecchia, 1956; Maggiore et alii, 1996).

Nel tempo, le condizioni di disequilibrio tra domanda e offerta della risorsa idrica, hanno determinato il progressivo esaurimento della stessa (De Girolamo et alii, 2001; 2002). Essendo il fabbisogno di gran lunga superiore alla ricarica annua, lo stato attuale della falda risulta molto differente rispetto a cinquanta anni fa, quando si segnalavano condizioni di acque freatiche abbondanti (Colacicco, 1951); le portate dei pozzi sono spesso così esigue (1-3 l/s) da rendere necessaria la realizzazione di vasche di accumulo.

Nell'area vasta del Tavoliere, dal punto di vista compositivo, le acque della falda superficiale ricadono principalmente nel campo delle acque bicarbonato-alcine terrose, in corrispondenza delle aree più interne, non distanti dalla costa, dove si risente l'influenza dell'ingressione marina; i valori di salinità sono relativamente bassi (0,7 g/l – 0,8 g/l) tranne che per i pozzi più prossimi alla linea di costa, che presentano valori superiori a 3 g/l (Maggiore et alii, 1996).

L'incremento di salinità delle acque, direttamente legato allo sfruttamento intensivo delle falde, ed il consumo eccessivo di concimi azotati, erbicidi, fitofarmaci, sono tra le cause principali del degrado qualitativo della falda superficiale.

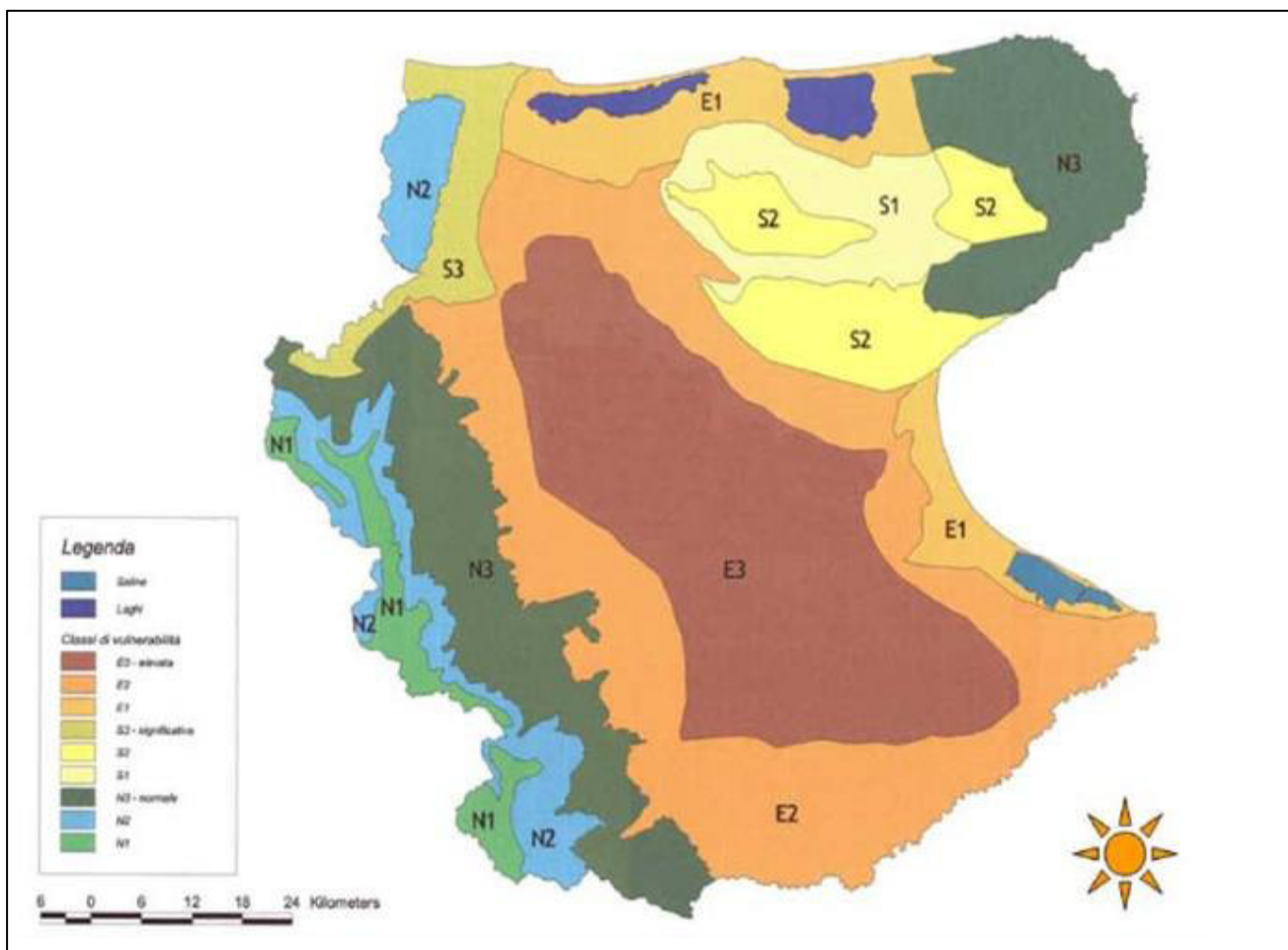


Figura 5.3b: Vulnerabilità degli acquiferi distretti omogenei – PTCP Provincia di Foggia

In relazione al Piano di Tutela delle Acque adottato dalla Regione Puglia con Delibera di Giunta n°883 del 19/6/2007, il territorio viene individuato dal PTCP della Provincia, in relazione alla fragilità dell'acquifero sotterraneo all'inquinamento, a potenziale intrinseca vulnerabilità normale (N) (Figure 5.3 e 5.4). Per esso non sussiste alcun vincolo di tutela quali-quantitativa su cui vige il divieto di nuove concessioni per la ricerca e l'estrazione. Anche se in relazione alla conformazione del territorio costituita da bassa collina (Basse colline della Daunia, fino a circa 400 m) il territorio è classificabile con classe di rischio Normale N3, visto che le sue caratteristiche tendono a bilanciare gli effetti di inquinamento, si ritengono necessari ed opportuni studi di approfondimento al fine di ricavare le caratteristiche idrogeologiche complessive degli acquiferi (cadente piezometrica, livelli statici, linee di flusso ecc.). Tali studi potranno essere opportunamente condotti nell'ambito della realizzazione di un catasto "comunale" dei pozzi corredato da parametri idrogeologici fondamentali quali: profondità; stratigrafia, portate emunte; analisi delle acque ecc. (Art.2.18 NTA PTCP Provincia di Foggia).

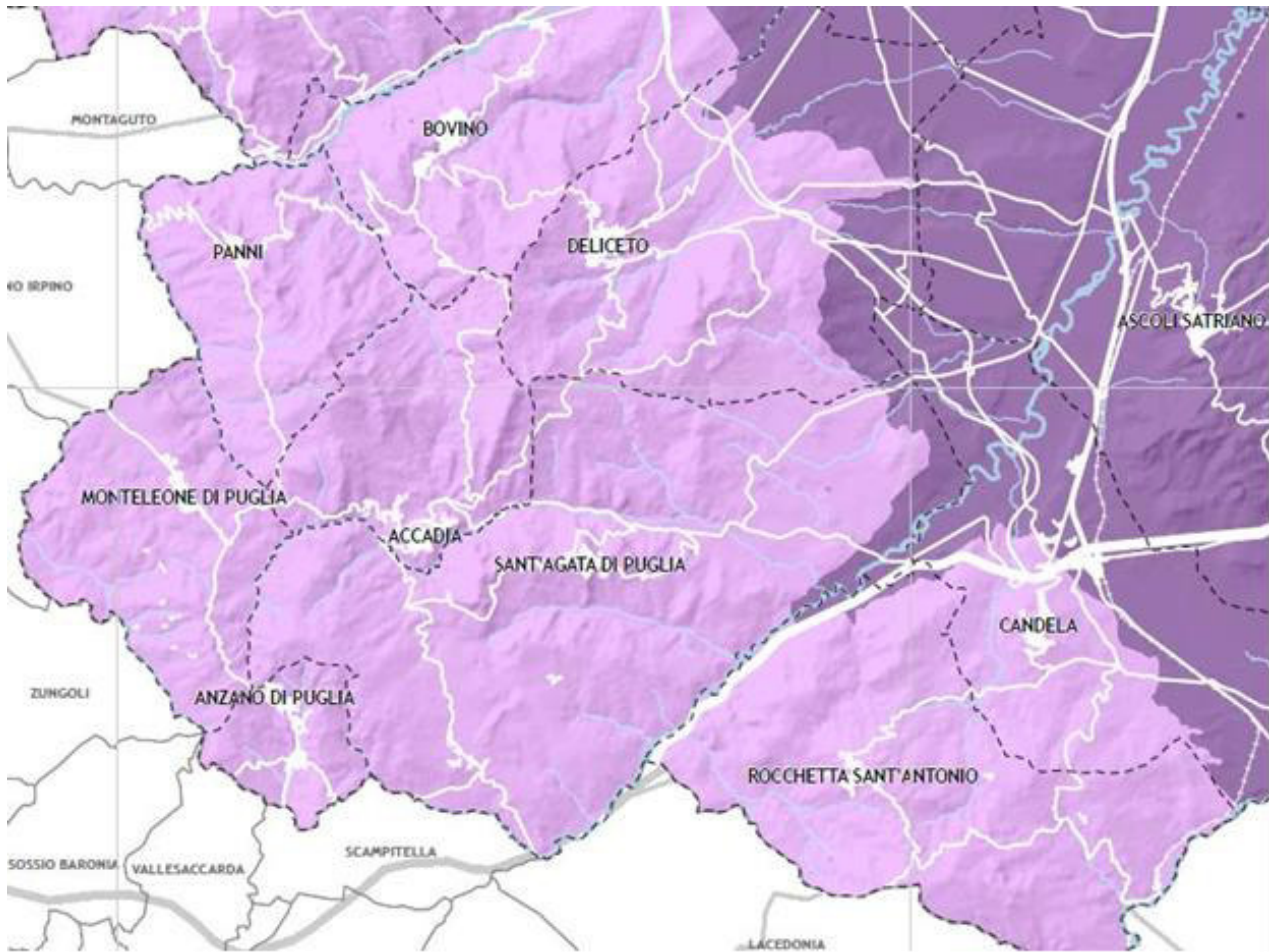


Figura 5.3c: Stralcio Carta Vulnerabilità degli acquiferi PTCP Provincia di Foggia

6.b RETICOLO IDROGRAFICO E AUTORITA' DI BACINO

L'area oggetto di studio è compresa nei bacini idrografici ricadenti nella competenza territoriale regionale dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia. I bacini idrografici principali (Fig. 5.3d), nell'area oggetto di studio, sono riconducibili a quella del Torrente Cervaro, che nella parte media del suo percorso scorre a Nord-Ovest di Deliceto e, soprattutto, quella del Torrente Carapelle, che attraversa gran parte del territorio studiato. In pratica, tutta l'idrografia superficiale, dominata da questi due corsi d'acqua, ma essenzialmente da una serie di canali, fiumare e fossi che in essi si immettono successivamente, si sviluppa in direzione NE-SO, con una densità di drenaggio che tende a decrescere verso NE. Il regime idraulico di questi corsi d'acqua, se pur stagionale e strettamente legato all'andamento delle precipitazioni, è storicamente contraddistinto da rovinose piene ed esondazioni (D'Arcangelo, 2000). Il fiume Carapelle, spesso classificato come torrente, nasce in Irpinia alle falde del Monte La Forma (m 864) col nome di Calaggio (Fig. 1.1.3.3). Con l'unione al Torrente San Gennaro assume la denominazione di Carapelle. Scorre per circa 98 km prima di sfociare nel golfo di Manfredonia in località Torre Rivoli presso Zapponeta. I principali affluenti del T. Calaggio, in sinistra idrografica sono il Rio Specca ed il Rio Contillo, mentre i principali affluenti del fiume Carapelle sono: Torrente Frugno, Torrente San Gennaro, Torrente Carapellotto. Il suo basso corso è interessato come area protetta all'interno della Riserva Statale delle Saline di Margherita di Savoia. Il torrente Carapellotto nasce sul Monte Tre Titoli (metri 891) ad est di Deliceto. Il fiume, che nel suo corso raccoglie diverse fiumare, e attraversa le anse di Tremoleto e Castro, scorre verso nord-est e poi vira verso est prima di confluire, da sinistra, nel fiume Carapelle a sud-est di Ortona, nei pressi della Masseria Sedia d'Orlando. Le maggiori fiumare che affluiscono nel Carapellotto sono il Gammarota, il Vallone della Madonna, il Fontana e il Gavitelle. Il bacino del torrente Carapellotto si estende per circa 24 chilometri; il territorio del comune di Deliceto coincide a grandi linee col bacino del fiume.

L'allineamento dei corsi d'acqua principali riconducono a delle strutture tettoniche trasversali, riconosciute solo nel sottosuolo dell'area; due di esse sono identificabili con la linea Bagnoli Irpino-Torrente Calaggio, che corrisponde alla linea del Carapelle, e poi quella del Torrente Cervaro. La prima rappresenta una faglia con piano sub-verticale e componente di trascorrenza sinistra, che continua anche nel sottosuolo dell'Avanfossa, coincidendo con il corso del T. Carapelle; questa struttura è ritenuta attiva fino a parte del Pleistocene inferiore (Ambrosetti et alii, 1987). La

struttura corrispondente al T. Cervaro è una faglia diretta, individuata da dati di geologia del sottosuolo; entrambe le strutture sembra abbiano cessato la loro attività nel Pleistocene inferiore.

Le evidenze sul terreno dell'attività di queste faglie sono scarse, in particolare possono essere desunte dall'assetto dei tre blocchi che determinano: quello centrale, compreso tra la struttura del T. Cervaro a N e quella del T. Carapelle a S, risulta rialzato e tiltato debolmente verso SE, con maggiore esposizione dei depositi riferibili alle argilliti subappenniniche e parziale asportazione delle coperture continentali più antiche del versante settentrionale; su questo blocco centrale si sono impostate due conoidi detritiche di età pleistocenica superiore.

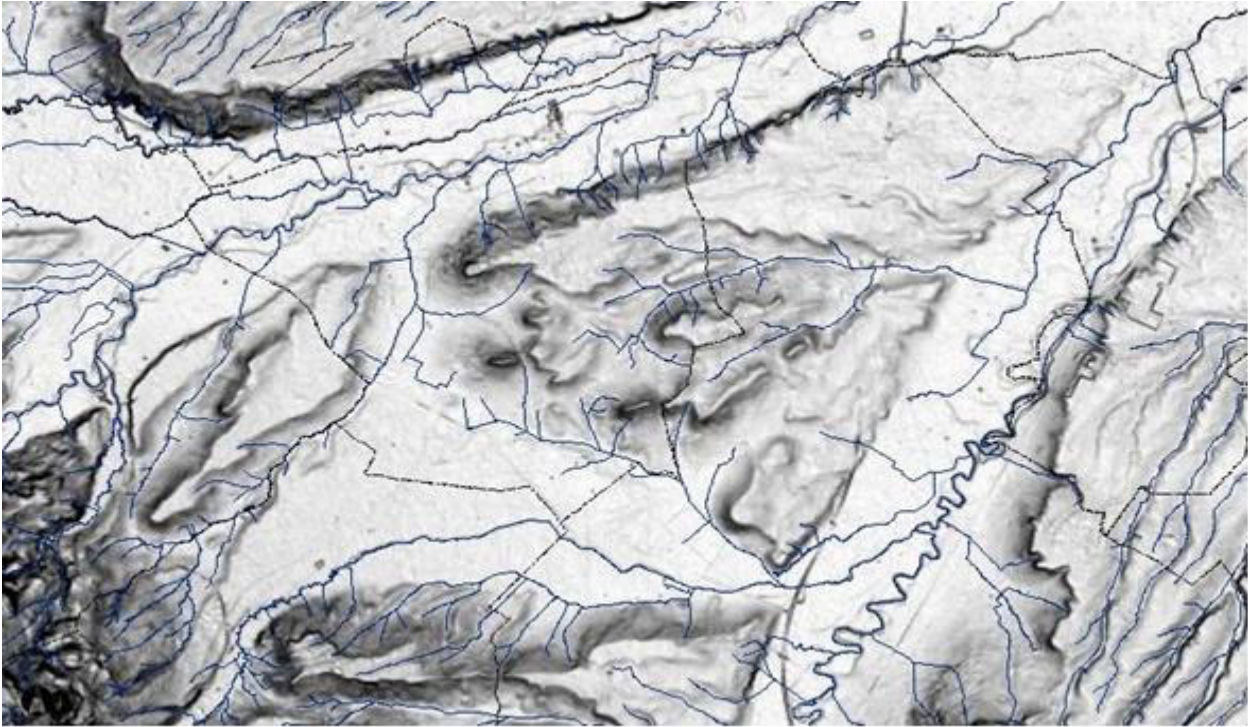
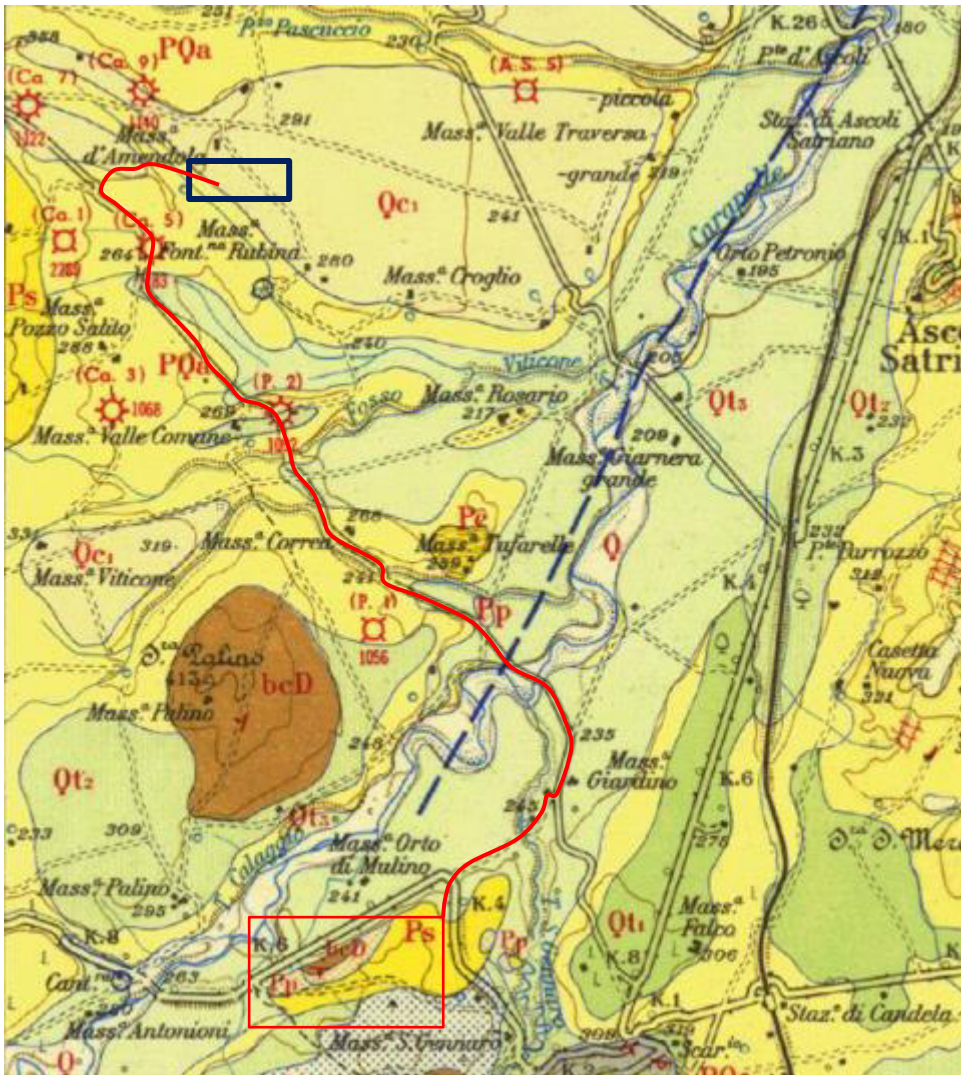





Figura 5 .1d: I bacini idrografici dei due corsi d'acqua principali: il T. Cervaro a NO ed il T. Carapelle a SE Fonte: SIT Regione Puglia

7. OPERE CONNESSE



Stralci della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000 F° 175

-  Impianto fotovoltaico
-  Stazione di conferimento dell'energia prodotta
-  Cavidotto di evacuazione

il cavidotto sviluppa il suo percorso utilizzando, in modo prioritario, il reticolo stradale esistente. Il tracciato che collega l'area dell'impianto fotovoltaico con la sottostazione terna di Deliceto attraversa terreni sedimentari ascrivibili al ciclo deposizionale della Fossa Bradanica consistenti in:

UNITA' DELLA FOSSA BRADANICA

Argille Subappennine (PQa);

Conglomerati Poligenici Qc1

Alluvioni terrazzate recenti (Q_{t3})

Di seguito descritti nel capitolo riguardante la sottostazione.

Il tracciato del cavidotto interseca in diversi punti il reticolo idrografico; tali intersezioni possono essere di due tipi:

- Intersezione con infrastrutture idrauliche: dove esiste la presenza di tombini e/o ponti di attraversamento, per i quali si dovrà procedere alla posa del cavo tenendo conto delle strutture;
- Intersezione a raso: dove non esiste l'infrastruttura sia perché la strada segue la morfologia del suolo (in certi punti il reticolo è solo un **avvallamento**) e in certi punti il reticolo inizia a valle della strada. In questi casi il cavidotto è posato nella trincea standard.

Per gli attraversamenti più gravosi, si determineranno la trincea di scavo per la posa del cavidotto e la modalità di rinterro in funzione dell'erosione potenziale indotta. Tali modalità di riempimento e la stratigrafia saranno dimensionate in modo tale da evitare di alterare la morfologia del suolo, di non aumentare la pericolosità idraulica evitando di creare ostacoli al percorso del ruscellamento superficiale, di garantire la resistenza nel tempo alle azioni di trascinamento (erosione superficiale) e un perfetto inserimento nel contesto ambientale.

Le intersezioni più importanti saranno superate con tecnologia TOC,

7.1 SOTTOSTAZIONE DI CONFERIMENTO

7.1.a Caratteri geologici e geotecnici

La sottostazione è ubicata nell'ambito territoriale del Comune di Deliceto e più precisamente in località Masseria d'Amendola; 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. Dall'alto verso il basso nell'area di interesse si riscontrano i seguenti litotipi:

- a) Coltre detritica;
- b) Conglomerati poligenici (Qc1)

Coltre detritica.

In corrispondenza del sito in esame tali materiali, di origine eluviale, sono rappresentati esclusivamente da terreno vegetale di granulometria sabbioso-limosa misto a ciottolame, i cui elementi sono di dimensioni variabili intorno ai 10.0 cm; il colore è variabile dal marroncino al bruno. L'area di affioramento è diffusa su tutta la superficie e gli spessori sono ovunque esigui, in genere non superano 1.5 m ca.; le caratteristiche morfologiche dell'area, infatti, generalmente pianeggianti e/o in debole pendenza, ne hanno impedito la sedimentazione e l'accumulo in spessori maggiori, fenomeno che si verifica in modo preferenziale nelle depressioni o nei fondovalle. Tale circostanza ha reso superflua la rappresentazione cartografica di tali materiali, non essendo di particolare interesse ai fini del presente lavoro.

Per il basso grado di addensamento evidenziano generalmente caratteristiche geomeccaniche mediocri, essendo dotati di scarsa resistenza al taglio ed elevati valori di compressibilità; si rivelano, pertanto, inadatti come terreni di fondazione, non offrendo sufficienti garanzie di tenuta al carico.

Tabella 1 - Parametri meccanici dei materiali detritici.

γ	γ_{sat}	c	ϕ	E
1.7-1.9	1.9-2.0	0	18-22	30-50

γ : peso di volume T/m³; γ_{sat} : peso di volume saturo T/m³; c: coesione kg/cm²;
 ϕ :angolo di attrito interno; E: modulo di deformabilità kg/cm².

Conglomerati poligenici.

Affiorano lungo tutta l'area rilevata e pertanto rappresentano il terreno di fondazione dei manufatti interessati dall'opere in progetto. Si tratta di conglomerati poligenici (cioè con elementi litologici di diversa provenienza e costituzione, ma principalmente arenacei e calcarei) mediamente cementati in matrice sabbiosa, con ciottoli di dimensioni variabili dai 5 cm ai 20 cm di diametro. All'interno di tale litosoma si rinvengono lenti di varia natura: da sabbie giallastre a sabbie limose biancastre a strati di sabbie ghiaiose o ghiaie sabbiose con inclusi lapidei anche di notevoli dimensioni. La componente sabbiosa nel conglomerato aumenta gradualmente al passaggio con le sabbie sottostanti: lo spessore di questa unità litostratigrafica è di circa 12 - 15 m.

E' noto come i terreni conglomeratici presentino delle caratteristiche geotecniche generalmente eccellenti, soprattutto se affioranti in ammassi rocciosi dalle buone condizioni geomeccaniche; nel caso in esame, infatti, tale circostanza è verificata poiché tali terreni evidenziano apprezzabile cementazione, elevata densità relativa e compressibilità pressoché nulla. Lo stato di fessurazione e/o fratturazione non evidenzia elementi significativi alla mesoscala, l'affioramento in esame, infatti, presenta generale compattezza. Lo stato di alterazione testimonia di materiali poco o nulla degradati, si osservano lievi tracce di ossidazione e modesti spessori di terreni residuali di granulometria prevalentemente sabbiosa, che si rinvengono generalmente al tetto di tale formazione. I parametri fisico-meccanici dei terreni conglomeratici, com'è noto, non sono sperimentalmente determinabili se non tramite correlazioni con test geognostici in situ non sempre praticamente eseguibili, in ogni caso i raffronti con la letteratura (Cascini, 1994) e con le precedenti esperienze locali, consentono di estrapolare in maniera cautelativa i seguenti parametri:

Tabella 2 - Parametri meccanici dei conglomerati.

γ	γ_{sat}	c	ϕ	D_r	E
1.8	1.95	0	38°	80	700

γ : peso di volume T/m³; γ_{sat} : peso di volume saturo T/m³; D_r : densità relativa %
c: coesione kg/cm²; ϕ : angolo di attrito interno; E: modulo di deformabilità kg/cm².

In ordine alla presenza di orizzonti a granulometria prevalentemente sabbiosa dianzi citati, generalmente sovrastanti i conglomerati, ed ai loro caratteri geotecnici, è possibile sintetizzare in questa sede le risultanze delle analisi in laboratorio degli stessi riportate in letteratura. Tali materiali sono classificabili come "**Sabbie limose con ghiaia**" **CNR-UNI A-4 IG 3**; dalle caratteristiche prevalentemente granulari non consentono la determinazione dei limiti di Atterberg, evidenziano, inoltre, apprezzabile cementazione e discrete caratteristiche meccaniche.

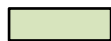
Tabella 3 - Schema dei parametri geotecnici dell'orizzonte sabbioso sovrastante i conglomerati.

γ	γ_d	γ_{sat}	W_n	L_l	L_p	PI	IC	C	ϕ	E	P_c	k
1.94	1.73	2.08	12.4	-----	-----	-----	-----	0.23	26°	48-91	0.62	3.61 E-5

γ : peso di volume T/m³; γ_d : peso di volume secco T/m³; γ_{sat} : peso di volume saturo; W_n : umidità naturale %; L_l : limite liquido %; L_p : limite plastico %; PI: indice di plasticità; IC: indice di consistenza; C: coesione kg/cm²; ϕ : angolo di attrito; E: modulo di deformazione kg/cm²; P_c : pressione di preconsolidazione kg/cm²; K: permeabilità

CARTA GEOLITOLOGICA SOTTOSTAZIONE

Scala 1:5.000



Conglomerato Poligenico (Pleistocene Medio)



Argille e argille marnose grigio-azzurro (Calabriani)

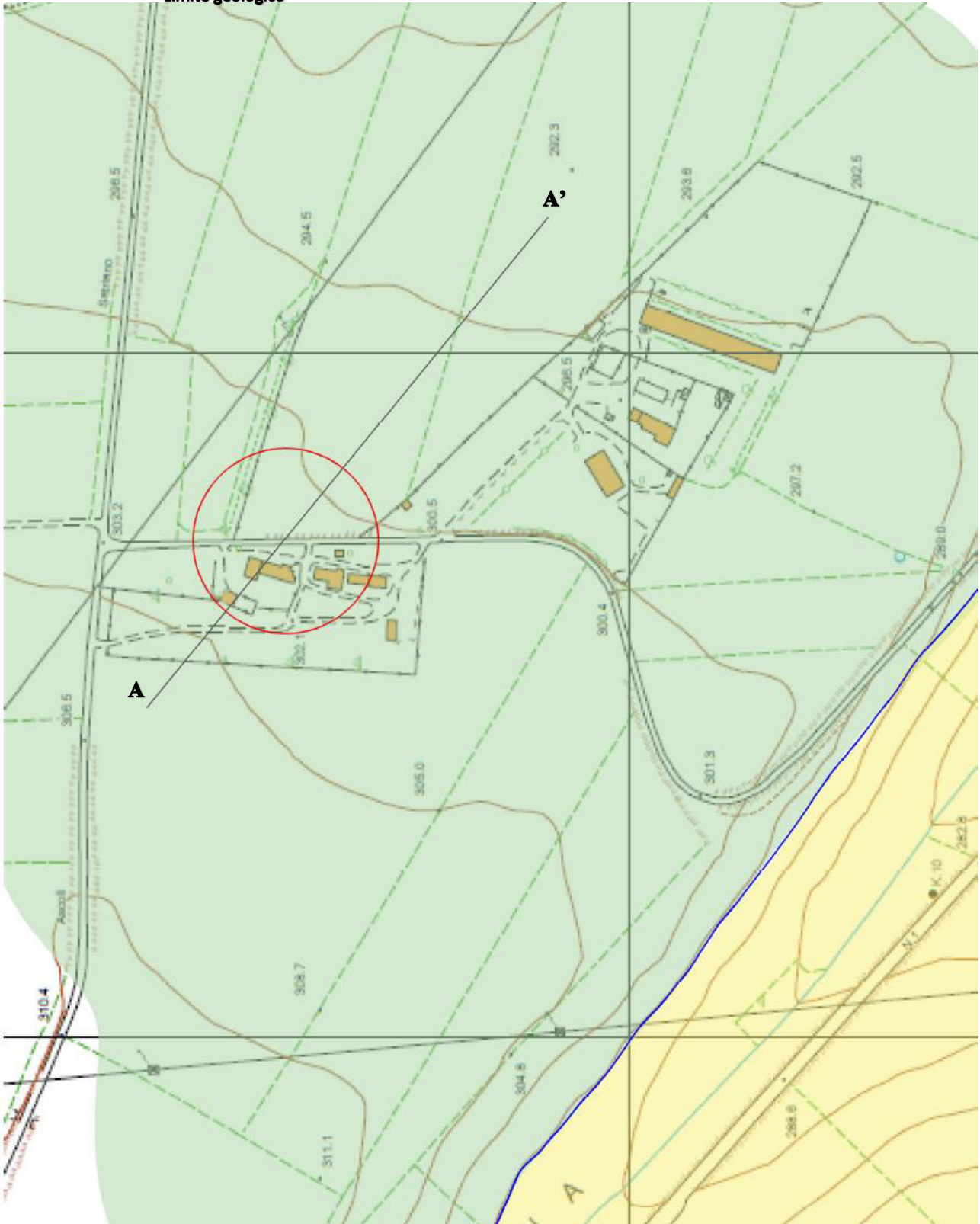


Limite geologico

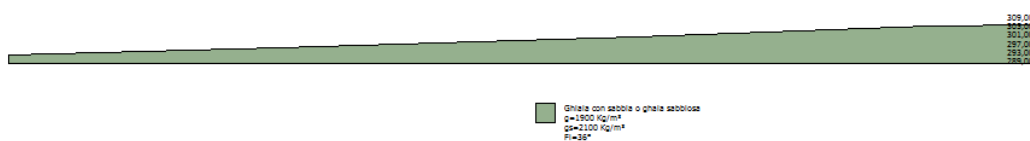


Area di interesse

A _____ A' traccia di sezione



SEZIONE GEOLOGICA A _____ A' sottostazione
scala 1:3000



7.1.b Caratteri geomorfologici

L'area esaminata è ubicata nella tavoletta 421142 della C.T.R. della Puglia e più precisamente in località Masseria d'Amendola . 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 o debolmente inclinata, le superfici topografiche presentano generalmente un andamento orizzontale, il rilevamento effettuato non ha evidenziato allo stato attuale elementi di superficie che possano ricondursi alla presenza di fenomeni dislocativi superficiali e/o profondi.

Per quanto riguarda il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, secondo le Tavole di delimitazione del PAI le opere di progetto interessano un' area definita a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1)

Secondo le Norme Tecniche di Attuazione del Piano (Art. 15), nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze. C'è da specificare che le aree interessate dalle opere che si andranno a realizzare sono sostanzialmente pianeggianti e quindi, difficilmente soggette a fenomeni dislocativi superficiali o profondi, fenomeni che sono più probabili in aree con superfici a maggiore inclinazione. Essendo comunque, l'area assoggettata ad una pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1.) si è ritenuto opportuno verificare analiticamente la stabilità di quei versanti che presentano una maggiore criticità. La verifica è stata condotta in condizioni sismiche e in situazione **ante opera e post opera**. Per quanto riguarda il Piano Stralcio Difesa Alluvioni sempre dell'Autorità di Bacino Regione Puglia, l'area di progetto che interessa le opere da realizzare e la viabilità in generale non rientra in nessuna area a rischio.

7.1.c Verifica di stabilità

Al fine di valutare in via preliminare la stabilità delle opere ubicate in corrispondenza del versante in studio, è stata eseguita una verifica di stabilità in condizioni estreme di una sezioni tipo.

In questo paragrafo vengono illustrate le conclusioni cui si perviene in seguito alla verifica analitica delle condizioni di stabilità del versante che caratterizza l'area interessata dal progetto di realizzazione dello stallo di conferimento dell'energia elettrica prodotta dall' impianto fotovoltaico in agro del Comune di Candela(FG).

Le verifiche di stabilità è stata condotte lungo la sezione A' ___ A , orientata secondo la direzione di massima pendenza, la stessa è stata condotta in una prima fase sul pendio naturale e in una seconda fase sul pendio gravato dall'opera in progetto con un carico distribuito di 1,0 Kg/cm².

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 Candela classificato come zona **sismica 1**;
3. 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;
4. La situazione stratigrafica schematizzata nel calcolo è il risultato dell'interpretazione del rilevamento geolitologico effettuato e dei dati derivanti da precedenti esperienze su materiali analoghi nonché dei dati disponibili in letteratura;
5. 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. _____ $F_s = 19.81 > 1.3$ Stabile

Sez. A' ___ A p.o. _____ $F_s = 19.81 > 1.3$ Stabile

Il risultato ottenuto dai calcoli di verifica di stabilità del versante prima e dopo la realizzazione delle opere in progetto evidenzia come lo stesso non subisce modificazioni delle condizioni di equilibrio geomorfologico in seguito alla realizzazione dei manufatti previsti dal progetto. Il carico applicato trasmesso al terreno interessato dal progetto è di 1.0 Kg/cm².

8. SISMICITA' DELL'AREA

8.1 Inquadramento Macrosismico

L'Appennino meridionale presenta una storia sismica tra le più severe dell'Italia, sia in termini di intensità che di frequenza di terremoti. Le zone sismogenetiche sono caratterizzate da un'elevata pericolosità sia per il livello di sismicità che per l'elevata attività neotettonica. Nell'area dell'Appennino meridionale, nella quale è compreso il territorio indagato, le zone maggiormente interessate nel tempo da eventi sismici con magnitudo superiore a 5 sono quelle ubicate in corrispondenza della catena. L'allineamento degli epicentri di questi eventi sismici è evidentemente collegato con la struttura geologica della regione, in particolare gli epicentri si concentrano prevalentemente a ridosso del confine tra la catena Appenninica e l'Avanfossa Bradanica, mentre il loro numero decresce nei settori interni della catena (prossimi al Mar Tirreno) e nel settore adriatico. In base alla mappa della zonazione sismogenetica ZS9 di figura 1 redatta dall'INGV (2004) nell'Appennino Meridionale sono state individuate due aree:

- La prima caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata ai processi distensivi che hanno interessato l'Appennino Meridionale a partire da 0,7 Ma circa. Tali aree coincidono con il settore assiale della catena. Per queste aree il meccanismo di fagliazione più diffuso è del tipo faglia diretta (in prevalenza sistemi di faglie ad andamento NW-SE), la magnitudo degli eventi sismici non è inferiore a 5 e la profondità epicentrale è compresa tra 8-12 km. I settori occidentali dei bacini del Bradano, Basento; dell'Agri, del Sinni ed il settore orientale del bacino del Noce ricadono in questo tipo di zona sismogenetica;

- La seconda area caratterizzata dal rilascio di energia imputabile a meccanismi di fogliazione tipici delle faglie trascorrenti. La magnitudo non è inferiore a 5 e la profondità degli epicentri oscilla tra i 12 e 20 km. Queste zone sismogenetiche sono connesse a lineamenti tettonici ad andamento W-E.



Fig. 6 – Zonazione sismogenetica ZS9. I limiti di colore blu separano zone con analogo significato cinematico, che differiscono principalmente per le caratteristiche di sismicità. Le ZS con bordo a tratteggio, identificate con una lettera, non sono utilizzate nella valutazione della pericolosità

Il database macrosismico, utilizzato nel 2004 per la compilazione del catalogo CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004), permette di visionare la storia sismica delle località italiane presenti almeno tre volte in DBMI04 (5325 località in totale). Le informazioni contenute nel database hanno consentito una prima individuazione dei "centri sismici" rilevanti per il sito in esame e delle relative potenzialità in termini di intensità epicentrali storicamente documentate.

Per quanto riguarda la pericolosità del sito, ricadendo il Comune di Candela nel punto del reticolo di riferimento definito da longitudine 15.515 e latitudine 41.136, nella maglia elementare l'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni è compresa tra 0.200 e 0.225 (ag/g) (valido per costruzioni di classe d'uso II con $V_r = 50$ anni –tempo di ritorno 475 anni-).

Mappe interattive di pericolosità sismica

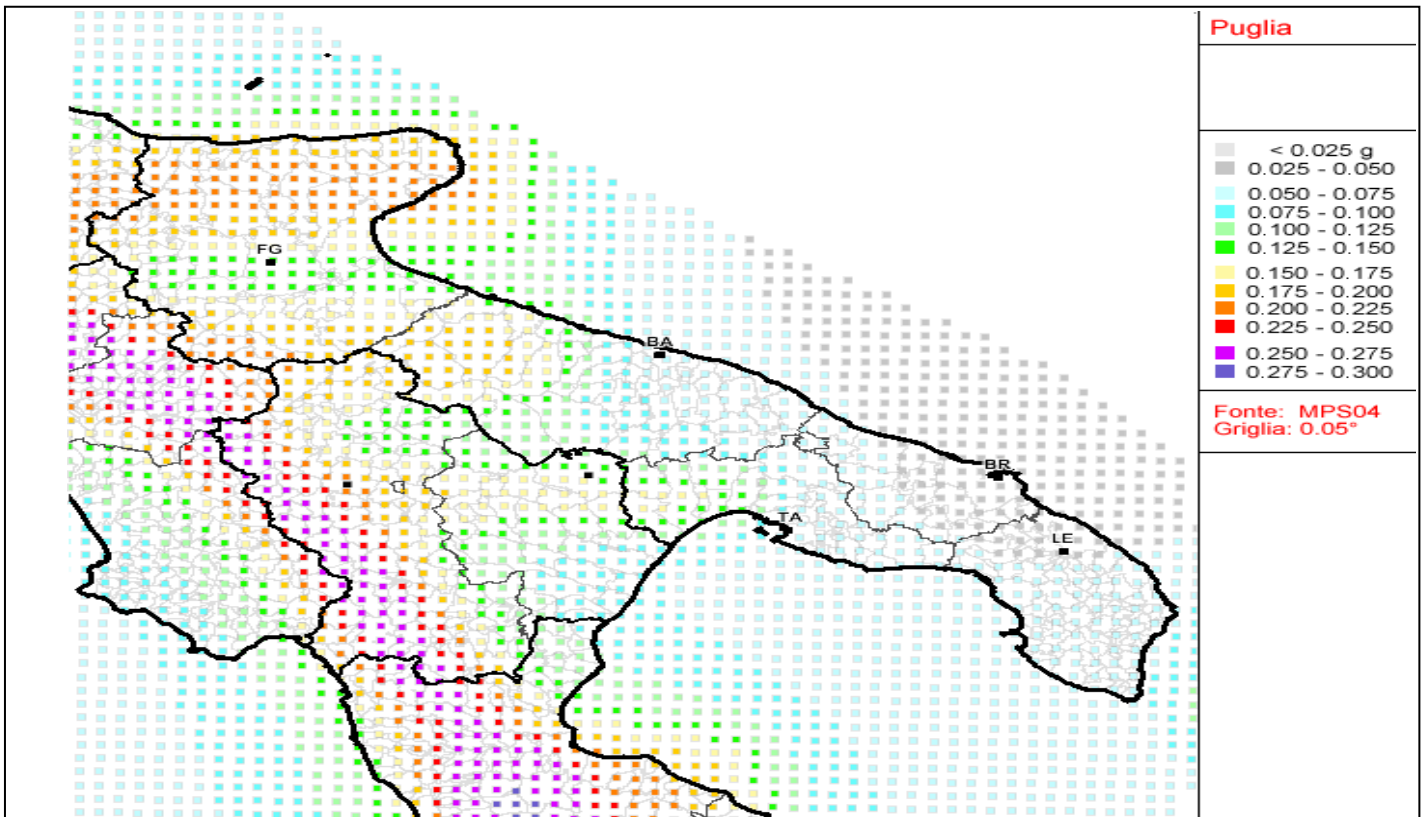


Fig. 6.1 – *Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi (Ordinanza 3519-06)*

Mappe interattive di pericolosità sismica

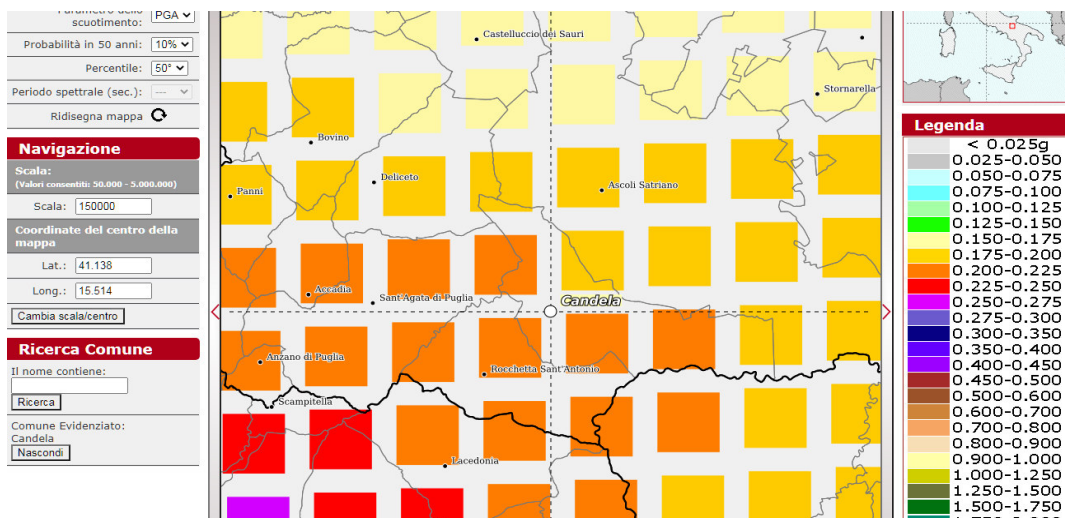
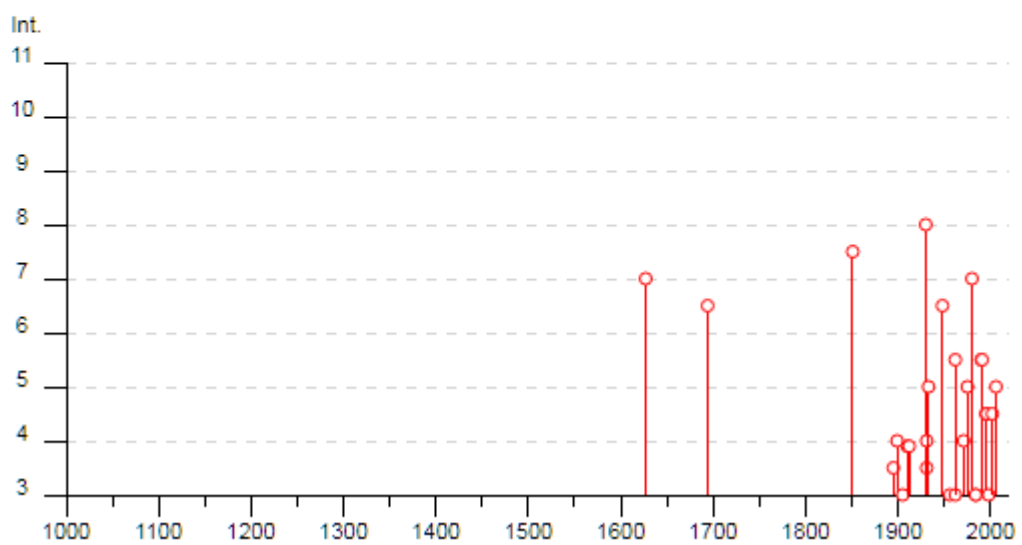


Fig. 6.1b. – *Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi (Ordinanza 3519-06)*

Di seguito si riporta un elenco di terremoti per l'area di interesse:

Candela

PlaceID	IT_62106
Coordinate (lat, lon)	41.136, 15.515
Comune (ISTAT 2015)	Candela
Provincia	Foggia
Regione	Puglia
Numero di eventi riportati	37



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	🔗	1627	07	30	10	50	Capitanata	64	10	6.66
6-7	🔗	1694	09	08	11	40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
7-8	🔗	1851	08	14	13	20	Vulture	103	10	6.52
NF	🔗	1882	06	06	05	40	Isernino	50	7	5.20
NF	🔗	1893	01	25			Vallo di Diano	134	7	5.15
3-4	🔗	1895	08	09	17	38 20	Adriatico centrale	103	6	5.11
4	🔗	1899	08	16	00	05	Subappennino dauno	32	6	4.57
NF	🔗	1905	03	14	19	16	Avellinese	94	6-7	4.90
3	🔗	1905	11	26			Irpinia	122	7-8	5.18
F	🔗	1910	06	07	02	04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
F	🔗	1912	07	02	07	34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
8	🔗	1930	07	23	00	08	Irpinia	547	10	6.67
3-4	🔗	1931	05	10	10	48 55	Irpinia	43	5-6	4.64
4	🔗	1931	11	10	21	10	Vulture	7	5	4.16
5	🔗	1933	03	07	14	39	Irpinia	42	6	4.96
6-7	🔗	1948	08	18	21	12 20	Gargano	58	7-8	5.55
3	🔗	1956	09	22	03	19 39	Gargano	57	6	4.64
3	🔗	1962	01	19	05	01 25	Gargano	31	5	4.42
5-6	🔗	1962	08	21	18	19	Irpinia	562	9	6.15
2	🔗	1964	02	18	06	58 28	Irpinia	18	5-6	4.44
4	🔗	1971	05	06	03	45 05	Irpinia	68	6	4.83
5	🔗	1975	06	19	10	11	Gargano	61	6	5.02
7	🔗	1980	11	23	18	34 52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	🔗	1984	05	07	17	50	Monti della Meta	911	8	5.86
3	🔗	1984	05	11	10	41 4	Monti della Meta	342	7	5.47
5-6	🔗	1990	05	05	07	21 2	Potentino	1375		5.77
5-6	🔗	1991	05	26	12	25 5	Potentino	597	7	5.08
4-5	🔗	1995	09	30	10	14 3	Gargano	145	6	5.15
4-5	🔗	1996	04	03	13	04 3	Irpinia	557	6	4.90
3	🔗	1998	04	07	21	36 0	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31
NF	🔗	2002	04	18	20	56 4	Appennino lucano	164	5	4.34
4-5	🔗	2002	11	01	15	09 0	Molise	638	7	5.72
NF	🔗	2003	06	01	15	45 1	Molise	501	5	4.44
NF	🔗	2003	12	30	05	31 3	Molise	326	4-5	4.53
NF	🔗	2004	02	24	05	21 2	Appennino lucano	140	5	4.21
NF	🔗	2004	09	03	00	04 1	Potentino	156	5	4.41
5	🔗	2006	05	29	02	20 0	Gargano	384		4.64

8.2- MICROZONAZIONE SISMICA

L'analisi dei danni che un terremoto produce all'interno di una stesso ambito territoriale evidenzia che le azioni sismiche possono manifestarsi con caratteristiche diverse anche in aree adiacenti in funzione delle diverse condizioni locali (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, cambiamenti litologici orizzontali tali da tradursi in grossi contrasti di impedenza sismica ecc.); da ciò la necessità di individuare gli strumenti utili a prevedere e a mitigare gli effetti sismici in una zona limitata "Microzonazione sismica". Lo scopo della "Microzonazione Sismica" è quello di valutare ed individuare, sia all'interno di ambiti territoriali a scala sub-comunale, sia tra diversi ambiti territoriali, aree a comportamento omogeneo sotto il profilo della risposta sismica locale. Per la classificazione sismica dell'area interessata dal parco eolico è necessario conoscere le caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo del sito indagato; in particolare devono essere noti:

- il numero e lo spessore degli strati di copertura, cioè gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie una formazione rocciosa di base (*bedrock* o *il bedrock-like*);
 - la velocità delle onde S negli strati di copertura.
- La caratterizzazione può essere effettuata utilizzando prove penetrometriche dinamiche (S.P.T.) o statiche (C.P.T.) o utilizzando prospezioni sismiche a rifrazione.

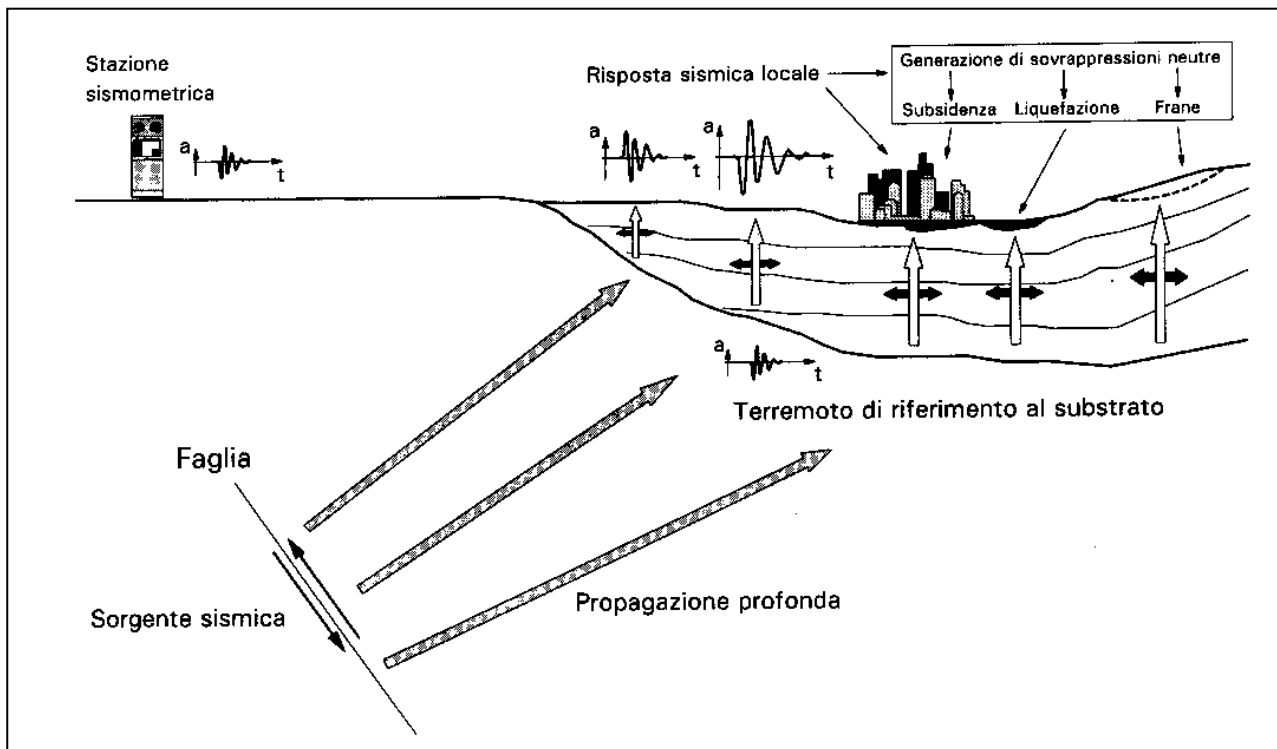


Fig. 6.2 Propagazione di un evento sismico dalla sorgente al sito e problemi geotecnici

L'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (*bedrock*), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S) costituisce la risposta sismica locale (o effetto sito).

In considerazione del fatto che i sottosuoli naturali sono in gran parte sotto falda e che, per l'elevata rapidità delle azioni, ci si trova in condizioni di drenaggio impedito, il fenomeno sismico produce deformazioni volumetriche (indotte dalle onde P) trascurabili rispetto a quelle distorsionali (indotte dalle onde S); appare quindi giustificabile ricondurre la modellazione meccanica di un fenomeno sismico all'analisi degli effetti prodotti da un insieme di onde S propagatisi verso l'alto, con un campo di spostamenti del terreno praticamente orizzontale. L'assunzione è oltretutto giustificata dal fatto che, dal punto di vista ingegneristico, il moto più significativo ai fini della verifica sismica dei manufatti è quello orizzontale, corrispondente agli spostamenti del terreno prodotti dalle onde S. Dalle considerazioni appena fatte consegue che lo stato deformativo d'interesse per l'analisi del comportamento meccanico dei terreni sotto azioni sismiche è quello distorsionale, da ciò la necessità di stimare la velocità di propagazione delle onde S nei primi 30 metri di sottosuolo così come prevedono le NTC riferite al D.M del 17 gennaio 2018.

Nella verifica dell'idoneità di una struttura a sopportare il valore di progetto delle azioni (si rammenta che deve risultare $R_d \geq E_d$), al fine di ricavare il valore delle azioni sismiche è necessario fare riferimento a precisi parametri progettuali che contraddistinguono l'opera da realizzare: vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento. A loro volta, questi caratteri vanno combinati analiticamente con la pericolosità sismica di base per ricavare le azioni sismiche di progetto.

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

Il progetto interessa territori comunali classificati in zona 1, quindi a elevata sismicità: si sottolinea come in fase di progettazione esecutiva sarà necessario effettuare specifiche indagini geognostiche, per la definizione di un corretto modello geotecnico dei terreni in riferimento alla nuova Ordinanza P.C.M. n.3274 e alle attuali N.T.C.


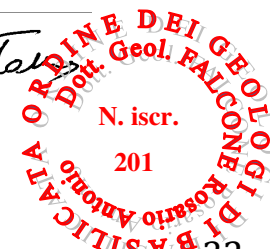
9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'insieme delle risultanze emerse dalle indagini ha permesso di evidenziare i seguenti aspetti geologico-tecnici utili ai fini della definizione degli interventi da effettuare:

- il rilevamento geolitologico effettuato mostra in affioramento la presenza di una coltre detritica di spessore max. = 1.0 m passante verso il basso a depositi riconducibili alla serie **plio-pleistocenica** (Malatesta- Stampanoni) e ad un lembo di depositi appartenenti alla Formazione della Daunia. 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;
- le caratteristiche geomorfologiche dell'area non presentano alcuna difficoltà poiché la stessa 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; anche se parte dell'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), le verifiche analitiche di stabilità dei pendii effettuate hanno evidenziato che i versanti interessati dal progetto non subiscono modificazioni tali da innescare fenomeni dislocativi superficiali o profondo. Si consiglia comunque, la realizzazione di opere a presidio geomorfologico nell'area della sezione A___A'. Per quanto riguarda i vincoli relativi al P.S.D.A. AdB Regione Puglia, l'area di progetto è scevra da perimetrazioni;
- le indagini geognostiche effettuate nell'area interessata dal progetto (MASW) hanno evidenziato valori di V_s che oscillano da 453 m/s per lo stendimento n°4, a 382 m/s per lo stendimento n°6, questi vengono classificati come suoli di tipo **B**; lo stendimento n°1 presenta un valore di V_s pari a 325 m/s, lo stendimento n.2 presenta un valore di V_s pari a 329, lo stendimento n.3 un valore di V_s pari a 357 e lo stendimento n.5 presenta un valore di V_s pari a 337 m/s i terreni di queste aree vengono classificati come suolo di tipo **C**.
- essendo il comune di **Candela** e il comune di **Deliceto** classificati sismicamente come **Zona 1**, in fase di progettazione esecutiva saranno effettuate specifiche indagini geognostiche per la definizione di un corretto modello geotecnico dei terreni in riferimento alla nuova Ordinanza P.C.M. n.3274 e alle attuali N.T.C. del 2018.

Da quanto esposto finora, quindi, si evince chiaramente che l'area, individuata per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in questione e le relative opere di connessione, non presenta alcuna controindicazione.

Dott. Geol. Rosario A. FALCONE

10. BIBLIOGRAFIA

- Jacobacci A., Martelli G. – Note Illustrative della Carta Geologica D’Italia, Foglio N. 174 “Ariano Irpino” (1967);
- Ciaranfi N., Gallicchio S., Loiacono F. – Note Illustrative della Carta Geologica D’Italia, Foglio N. 421 “Ascoli Satriano” alla scala 1.50.000 Progetto CARG (2011);
- D’Argenio B. – Geologia del gruppo del Taburno – Camposauro (Appennino Campano) Atti Acc. Sc. Fis. e Mat. (1967);
- D’Argenio B., Pescatore T. & Scandone P. – Schema geologico dell’Appennino meridionale (Campania e Lucania). Atti Conv. Moderne Geologia dell’Appennino (1973);
- Regione Puglia – Analisi di compatibilità ambientale – Programma Operativo Regionale 2000-2006
Mostardini F. & Merlini S. – Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale. Mem. Soc. Geol. It., 35 (1986);
- Pescatore T. S., Di Nocera S., Matano F., Pinto F., Quarantiello R., Amore O., Boiano U., Civile D., Fiorillo L., & Martino C. - Geologia del settore centrale dei monti del Sannio: nuovi dati stratigrafici e strutturali. Mem. Descr. Carta Geol. d’It. LXXVII (2008)
- www.regione.puglia.it
<http://territorio.provincia.foggia.it/>
www.sinanet.apat.it
- www.ispra.it

ALLEGATI

- 1. Calcolo di verifica di stabilità dei pendii**
- 2. Indagine geognostica indiretta del tipo MASW**
- 3. Modello geotecnico**

RELAZIONE DI CALCOLO

(verifica di stabilità dei pendii)

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 (φ), 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 (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 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:

$$\sum F_v = 0, \sum M_0 = 0, \text{ Criterio di rottura.}$$

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

I valori di F e di ΔX 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.

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

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 σ e τ 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;

ϕ_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 Kc) 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 λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di Kc , λ 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 θ . 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;

θ = 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 θ , 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 λ 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 mezzeria 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_0 e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_0 = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_0$$

Con

β_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_0 e verticale K_v che interessano tutte le masse vengono calcolati come:

$$K_0 = S \cdot (a_g/g) \quad K_v = 0.5 \cdot K_0$$

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 $> 30^\circ$; $S_T \geq 1,2$ 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,

γ_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.

Analisi di stabilità dei pendii con BELL ante opera A___A'

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

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	140,58 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	391,23 m
Ascissa vertice destro superiore x_s	162,69 m
Ordinata vertice destro superiore y_s	412,54 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,103
Coefficiente azione sismica verticale	0,0515

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	290,0
2	30,0	295,0
3	50,0	300,0
4	75,0	305,0
5	95,0	310,0
6	115,0	315,0
7	135,0	320,0
8	152,0	325,0
9	167,0	330,0
10	180,0	335,0
11	195,0	340,0
12	210,0	345,0
13	230,0	350,0
14	290,0	355,0

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	36	1900	2100	0,00	Sabbia con elementi ciottolosi

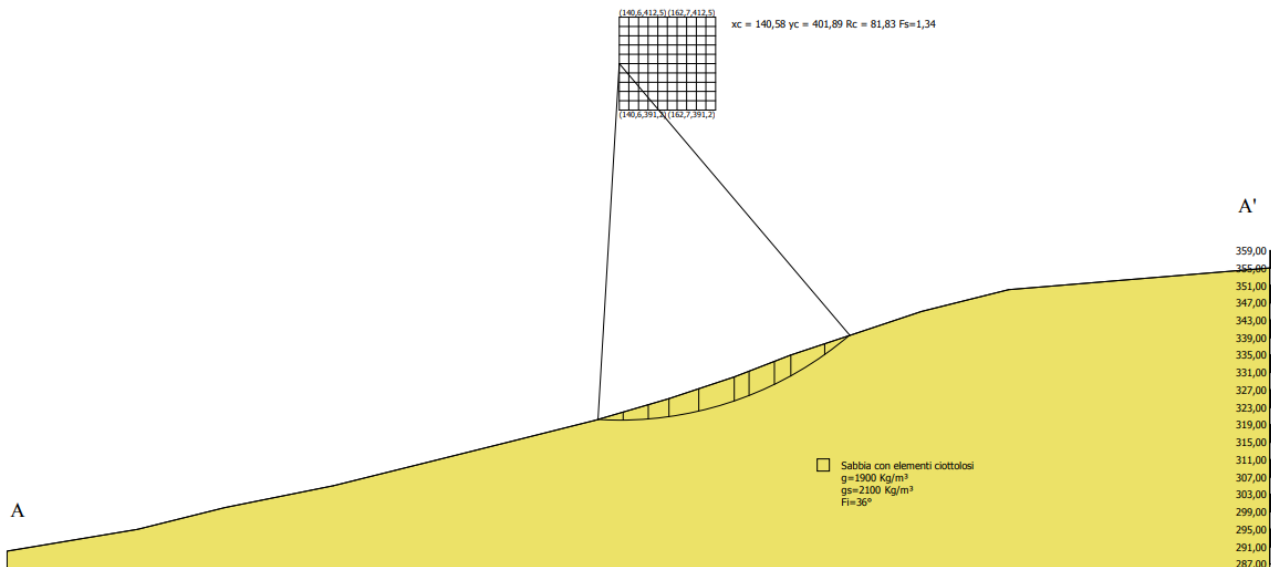
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,34
Ascissa centro superficie	140,58 m
Ordinata centro superficie	401,89 m
Raggio superficie	81,83 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 = 140,579 yc = 401,886 Rc = 81,834 Fs=1,3385

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	5,79	-1,4	5,79	10708,83	1103,01	551,5	0,0	36,0	0,0	-36563,7	-19846,9
2	5,79	2,6	5,8	28745,83	2960,82	1480,41	0,0	36,0	0,0	-20261,0	-10997,7
3	4,75	6,4	4,78	33800,41	3481,44	1740,72	0,0	36,0	0,0	1875,4	1018,0
4	6,83	10,5	6,95	61403,49	6324,56	3162,28	0,0	36,0	0,0	77894,2	42281,2
5	8,17	15,9	8,49	85036,08	8758,72	4379,36	0,0	36,0	0,0	243567,0	132208,9
6	3,41	20,1	3,63	36398,2	3749,02	1874,51	0,0	36,0	0,0	52780,3	28649,3
7	5,79	23,6	6,32	60984,02	6281,35	3140,68	0,0	36,0	0,0	198402,5	107693,5
8	3,8	27,3	4,28	36900,93	3800,8	1900,4	0,0	36,0	0,0	92530,8	50226,0
9	7,78	32,0	9,17	56801,5	5850,55	2925,28	0,0	36,0	0,0	370548,3	201134,8
10	5,79	37,8	7,32	15210,68	1566,7	783,35	0,0	36,0	0,0	91699,0	49774,5



Analisi di stabilità dei pendii con BELL post opera A___A'

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	140,58 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	391,23 m
Ascissa vertice destro superiore xs	162,69 m
Ordinata vertice destro superiore ys	412,54 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,103
Coefficiente azione sismica verticale	0,0515

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	290,0
2	30,0	295,0
3	50,0	300,0
4	75,0	305,0
5	95,0	310,0
6	115,0	315,0
7	135,0	320,0
8	152,0	325,0
9	167,0	330,0
10	180,0	335,0
11	195,0	340,0
12	210,0	345,0
13	230,0	350,0
14	290,0	355,0

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	36	1900	2100	0,00	Sabbia con elementi ciottolosi

Carichi distribuiti

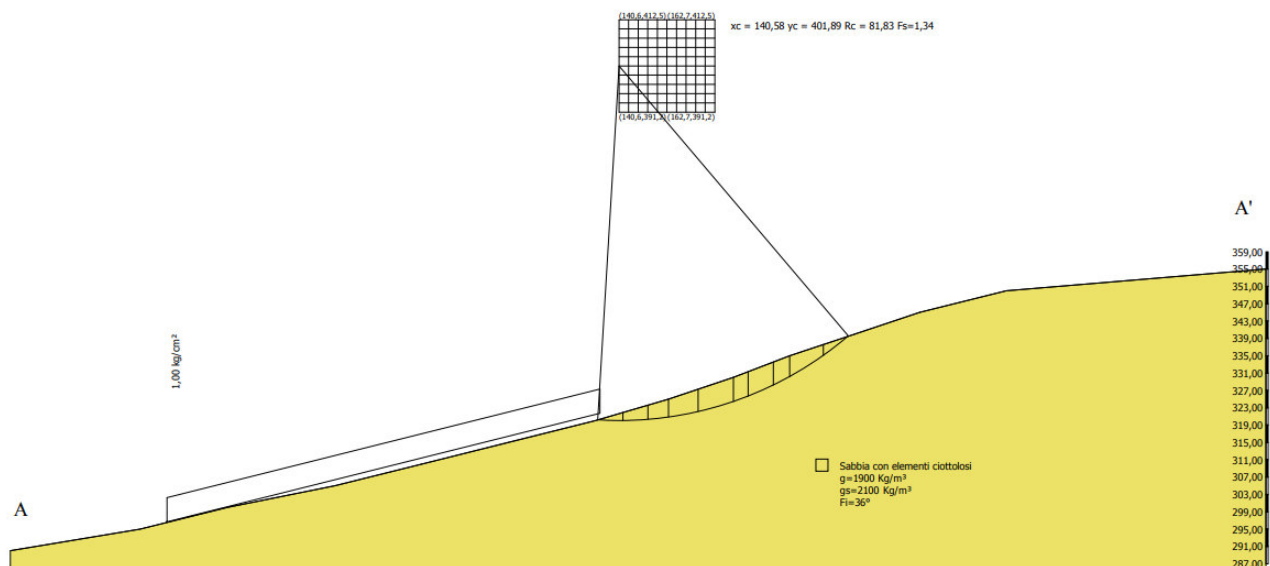
N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	36,18	296,7	136,18	321,7	1

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,34
Ascissa centro superficie	140,58 m
Ordinata centro superficie	401,89 m
Raggio superficie	81,83 m

Analisi dei conchi. Superficie...xc = 140,579 yc = 401,886 Rc = 81,834 Fs=1,3385

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	5,79	-1,4	5,79	10708,83	1103,01	551,5	0,0	36,0	0,0	-36563,7	-19846,9
2	5,79	2,6	5,8	28745,83	2960,82	1480,41	0,0	36,0	0,0	-20261,0	-10997,7
3	4,75	6,4	4,78	33800,41	3481,44	1740,72	0,0	36,0	0,0	1875,4	1018,0
4	6,83	10,5	6,95	61403,49	6324,56	3162,28	0,0	36,0	0,0	77894,2	42281,2
5	8,17	15,9	8,49	85036,08	8758,72	4379,36	0,0	36,0	0,0	243567,0	132208,9
6	3,41	20,1	3,63	36398,2	3749,02	1874,51	0,0	36,0	0,0	52780,3	28649,3
7	5,79	23,6	6,32	60984,02	6281,35	3140,68	0,0	36,0	0,0	198402,5	107693,5
8	3,8	27,3	4,28	36900,93	3800,8	1900,4	0,0	36,0	0,0	92530,8	50226,0
9	7,78	32,0	9,17	56801,5	5850,55	2925,28	0,0	36,0	0,0	370548,3	201134,8
10	5,79	37,8	7,32	15210,68	1566,7	783,35	0,0	36,0	0,0	91699,0	49774,5



Analisi di stabilità dei pendii con BELL ante opera versante B__B'

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

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	92,08 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	419,87 m
Ascissa vertice destro superiore xs	132,15 m
Ordinata vertice destro superiore ys	455,22 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,103
Coefficiente azione sismica verticale	0,0515

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	310,0
2	25,0	315,0
3	50,0	320,0
4	60,0	325,0
5	80,0	330,0
6	95,0	335,0
7	125,0	340,0
8	175,0	345,0
9	260,0	350,0
10	335,0	355,0

Stratigrafia

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

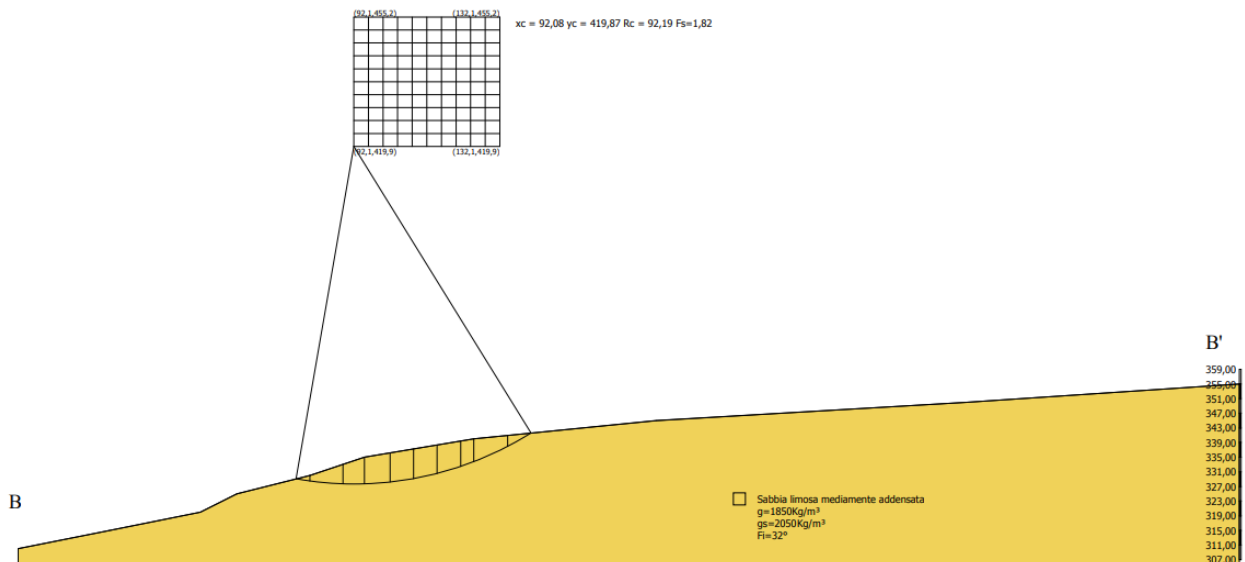
Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	32	1850	2050	0,00	Sabbia con elementi ciottolosi

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,82
Ascissa centro superficie	92,08 m
Ordinata centro superficie	419,87 m
Raggio superficie	92,19 m

Analisi dei conchi. Superficie...xc = 92,078 yc = 419,867 Rc = 92,187 Fs=1,8171

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,78	-8,7	3,82	5472,76	563,69	281,85	0,0	32,0	0,0	-25384,0	-8729,2
2	9,12	-4,7	9,16	59647,7	6143,71	3071,86	0,0	32,0	0,0	-101199,5	-34801,2
3	5,88	0,0	5,88	68912,25	7097,96	3548,98	0,0	32,0	0,0	-25707,5	-8840,5
4	7,03	4,0	7,05	99891,45	10288,82	5144,41	0,0	32,0	0,0	34173,1	11751,7
5	6,45	8,2	6,52	96479,84	9937,42	4968,71	0,0	32,0	0,0	90538,6	31135,0
6	6,45	12,3	6,6	95378,79	9824,02	4912,01	0,0	32,0	0,0	148812,3	51174,6
7	6,45	16,4	6,73	88487,93	9114,26	4557,13	0,0	32,0	0,0	194841,3	67003,4
8	3,61	19,7	3,84	44149,22	4547,37	2273,69	0,0	32,0	0,0	64679,4	22242,4
9	9,29	24,1	10,18	82213,95	8468,04	4234,02	0,0	32,0	0,0	412331,8	141795,5
10	6,45	29,6	7,42	19016,45	1958,69	979,35	0,0	32,0	0,0	83916,6	28857,8



Analisi di stabilità dei pendii con BELL post opera B___B'

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

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	92,08 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	419,87 m
Ascissa vertice destro superiore xs	132,15 m
Ordinata vertice destro superiore ys	455,22 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,103
Coefficiente azione sismica verticale	0,0515

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	310,0
2	25,0	315,0
3	50,0	320,0
4	60,0	325,0
5	80,0	330,0
6	95,0	335,0
7	125,0	340,0
8	175,0	345,0
9	260,0	350,0
10	335,0	355,0

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	32	1850	2050	0,00	Sabbia con elementi ciottolosi

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	202,07	346,8	252,07	349,7411	1

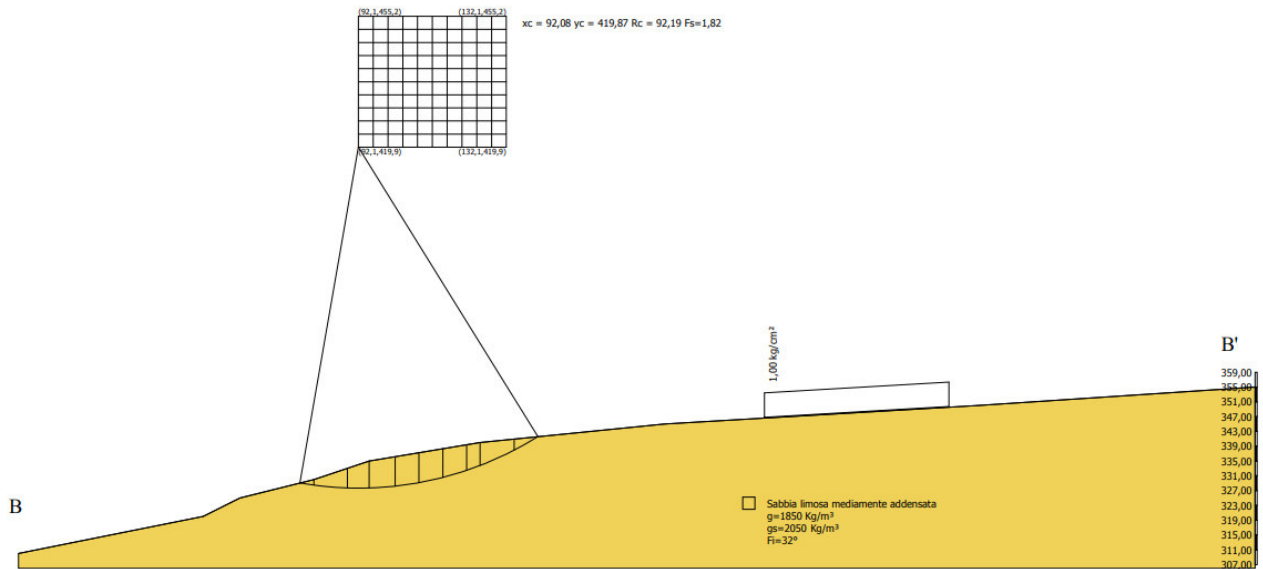
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,82
Ascissa centro superficie	92,08 m
Ordinata centro superficie	419,87 m
Raggio superficie	92,19 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 = 92,078 yc = 419,867 Rc = 92,187 Fs=1,8171

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,78	-8,7	3,82	5472,76	563,69	281,85	0,0	32,0	0,0	-25384,0	-8729,2
2	9,12	-4,7	9,16	59647,7	6143,71	3071,86	0,0	32,0	0,0	-101199,5	-34801,2
3	5,88	0,0	5,88	68912,25	7097,96	3548,98	0,0	32,0	0,0	-25707,5	-8840,5
4	7,03	4,0	7,05	99891,45	10288,82	5144,41	0,0	32,0	0,0	34173,1	11751,7
5	6,45	8,2	6,52	96479,84	9937,42	4968,71	0,0	32,0	0,0	90538,6	31135,0
6	6,45	12,3	6,6	95378,79	9824,02	4912,01	0,0	32,0	0,0	148812,3	51174,6
7	6,45	16,4	6,73	88487,93	9114,26	4557,13	0,0	32,0	0,0	194841,3	67003,4
8	3,61	19,7	3,84	44149,22	4547,37	2273,69	0,0	32,0	0,0	64679,4	22242,4
9	9,29	24,1	10,18	82213,95	8468,04	4234,02	0,0	32,0	0,0	412331,8	141795,5
10	6,45	29,6	7,42	19016,45	1958,69	979,35	0,0	32,0	0,0	83916,6	28857



Analisi di stabilità dei pendii con BELL ante opera C_____C'

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	148,92 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	382,54 m
Ascissa vertice destro superiore xs	192,56 m
Ordinata vertice destro superiore ys	420,45 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,103
Coefficiente azione sismica verticale	0,0515

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	310,0
2	55,0	315,0
3	115,0	320,0
4	140,0	325,0
5	175,0	330,0
6	195,0	335,0
7	220,0	340,0
8	245,0	345,0
9	305,0	350,0

Stratigrafia

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

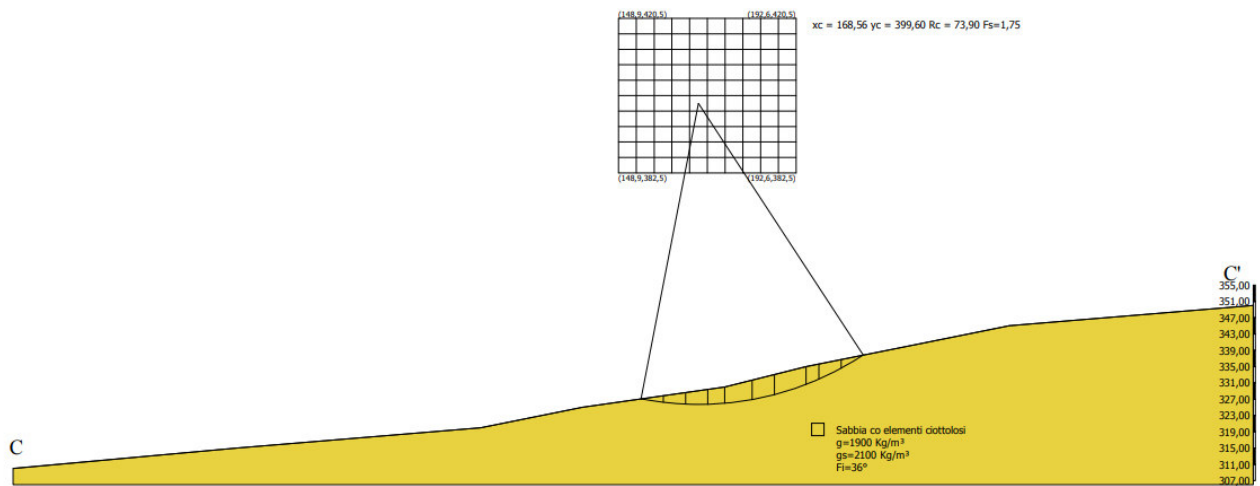
Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	36	1900	2100	0,00	Sabbia con elementi ciottolosi

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,75
Ascissa centro superficie	168,56 m
Ordinata centro superficie	399,6 m
Raggio superficie	73,9 m

Analisi dei conchi. Superficie...xc = 168,558 yc = 399,601 Rc = 73,896 Fs=1,7467

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	5,47	-8,9	5,53	9023,75	929,45	464,72	0,0	36,0	0,0	-43883,0	-18253,2
2	5,47	-4,6	5,48	23822,58	2453,73	1226,86	0,0	36,0	0,0	-44160,2	-18368,5
3	5,47	-0,3	5,47	34376,59	3540,79	1770,4	0,0	36,0	0,0	-27220,3	-11322,3
4	4,16	3,4	4,16	30554,68	3147,13	1573,57	0,0	36,0	0,0	-6369,4	-2649,4
5	6,78	7,7	6,84	57752,13	5948,47	2974,24	0,0	36,0	0,0	51794,4	21544,0
6	5,47	12,5	5,6	51205,66	5274,18	2637,09	0,0	36,0	0,0	73507,7	30575,6
7	7,76	17,8	8,15	70719,21	7284,08	3642,04	0,0	36,0	0,0	237264,8	98690,7
8	3,17	22,3	3,43	24661,06	2540,09	1270,05	0,0	36,0	0,0	41330,0	17191,3
9	5,47	26,0	6,08	31371,33	3231,25	1615,62	0,0	36,0	0,0	114750,0	47730,5
10	5,47	30,8	6,36	12075,29	1243,76	621,88	0,0	36,0	0,0	54736,9	22767,9



Analisi di stabilità dei pendii con BELL post opera C __C'

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	148,92 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	382,54 m
Ascissa vertice destro superiore xs	192,56 m
Ordinata vertice destro superiore ys	420,45 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,103
Coefficiente azione sismica verticale	0,0515

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	310,0
2	55,0	315,0
3	115,0	320,0
4	140,0	325,0
5	175,0	330,0
6	195,0	335,0
7	220,0	340,0
8	245,0	345,0
9	305,0	350,0

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	36	1900	2100	0,00	Sabbia co elementi ciottolosi

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	112,09	322,46	162,09	326,6266	1

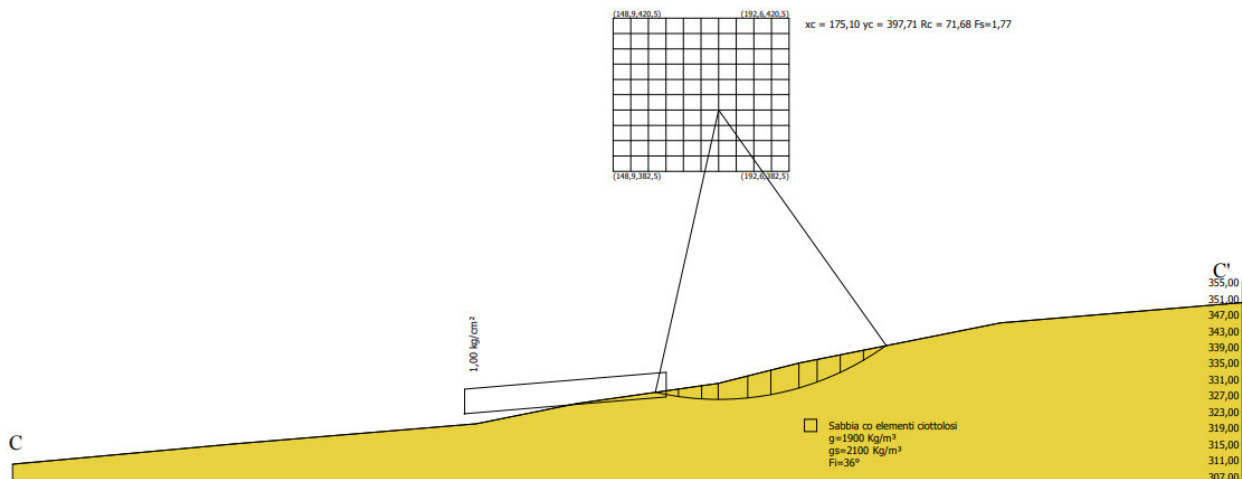
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,77
Ascissa centro superficie	175,1 m
Ordinata centro superficie	397,71 m
Raggio superficie	71,68 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 = 175,103 yc = 397,705 Rc = 71,679 Fs=1,7703

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	5,73	-10,3	5,83	10809,11	1113,34	556,67	0,0	36,0	0,0	-51174,6	-21002,1
2	5,73	-5,7	5,76	28516,85	2937,24	1468,62	0,0	36,0	0,0	-53954,8	-22143,1
3	4,14	-1,7	4,15	28697,83	2955,88	1477,94	0,0	36,0	0,0	-25362,7	-10408,9
4	7,32	2,8	7,33	66772,71	6877,59	3438,8	0,0	36,0	0,0	2049,7	841,2
5	5,73	8,1	5,79	63256,46	6515,42	3257,71	0,0	36,0	0,0	50290,7	20639,4
6	6,95	13,3	7,14	81803,63	8425,77	4212,89	0,0	36,0	0,0	163660,9	67166,6
7	4,52	18,0	4,75	50791,39	5231,51	2615,76	0,0	36,0	0,0	92098,1	37797,1
8	5,73	22,4	6,2	55065,03	5671,7	2835,85	0,0	36,0	0,0	168585,4	69187,6
9	5,73	27,5	6,46	38570,71	3972,78	1986,39	0,0	36,0	0,0	151493,2	62172,9
10	5,73	32,8	6,82	14899,67	1534,67	767,33	0,0	36,0	0,0	73275,5	30072,3



Analisi di stabilità dei pendii con BELL ante opera D ___ D'

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

Superficie di forma circolare**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	92,74 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	321,21 m
Ascissa vertice destro superiore xs	121,03 m
Ordinata vertice destro superiore ys	347,17 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1028
Coefficiente azione sismica verticale	0,0514

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	280,0
2	55,0	285,0
3	90,0	290,0
4	120,0	295,0
5	145,0	300,0
6	180,0	305,0

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	36	1900	2100	0,00	Sabbia con elementi ciottolosi

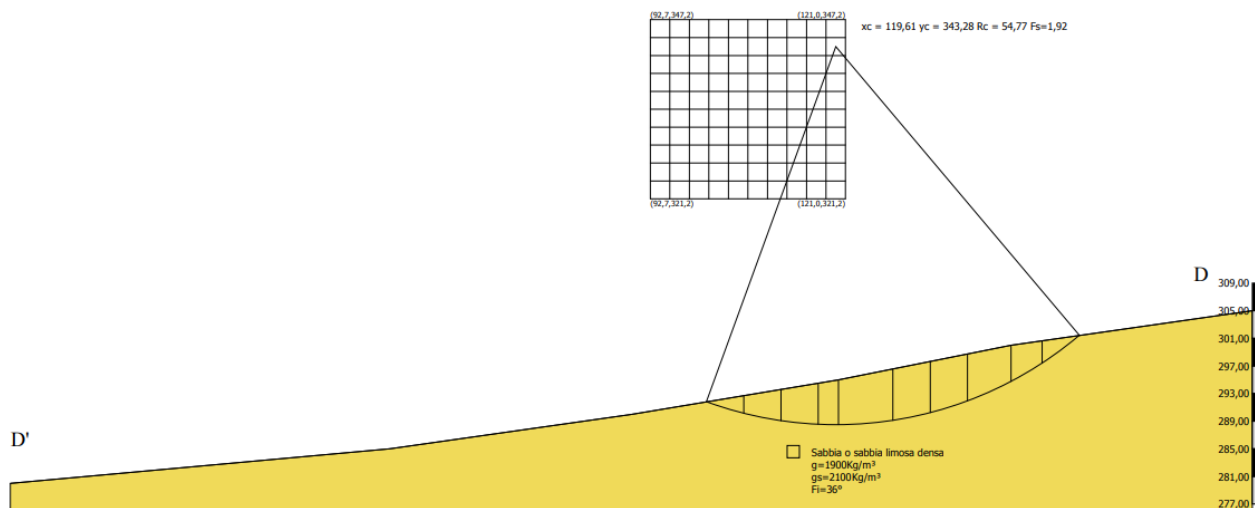
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,92
Ascissa centro superficie	119,61 m
Ordinata centro superficie	343,28 m
Raggio superficie	54,77 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 = 119,613 yc = 343,278 Rc = 54,771 Fs=1,921

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	5,41	-17,0	5,65	13926,73	1431,67	715,83	0,0	36,0	0,0	-72699,0	-27495,5
2	5,41	-11,2	5,51	37139,26	3817,92	1908,96	0,0	36,0	0,0	-90296,5	-34151,1
3	5,41	-5,5	5,43	54527,95	5605,47	2802,74	0,0	36,0	0,0	-69880,9	-26429,7
4	2,91	-1,1	2,91	34473,7	3543,9	1771,95	0,0	36,0	0,0	-17642,2	-6672,4
5	7,91	4,6	7,93	106812,3	10980,31	5490,15	0,0	36,0	0,0	57417,7	21716,0
6	5,41	11,6	5,52	77037,93	7919,5	3959,75	0,0	36,0	0,0	98063,5	37088,6
7	5,41	17,4	5,67	73779,67	7584,55	3792,28	0,0	36,0	0,0	156565,8	59214,8
8	6,28	24,0	6,88	73335,41	7538,88	3769,44	0,0	36,0	0,0	268434,6	101524,8
9	4,53	30,4	5,25	37218,18	3826,03	1913,02	0,0	36,0	0,0	129581,8	49009,2
10	5,41	36,6	6,74	18006,6	1851,08	925,54	0,0	36,0	0,0	96576,5	36526,3



Analisi di stabilità dei pendii con BELL post opera D_____D'

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

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	92,74 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	321,21 m
Ascissa vertice destro superiore xs	121,03 m
Ordinata vertice destro superiore ys	347,17 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1028
Coefficiente azione sismica verticale	0,0514

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	280,0
2	55,0	285,0
3	90,0	290,0
4	120,0	295,0
5	145,0	300,0
6	180,0	305,0

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	36	1900	2100	0,00	Sabbia o sabbia limosa densa

Carichi distribuiti

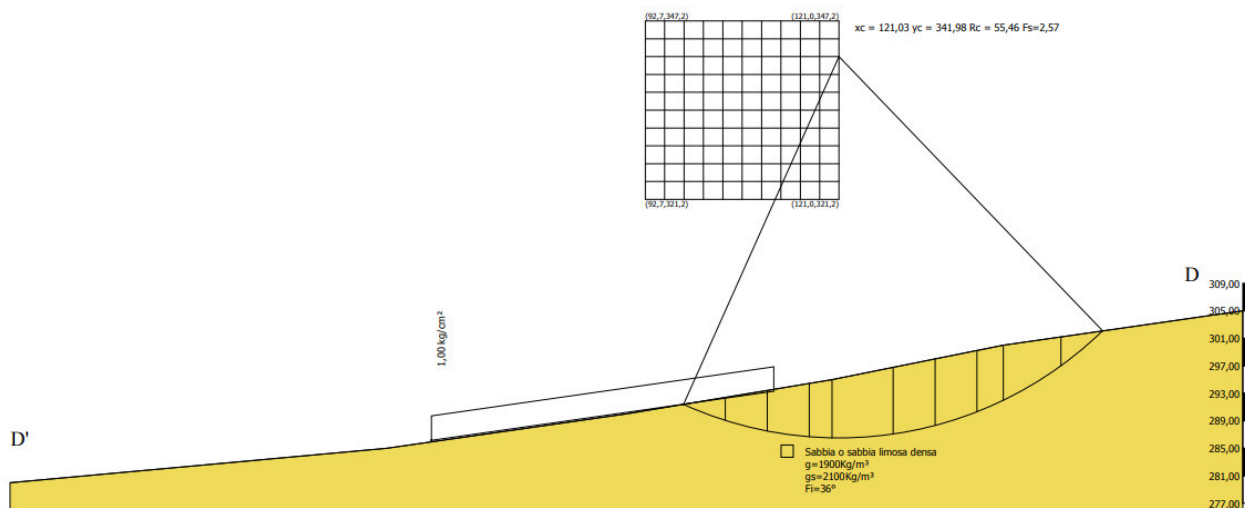
N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	61,51	286,17	111,51	293,3129	1

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2,57
Ascissa centro superficie	121,03 m
Ordinata centro superficie	341,98 m
Raggio superficie	55,46 m

Analisi dei conchi. Superficie...xc = 121,027 yc = 341,98 Rc = 55,464 Fs=2,5652

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	6,12	-20,8	6,55	80928,61	8319,46	4159,73	0,0	36,0	0,0	-362614,4	-102703,5
2	6,12	-14,1	6,32	116203,0	11945,67	5972,84	0,0	36,0	0,0	-338093,6	-95758,4
3	6,12	-7,7	6,18	90123,23	9264,67	4632,33	0,0	36,0	0,0	-172312,0	-48804,0
4	3,32	-2,8	3,33	51381,68	5282,04	2641,02	0,0	36,0	0,0	-41958,1	-11883,8
5	8,93	3,6	8,95	157260,7	16166,39	8083,2	0,0	36,0	0,0	62265,3	17635,4
6	6,12	11,4	6,25	113903,1	11709,24	5854,62	0,0	36,0	0,0	172458,4	48845,5
7	6,12	18,0	6,44	109495,9	11256,17	5628,09	0,0	36,0	0,0	293947,7	83255,0
8	3,82	23,5	4,17	61912,92	6364,65	3182,32	0,0	36,0	0,0	137965,8	39076,1
9	8,43	30,7	9,8	102319,1	10518,41	5259,2	0,0	36,0	0,0	739274,8	209385,2
10	6,12	39,9	7,98	26850,76	2760,26	1380,13	0,0	36,0	0,0	199117,8	56396,2



Analisi di stabilità dei pendii con BELL ante opera E_____E'

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

Superficie di forma circolare**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	110,57 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	338,59 m
Ascissa vertice destro superiore xs	147,57 m
Ordinata vertice destro superiore ys	369,74 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1234
Coefficiente azione sismica verticale	0,0617

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	270,0
2	25,0	275,0
3	50,0	280,0
4	70,0	285,0
5	87,0	290,0
6	107,0	295,0
7	122,0	300,0
8	137,0	305,0
9	157,0	310,0
10	172,0	315,0
11	187,0	320,0
12	202,0	325,0
13	227,0	330,0

Stratigrafia

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

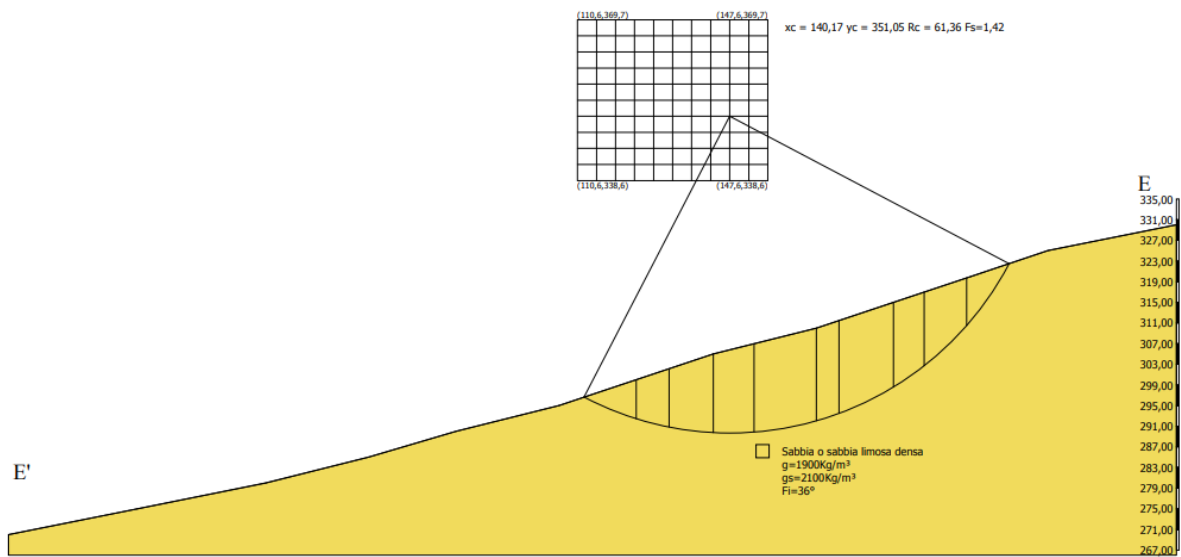
Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0	36	1900	2100	0,00		Sabbia o sabbia limosa densa

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,42
Ascissa centro superficie	140,17 m
Ordinata centro superficie	351,05 m
Raggio superficie	61,36 m

Analisi dei conchi. Superficie...xc = 140,171 yc = 351,05 Rc = 61,36 Fs=1,4175

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	10,15	-22,4	10,97	77991,76	9624,18	4812,09	0,0	36,0	0,0	-640171,3	-328121,8
2	6,38	-14,2	6,58	115286,7	14226,38	7113,19	0,0	36,0	0,0	-358188,5	-183590,7
3	8,62	-7,0	8,69	219785,8	27121,57	13560,78	0,0	36,0	0,0	-442924,4	-227022,3
4	7,9	0,7	7,9	244644,8	30189,16	15094,58	0,0	36,0	0,0	-58801,8	-30139,1
5	12,1	10,2	12,29	410118,9	50608,67	25304,34	0,0	36,0	0,0	1120553,0	574343,3
6	4,43	18,1	4,66	151625,4	18710,58	9355,29	0,0	36,0	0,0	269131,8	137944,4
7	10,57	25,8	11,74	351684,4	43397,86	21698,93	0,0	36,0	0,0	2424027,0	1242443,0
8	5,96	34,6	7,24	175098,6	21607,17	10803,58	0,0	36,0	0,0	970761,4	497566,8
9	8,26	43,3	11,36	190353,7	23489,65	11744,82	0,0	36,0	0,0	2032541,0	1041785,0
10	8,26	55,4	14,57	84495,12	10426,7	5213,35	0,0	36,0	0,0	1397300,0	716190,6



Analisi di stabilità dei pendii con BELL post opera E_____E'

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	110,57 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	338,59 m
Ascissa vertice destro superiore xs	147,57 m
Ordinata vertice destro superiore ys	369,74 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1234
Coefficiente azione sismica verticale	0,0617

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	270,0
2	25,0	275,0
3	50,0	280,0
4	70,0	285,0
5	87,0	290,0
6	107,0	295,0
7	122,0	300,0
8	137,0	305,0
9	157,0	310,0
10	172,0	315,0
11	187,0	320,0
12	202,0	325,0
13	227,0	330,0

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0	36	1900	2100	0,00		Sabbia o sabbia limosa densa

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	70,11	285,62	120,11	300,3259	1

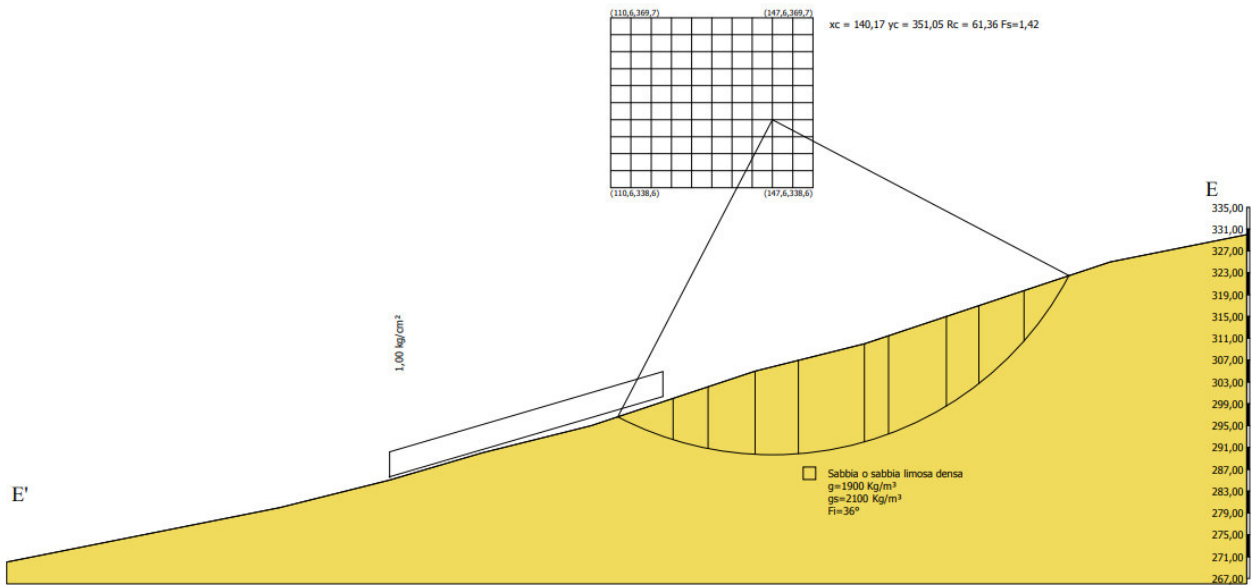
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,42
Ascissa centro superficie	140,17 m
Ordinata centro superficie	351,05 m
Raggio superficie	61,36 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 = 140,171 yc = 351,05 Rc = 61,36 Fs=1,4175

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	10,15	-22,4	10,97	77991,76	9624,18	4812,09	0,0	36,0	0,0	-640171,3	-328121,8
2	6,38	-14,2	6,58	115286,7	14226,38	7113,19	0,0	36,0	0,0	-358188,5	-183590,7
3	8,62	-7,0	8,69	219785,8	27121,57	13560,78	0,0	36,0	0,0	-442924,4	-227022,3
4	7,9	0,7	7,9	244644,8	30189,16	15094,58	0,0	36,0	0,0	-58801,8	-30139,1
5	12,1	10,2	12,29	410118,9	50608,67	25304,34	0,0	36,0	0,0	1120553,0	574343,3
6	4,43	18,1	4,66	151625,4	18710,58	9355,29	0,0	36,0	0,0	269131,8	137944,4
7	10,57	25,8	11,74	351684,4	43397,86	21698,93	0,0	36,0	0,0	2424027,0	1242443,0
8	5,96	34,6	7,24	175098,6	21607,17	10803,58	0,0	36,0	0,0	970761,4	497566,8
9	8,26	43,3	11,36	190353,7	23489,65	11744,82	0,0	36,0	0,0	2032541,0	1041785,0
10	8,26	55,4	14,57	84495,12	10426,7	5213,35	0,0	36,0	0,0	1397300,0	716190,6



Analisi di stabilità dei pendii con BELL ante opera F_____F'

Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0

Superficie di forma circolare**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	136,39 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	340,83 m
Ascissa vertice destro superiore xs	173,16 m
Ordinata vertice destro superiore ys	371,69 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1234
Coefficiente azione sismica verticale	0,0617

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	245,0
2	10,0	250,0
3	20,0	255,0
4	30,0	260,0
5	40,0	265,0
6	50,0	270,0
7	60,0	275,0
8	75,0	280,0
9	90,0	285,0
10	105,0	290,0
11	130,0	295,0
12	155,0	300,0
13	195,0	305,0
14	215,0	310,0
15	235,0	315,0
16	250,0	320,0
17	265,0	325,0
18	280,0	330,0

Vertici strato1

N	X m	y m
1	0,0	245,0
2	10,0	250,0
3	20,0	255,0
4	30,0	260,0
5	40,0	265,0
6	50,0	270,0
7	60,0	275,0
8	75,0	280,0
9	90,0	285,0
10	105,0	290,0
11	108,55	290,71
12	146,57	289,28
13	164,95	283,69
14	207,64	276,47
15	245,39	268,59
16	280,0	267,11

Vertici strato2

N	X m	y m
1	0,0	245,0
2	10,0	250,0
3	20,0	255,0
4	30,0	260,0
5	40,0	265,0
6	50,0	270,0
7	55,03	272,51
8	106,18	266,29
9	151,82	255,46
10	196,14	247,25
11	280,0	239,39

Vertici strato3

N	X m	y m
1	0,0	244,15
2	18,52	246,6
3	33,95	257,76
4	46,38	268,19
5	50,0	270,0
6	55,03	272,51
7	106,18	266,29
8	151,82	255,46
9	196,14	247,25
10	280,0	239,39

Stratigrafia

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

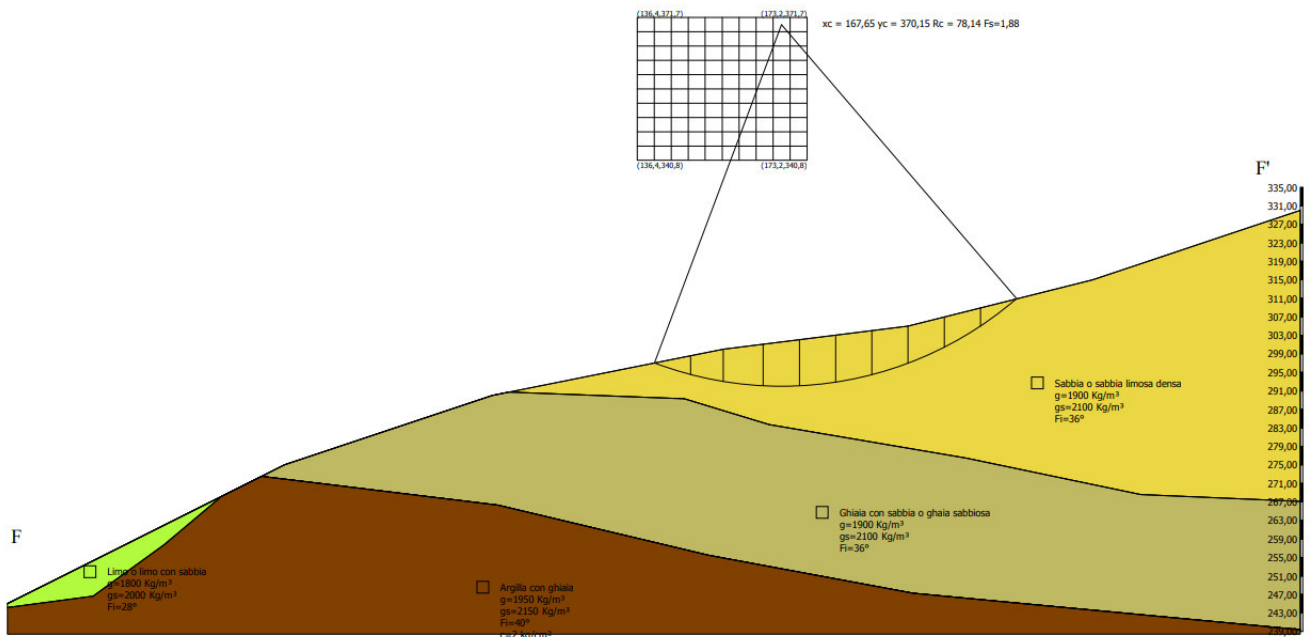
Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	36	1900	2100	0,00	Sabbia o sabbia limosa densa
2	0	36	1900	2100	0,00	Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa
3	0	28	1800	2000	0,00	Limo o limo con sabbia
4	2	40	1950	2150	0,00	Argilla con ghiaia

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,88
Ascissa centro superficie	167,65 m
Ordinata centro superficie	370,15 m
Raggio superficie	78,14 m

Analisi dei conchi. Superficie...xc = 167,645 yc = 370,151 Rc = 78,139 Fs=1,8783

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	7,85	-17,6	8,23	31964,19	3944,38	1972,19	0,0	36,0	0,0	-205705,2	-79568,3
2	7,04	-12,0	7,2	74821,14	9232,93	4616,46	0,0	36,0	0,0	-231134,2	-89404,4
3	8,65	-6,1	8,7	132942,1	16405,06	8202,53	0,0	36,0	0,0	-252938,8	-97838,6
4	7,85	-0,1	7,85	142536,9	17589,06	8794,53	0,0	36,0	0,0	-61892,9	-23940,6
5	7,85	5,7	7,89	151374,1	18679,57	9339,79	0,0	36,0	0,0	117323,9	45381,8
6	7,85	11,6	8,01	148253,1	18294,43	9147,22	0,0	36,0	0,0	294455,6	113897,6
7	7,81	17,5	8,18	131961,0	16283,99	8142,0	0,0	36,0	0,0	426354,2	164917,0
8	7,89	23,7	8,61	111389,6	13745,47	6872,74	0,0	36,0	0,0	520219,8	201224,9
9	7,85	30,1	9,07	80756,08	9965,3	4982,65	0,0	36,0	0,0	505659,7	195592,9
10	7,85	37,1	9,83	32466,44	4006,36	2003,18	0,0	36,0	0,0	267187,7	103350,2



Analisi di stabilità dei pendii con BELL post opera F_____F'

Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	136,39 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	340,83 m
Ascissa vertice destro superiore xs	173,16 m
Ordinata vertice destro superiore ys	371,69 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1234
Coefficiente azione sismica verticale	0,0617

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	245,0
2	10,0	250,0
3	20,0	255,0
4	30,0	260,0
5	40,0	265,0
6	50,0	270,0
7	60,0	275,0
8	75,0	280,0
9	90,0	285,0
10	105,0	290,0
11	130,0	295,0
12	155,0	300,0
13	195,0	305,0
14	215,0	310,0
15	235,0	315,0
16	250,0	320,0
17	265,0	325,0
18	280,0	330,0

Vertici strato1

N	X m	y m
1	0,0	245,0
2	10,0	250,0
3	20,0	255,0
4	30,0	260,0
5	40,0	265,0
6	50,0	270,0
7	60,0	275,0
8	75,0	280,0
9	90,0	285,0
10	105,0	290,0
11	108,55	290,71
12	146,57	289,28
13	164,95	283,69
14	207,64	276,47
15	245,39	268,59
16	280,0	267,11

Vertici strato2

N	X m	y m
1	0,0	245,0
2	10,0	250,0
3	20,0	255,0
4	30,0	260,0
5	40,0	265,0
6	50,0	270,0
7	55,03	272,51
8	106,18	266,29
9	151,82	255,46
10	196,14	247,25
11	280,0	239,39

Vertici strato3

N	X m	y m
1	0,0	244,15
2	18,52	246,6
3	33,95	257,76
4	46,38	268,19
5	50,0	270,0
6	55,03	272,51
7	106,18	266,29
8	151,82	255,46
9	196,14	247,25
10	280,0	239,39

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	36	1900	2100	0,00	Sabbia o sabbia limosa densa
2	0	36	1900	2100	0,00	Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa
3	0	28	1800	2000	0,00	Limo o limo con sabbia
4	2	40	1950	2150	0,00	Argilla con ghiaia

Carichi distribuiti

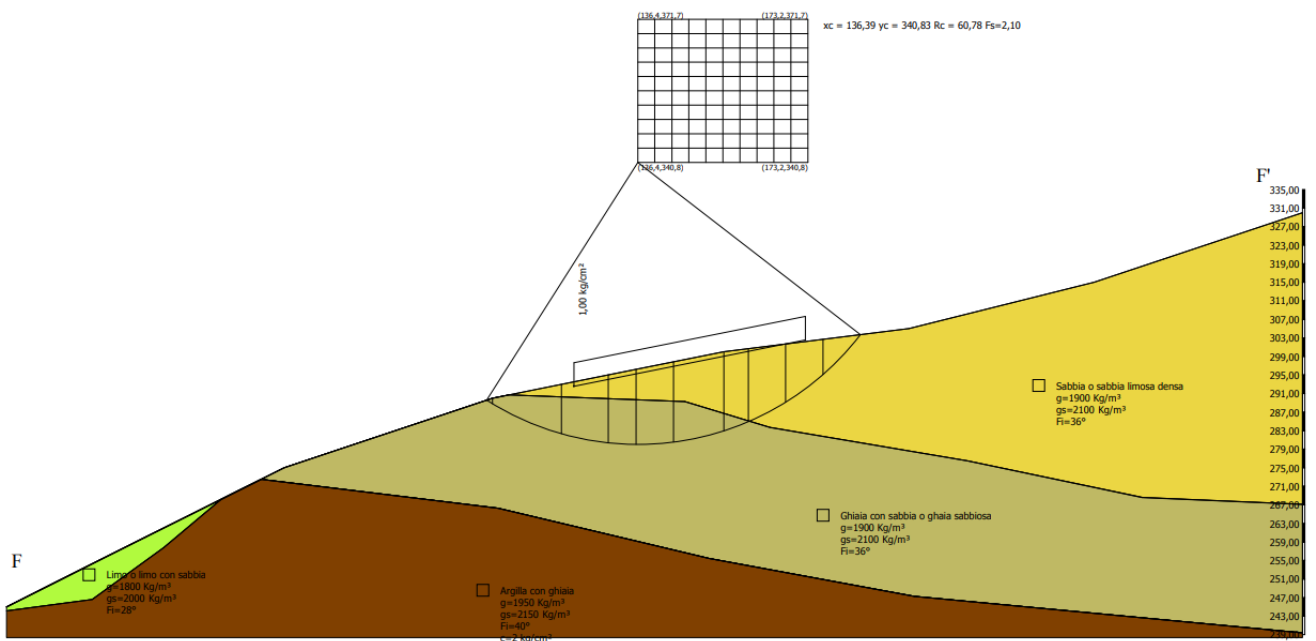
N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	122,6	292,57	172,6	302,57	1

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2,1
Ascissa centro superficie	136,39 m
Ordinata centro superficie	340,83 m
Raggio superficie	60,78 m

Analisi dei conchi. Superficie...xc = 136,388 yc = 340,831 Rc = 60,775 Fs=2,1001

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,27	-31,8	1,49	1474,6	181,97	90,98	0,0	36,0	0,0	-15403,1	-5328,8
2	14,88	-23,4	16,22	184223,9	22733,231	1366,62	0,0	36,0	0,0	-1533099,0	-530391,9
3	10,12	-10,9	10,3	320925,3	39602,181	19801,09	0,0	36,0	0,0	-806554,8	-279036,2
4	6,03	-3,2	6,04	237522,5	29310,271	14655,14	0,0	36,0	0,0	-130159,7	-45030,1
5	8,08	3,5	8,09	339270,8	41866,022	20933,01	0,0	36,0	0,0	153876,7	53235,3
6	10,89	12,6	11,16	469146,7	57892,712	28946,35	0,0	36,0	0,0	1292667,0	447211,9
7	5,26	20,5	5,62	217009,6	26778,981	13389,49	0,0	36,0	0,0	483650,7	167324,1
8	8,08	27,4	9,1	300462,7	37077,118	538,55	0,0	36,0	0,0	1458187,0	504475,3
9	8,08	36,5	10,04	200888,1	24789,59	12394,8	0,0	36,0	0,0	1394298,0	482372,3
10	8,08	46,8	11,79	64544,51	7964,79	3982,4	0,0	36,0	0,0	645857,5	223441,3



Analisi di stabilità dei pendii con BELL ante opera G_____G'

Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	183,92 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	349,16 m
Ascissa vertice destro superiore xs	229,07 m
Ordinata vertice destro superiore ys	391,14 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,123
Coefficiente azione sismica verticale	0,062

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	255,0
2	15,0	260,0
3	30,0	265,0
4	55,0	270,0
5	75,0	275,0
6	105,0	280,0
7	140,0	285,0
8	195,0	290,0
9	215,0	295,0
10	235,0	300,0
11	260,0	305,0
12	385,0	310,0

Vertici strato1

N	X m	y m
1	0,0	255,0
2	15,0	260,0
3	30,0	265,0
4	55,0	270,0
5	75,0	275,0
6	105,0	280,0
7	140,0	285,0
8	195,0	290,0
9	215,0	295,0
10	235,0	300,0
11	239,3	300,86
12	254,8	290,21
13	273,31	288,4
14	313,04	286,14
15	337,87	285,69
16	359,54	282,98
17	385,0	288,25

Vertici strato2

N	X m	y m
1	0,0	255,0
2	15,0	260,0
3	30,0	265,0
4	55,0	270,0
5	66,65	272,91
6	130,65	267,18
7	183,47	264,02
8	276,02	260,41
9	385,0	248,11

Vertici strato3

N	X m	y m
1	0,0	250,42
2	25,01	255,71
3	46,9	268,38
4	55,0	270,0
5	66,65	272,91
6	130,65	267,18
7	183,47	264,02
8	276,02	260,41
9	385,0	248,11

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	36	1900	2100	0,00	Sabbia o sabbia limosa densa
2	0	36	1900	2100	0,00	Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa
3	0	28	1800	2000	0,00	Limo o limo con sabbia
4	2	40	1950	2150	0,00	Argilla con ghiaia

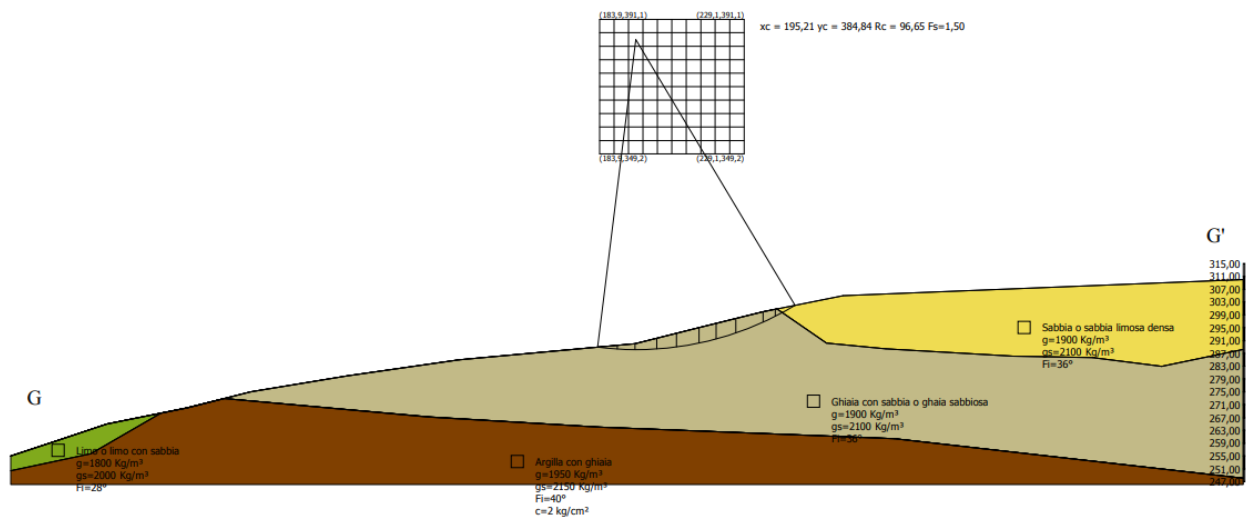
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,5
Ascissa centro superficie	195,21 m
Ordinata centro superficie	384,84 m
Raggio superficie	96,65 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 = 195,209 yc = 384,844 Rc = 96,648 Fs=1,4991

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	6,17	-5,3	6,19	7192,97	884,74	445,96	0,0	36,0	0,0	-40763,1	-19755,3
2	5,55	-1,8	5,55	15858,1	1950,55	983,2	0,0	36,0	0,0	-32044,7	-15530,1
3	6,79	1,9	6,8	33552,58	4126,97	2080,26	0,0	36,0	0,0	-19804,4	-9598,0
4	6,17	5,7	6,2	44396,18	5460,73	2752,56	0,0	36,0	0,0	15179,5	7356,5
5	7,04	9,7	7,14	60761,89	7473,71	3767,24	0,0	36,0	0,0	80780,7	39149,4
6	5,3	13,4	5,45	48577,5	5975,03	3011,81	0,0	36,0	0,0	72978,1	35367,9
7	6,17	17,0	6,45	55101,75	6777,52	3416,31	0,0	36,0	0,0	133807,8	64848,3
8	8,53	21,6	9,18	64362,5	7916,59	3990,48	0,0	36,0	0,0	296050,8	143477,4
9	3,81	25,6	4,22	19727,58	2426,49	1223,11	0,0	36,0	0,0	47739,3	23136,2
10	6,17	28,9	7,05	13590,42	1671,62	842,61	0,0	36,0	0,0	63647,8	30846,1



Analisi di stabilità dei pendii con BELL post opera G_____G'

Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	183,92 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	349,16 m
Ascissa vertice destro superiore xs	229,07 m
Ordinata vertice destro superiore ys	391,14 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,123
Coefficiente azione sismica verticale	0,062

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	255,0
2	15,0	260,0
3	30,0	265,0
4	55,0	270,0
5	75,0	275,0
6	105,0	280,0
7	140,0	285,0
8	195,0	290,0
9	215,0	295,0
10	235,0	300,0
11	260,0	305,0
12	385,0	310,0

Vertici strato1

N	X m	y m
1	0,0	255,0
2	15,0	260,0
3	30,0	265,0
4	55,0	270,0
5	75,0	275,0
6	105,0	280,0
7	140,0	285,0
8	195,0	290,0
9	215,0	295,0
10	235,0	300,0
11	239,3	300,86
12	254,8	290,21
13	273,31	288,4
14	313,04	286,14
15	337,87	285,69
16	359,54	282,98
17	385,0	288,25

Vertici strato2

N	X m	y m
1	0,0	255,0
2	15,0	260,0
3	30,0	265,0
4	55,0	270,0
5	66,65	272,91
6	130,65	267,18
7	183,47	264,02
8	276,02	260,41
9	385,0	248,11

Vertici strato3

N	X m	y m
1	0,0	250,42
2	25,01	255,71
3	46,9	268,38
4	55,0	270,0
5	66,65	272,91
6	130,65	267,18
7	183,47	264,02
8	276,02	260,41
9	385,0	248,11

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	36	1900	2100	0,00	Sabbia o sabbia limosa densa
2	0	36	1900	2100	0,00	Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa
3	0	28	1800	2000	0,00	Limo o limo con sabbia
4	2	40	1950	2150	0,00	Argilla con ghiaia

Carichi distribuiti

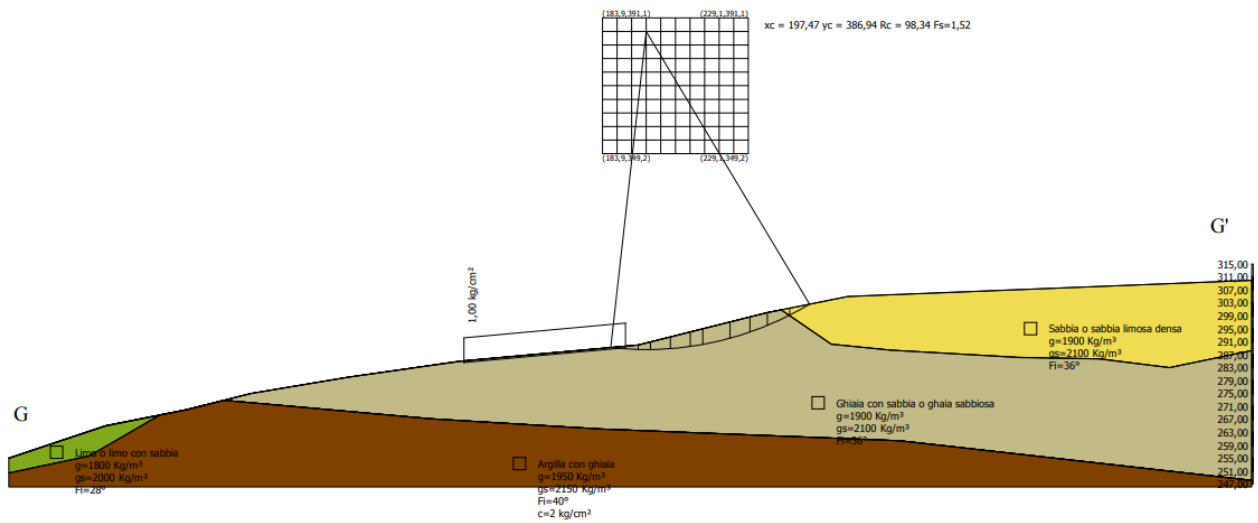
N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	141,03	284,6	191,03	289,1454	1

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,52
Ascissa centro superficie	197,47 m
Ordinata centro superficie	386,94 m
Raggio superficie	98,34 m

Analisi dei conchi. Superficie...xc = 197,466 yc = 386,944 Rc = 98,336 Fs=1,5204

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	8,53	-3,9	8,55	12545,21	1543,06	777,8	0,0	36,0	0,0	-57998,1	-27715,6
2	3,78	-0,3	3,78	13393,18	1647,36	830,38	0,0	36,0	0,0	-19244,0	-9196,2
3	6,16	2,6	6,16	35203,19	4329,99	2182,6	0,0	36,0	0,0	-14088,3	-6732,4
4	6,16	6,2	6,19	47715,57	5869,02	2958,37	0,0	36,0	0,0	20365,7	9732,2
5	3,9	9,1	3,95	34581,05	4253,47	2144,03	0,0	36,0	0,0	16928,0	8089,4
6	8,41	12,8	8,62	80059,9	9847,37	4963,71	0,0	36,0	0,0	190039,4	90814,4
7	6,16	17,2	6,44	57134,32	7027,52	3542,33	0,0	36,0	0,0	138955,9	66403,1
8	5,43	20,7	5,81	44840,66	5515,4	2780,12	0,0	36,0	0,0	120520,9	57593,5
9	6,88	24,6	7,57	41009,39	5044,16	2542,58	0,0	36,0	0,0	174448,7	83364,0
10	6,16	28,9	7,03	13515,88	1662,45	837,98	0,0	36,0	0,0	62312,5	29777,4



Analisi di stabilità dei pendii con BELL ante opera H_____H'

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	122,42 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	340,6 m
Ascissa vertice destro superiore xs	150,52 m
Ordinata vertice destro superiore ys	366,31 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1028
Coefficiente azione sismica verticale	0,0514

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	250,0
2	50,0	255,0
3	80,0	260,0
4	110,0	265,0
5	145,0	270,0
6	195,0	275,0
7	245,0	280,0
8	255,0	283,0

Stratigrafia

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

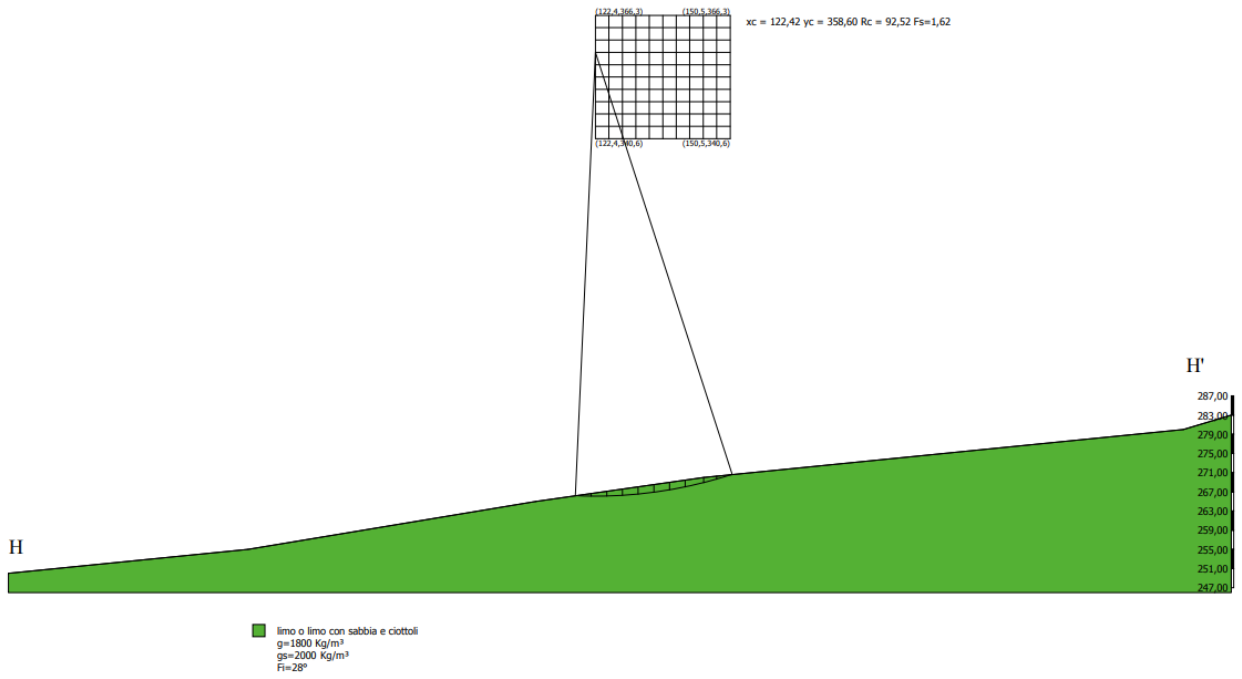
Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	28	1800	2000	0,00	limo o limo con sabbia e ciottoli

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,62
Ascissa centro superficie	122,42 m
Ordinata centro superficie	358,6 m
Raggio superficie	92,52 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 122,417 yc = 358,60 Rc = 92,517 Fs=1,6238

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,27	-1,6	3,27	1725,91	177,42	88,71	0,0	28,0	0,0	-10194,7	-3338,1
2	3,27	0,5	3,27	4665,92	479,66	239,83	0,0	28,0	0,0	-8668,3	-2838,3
3	3,27	2,5	3,27	6924,3	711,82	355,91	0,0	28,0	0,0	-6137,5	-2009,7
4	3,27	4,5	3,28	8499,43	873,74	436,87	0,0	28,0	0,0	-3003,6	-983,5
5	3,27	6,5	3,29	9386,82	964,97	482,48	0,0	28,0	0,0	332,4	108,8
6	3,27	8,6	3,31	9579,25	984,75	492,37	0,0	28,0	0,0	3460,8	1133,2
7	3,27	10,6	3,33	9066,77	932,06	466,03	0,0	28,0	0,0	5954,0	1949,6
8	3,86	12,9	3,96	9066,34	932,02	466,01	0,0	28,0	0,0	10851,6	3553,2
9	2,69	15,0	2,78	4368,79	449,11	224,56	0,0	28,0	0,0	4198,9	1374,9
10	3,27	16,9	3,42	2062,14	211,99	105,99	0,0	28,0	0,0	3011,9	986,2



Analisi di stabilità dei pendii con BELL H _____ H' post oprta

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	122,42 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	340,6 m
Ascissa vertice destro superiore xs	150,52 m
Ordinata vertice destro superiore ys	366,31 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1028
Coefficiente azione sismica verticale	0,0514

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	250,0
2	50,0	255,0
3	80,0	260,0
4	110,0	265,0
5	145,0	270,0
6	195,0	275,0
7	245,0	280,0
8	255,0	283,0

Stratigrafia

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

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	28	1800	2000	0,00	limo o limo con sabbia e ciottoli

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	57,53	256,37	157,53	273,0367	1

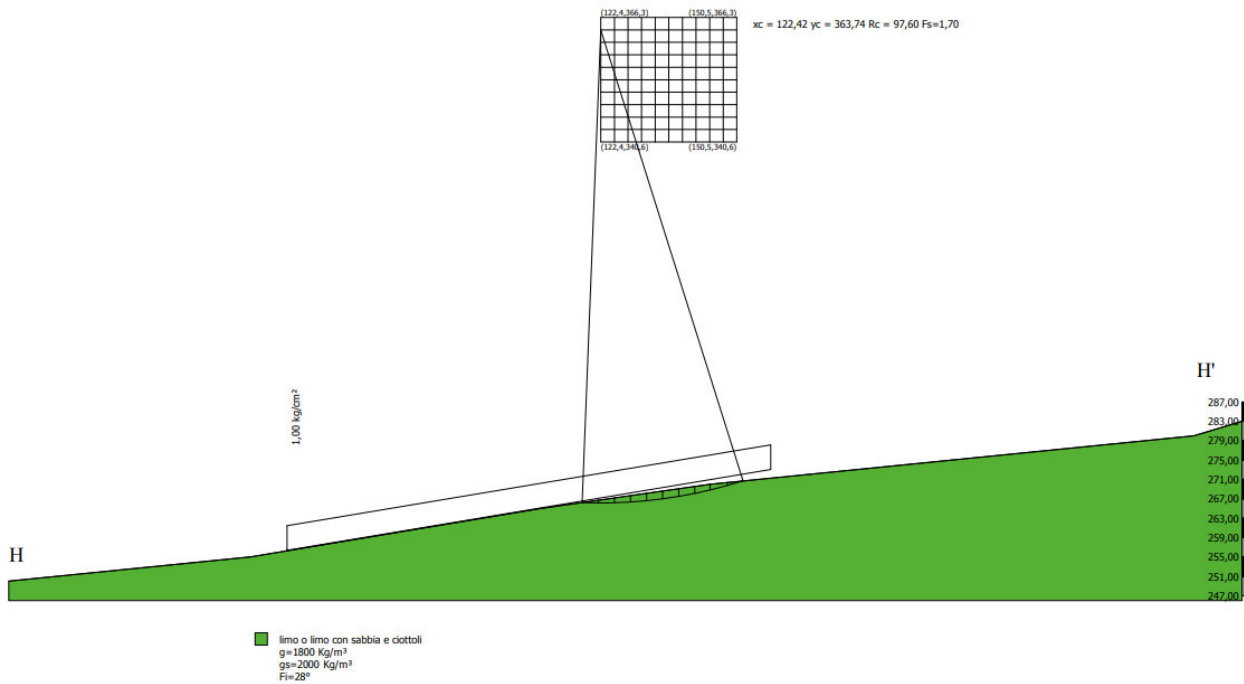
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,7
Ascissa centro superficie	122,42 m
Ordinata centro superficie	363,74 m
Raggio superficie	97,6 m

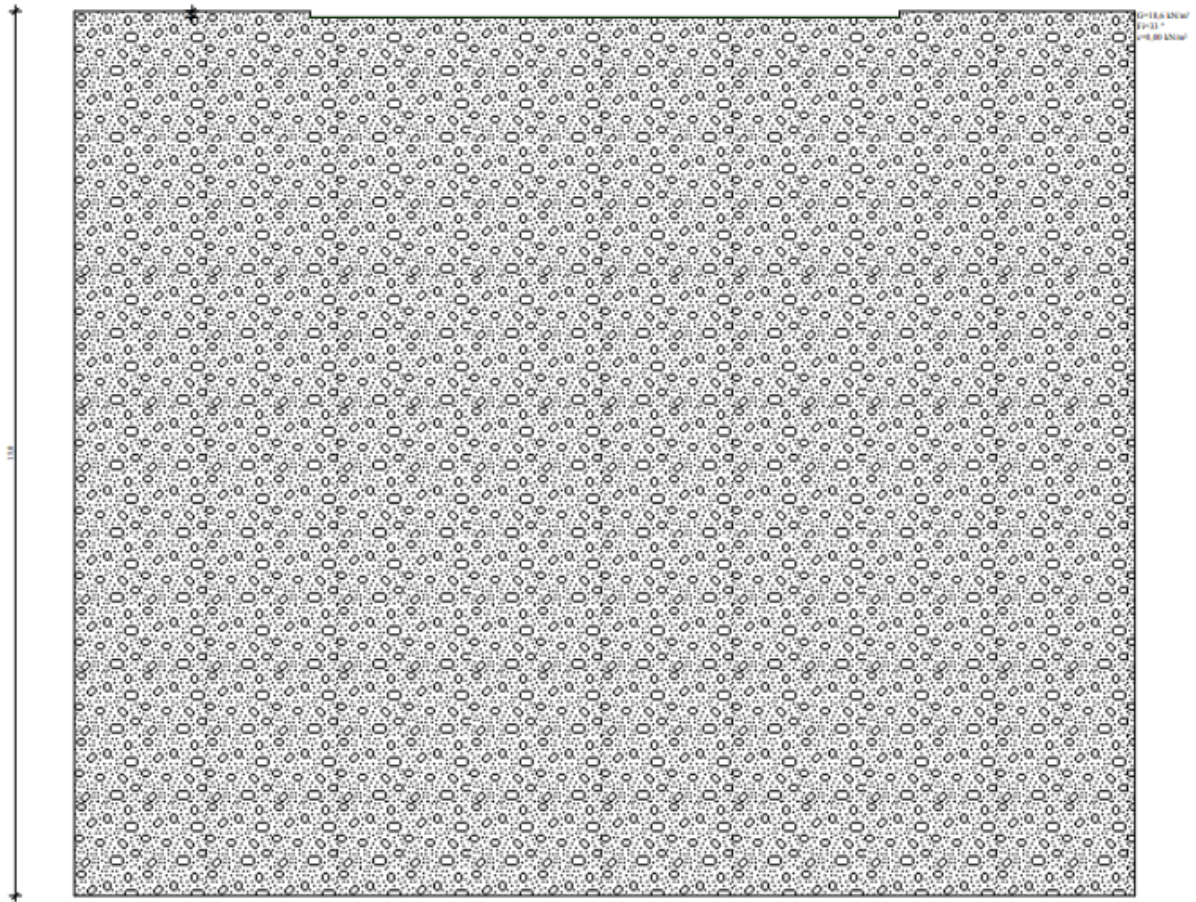
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento;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

Analisi dei concii. Superficie...xc = 122,417 yc = 363,743 Rc = 97,597 Fs=1,6972

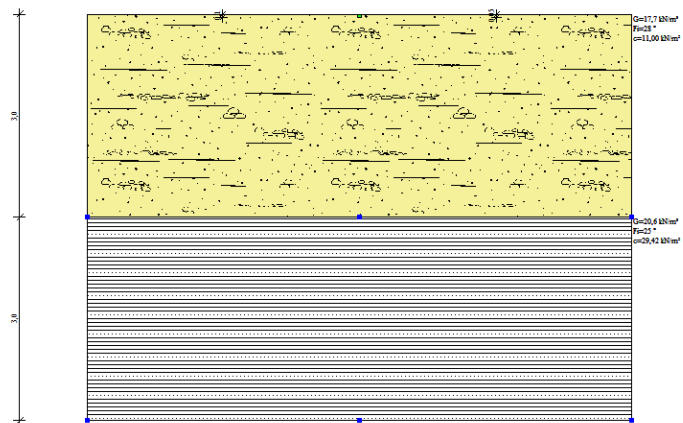
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,33	-1,3	3,33	33998,45	3495,04	1747,52	0,0	28,0	0,0	-62455,4	-19566,9
2	3,33	0,7	3,33	37952,58	3901,53	1950,76	0,0	28,0	0,0	-49458,5	-15495,1
3	3,33	2,6	3,33	40227,49	4135,39	2067,69	0,0	28,0	0,0	-35415,1	-11095,3
4	3,33	4,6	3,34	41821,14	4299,21	2149,61	0,0	28,0	0,0	-20785,6	-6512,0
5	3,33	6,5	3,35	42728,81	4392,52	2196,26	0,0	28,0	0,0	-5922,4	-1855,5
6	3,33	8,5	3,36	42944,06	4414,65	2207,32	0,0	28,0	0,0	8804,8	2758,5
7	3,33	10,5	3,38	42457,26	4364,61	2182,3	0,0	28,0	0,0	23049,5	7221,3
8	3,15	12,4	3,23	39164,42	4026,1	2013,05	0,0	28,0	0,0	31678,5	9924,7
9	3,5	14,4	3,61	40945,01	4209,15	2104,57	0,0	28,0	0,0	53075,6	16628,3
10	3,33	16,5	3,47	34320,73	3528,17	1764,09	0,0	28,0	0,0	54834,7	17179,4



MODELLO GEOTECNICO (1)



MODELLO GEOTECNICO (2)

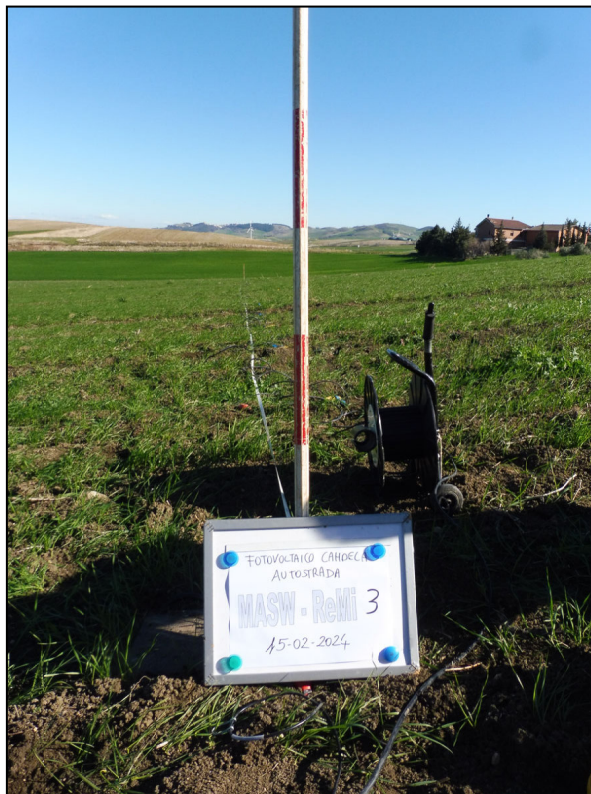




STENDIMENTO SISMICO MASW-REMI

COMMITTENTE: GEOL. FALCONE Antonio

CANTIERE : Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico con potenza nominale pari a 43.918 MWp, da ubicarsi in agro del Comune di Candela in un buffer di 300 m dall'Autostrada A16 in località "Serra d'Isca", delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili.



Data: febbraio 2024

IL TECNICO

DOTT. GEOL. FRANCESCO TUCCI



Francesco Tucci

INDICE

1. PROSPEZIONE SISMICA MASW-REMI	2
1.1 PREMESSA	2
1.2 INDAGINE GEOFISICA MASW-REMI: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	3
1.3 ELABORAZIONE DATI	5
1.4 CALCOLO DELLE $V_{s,Eq}$	12
1.5 ALLEGATI MASW-REMI	14

laboratorio

geotecnico
GeoS

terre - rocce - aggregati - prove cicliche e dinamiche -
prove geotecniche in sito - geochimica ambientale -
prospezioni geofisiche - misura del Radon

Via Lucca 55 A-B - MELFI (PZ) - tel./fax 0972347447

E-MAIL: laboratorio@geotest.it - <http://www.geotest.it> - C.F. e P.IVA: 01073440768

I.r.o.s. di Carbone Andrea & C.

LABORATORIO UFFICIALE

Art. 59 D.P.R. 380/2001
Circolare 7018/STC

Settori "F" e "B"

Consiglio Superiore
dei Lavori Pubblici



Geotest S.p.A. - Melfi (PZ) - Italy has been resulted in compliance with the standard
UNI EN ISO 9001:2015 for the following field of activities: Provision of geotechnical tests

1. PROSPEZIONE SISMICA MASW-ReMi

1.1 PREMESSA

Nel mese di febbraio 2024 nell'ambito dello studio geologico relativo al progetto **“Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico con potenza nominale pari a 43.918 MWp, da ubicarsi in agro del Comune di Candela in un buffer di 300 m dall'Autostrada A16 in località "Serra d'Isca", delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili.”**, su incarico della Dott. Geol. **Falcone Antonio**, è stata eseguita una campagna di indagini nel territorio comunale di Melfi (PZ). Tale campagna è consistita nelle seguenti indagini:

- N°6 Profilo sismico con tecnica MASW-ReMi.

L'ubicazione delle indagini è riportata nelle planimetrie con l'ubicazione delle indagini allegata alla presente.

Planimetria ubicazione indagini

Legenda
Masw



Masw 1

Masw 6

Masw 5

Masw 4

Masw 3

Masw 2

E842

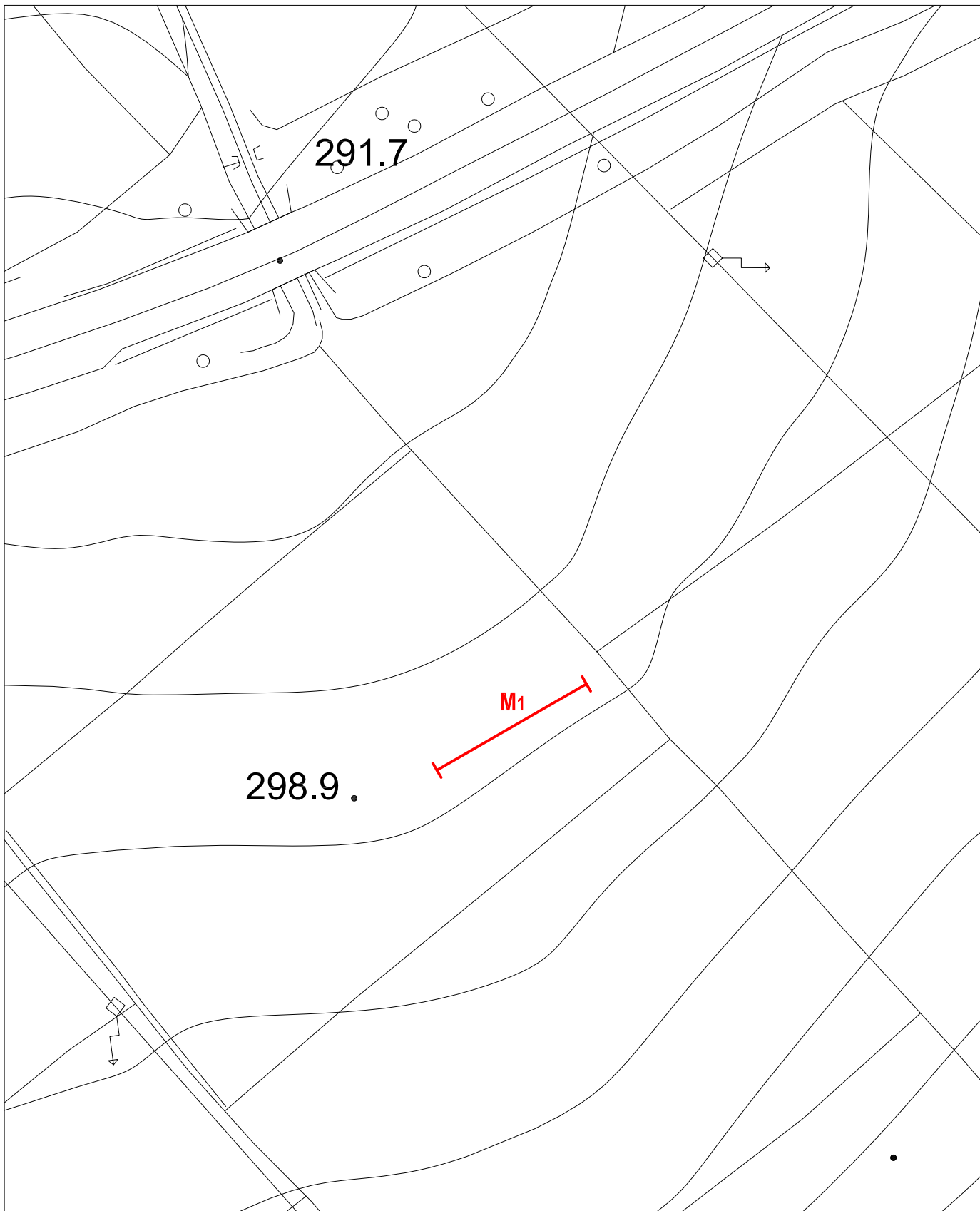


PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Scala 1 : 1.500



Ubicazione stendimento sismico Masw-ReMi

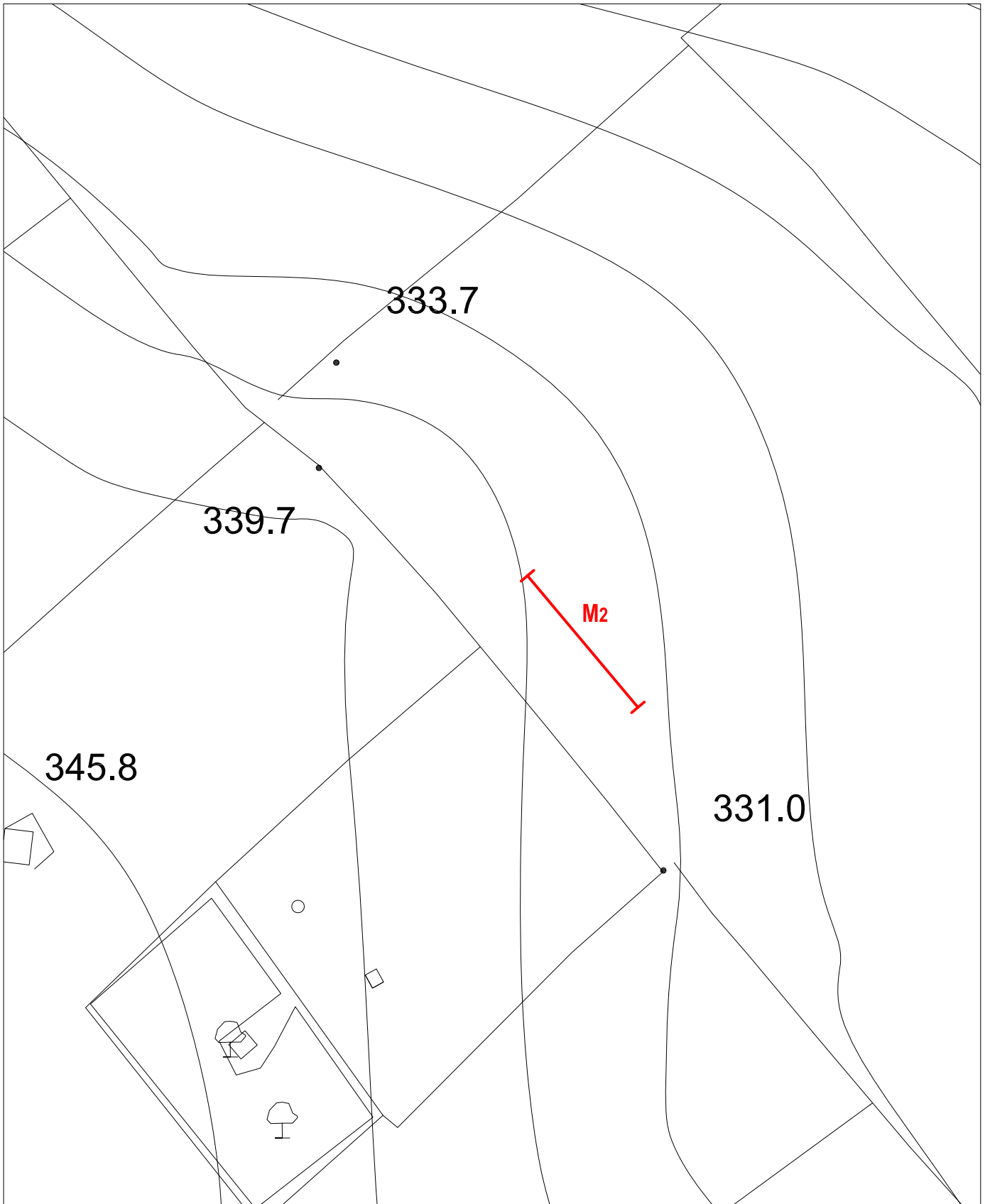


PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Scala 1 : 1.500



Ubicazione stendimento sismico Masw-ReMi

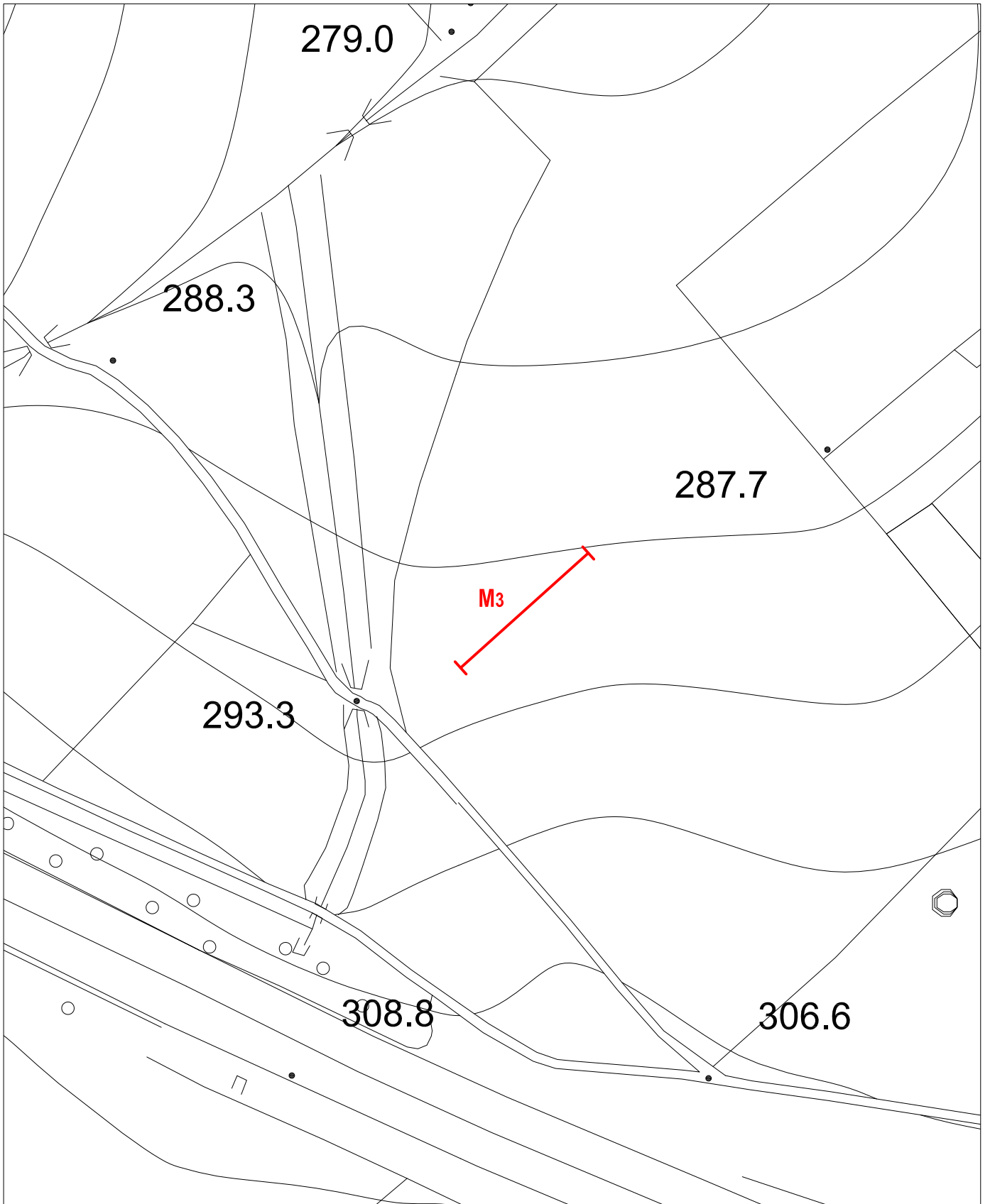


PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Scala 1 : 1.500



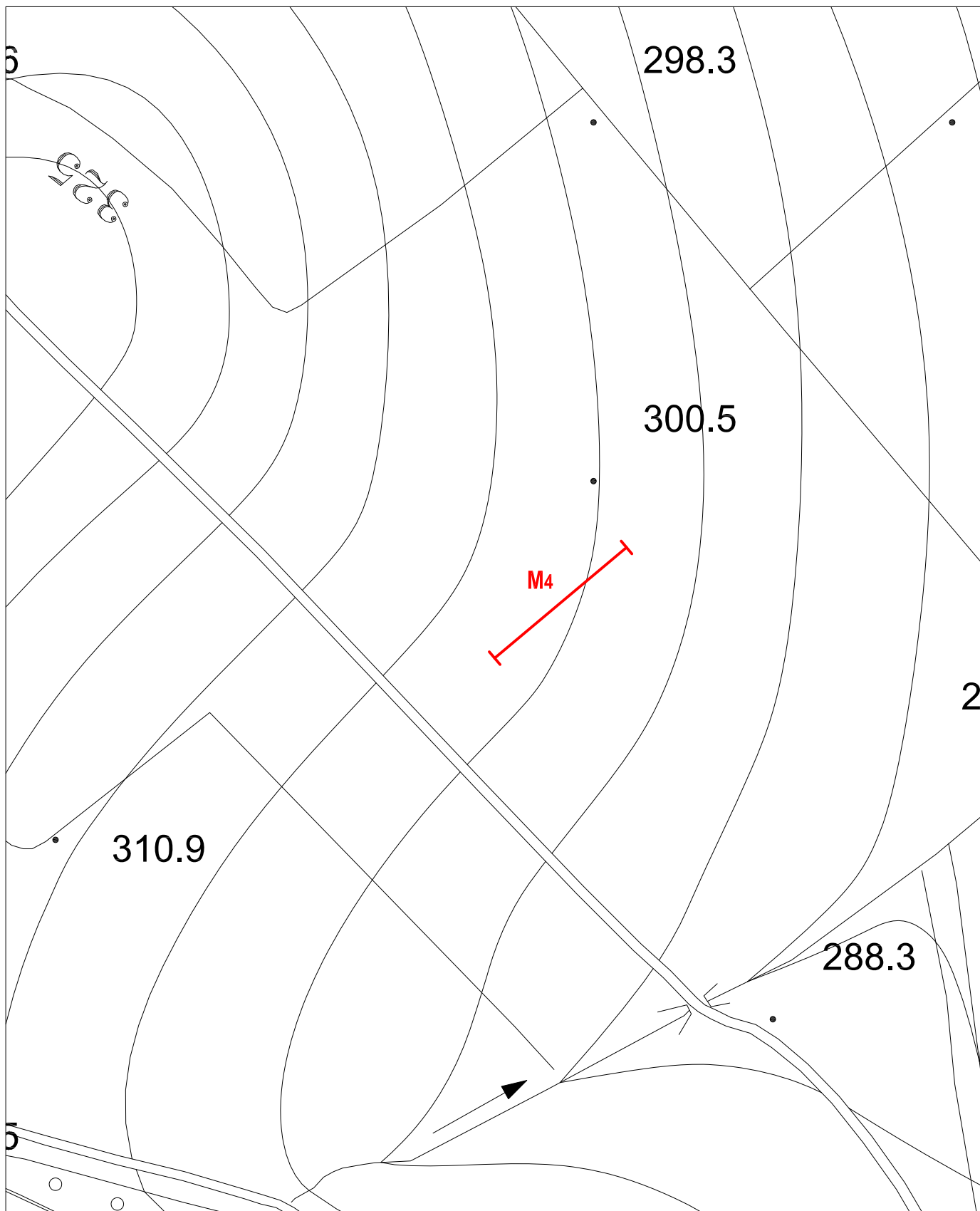
Ubicazione stendimento sismico Masw-ReMi



PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Scala 1 : 1.500

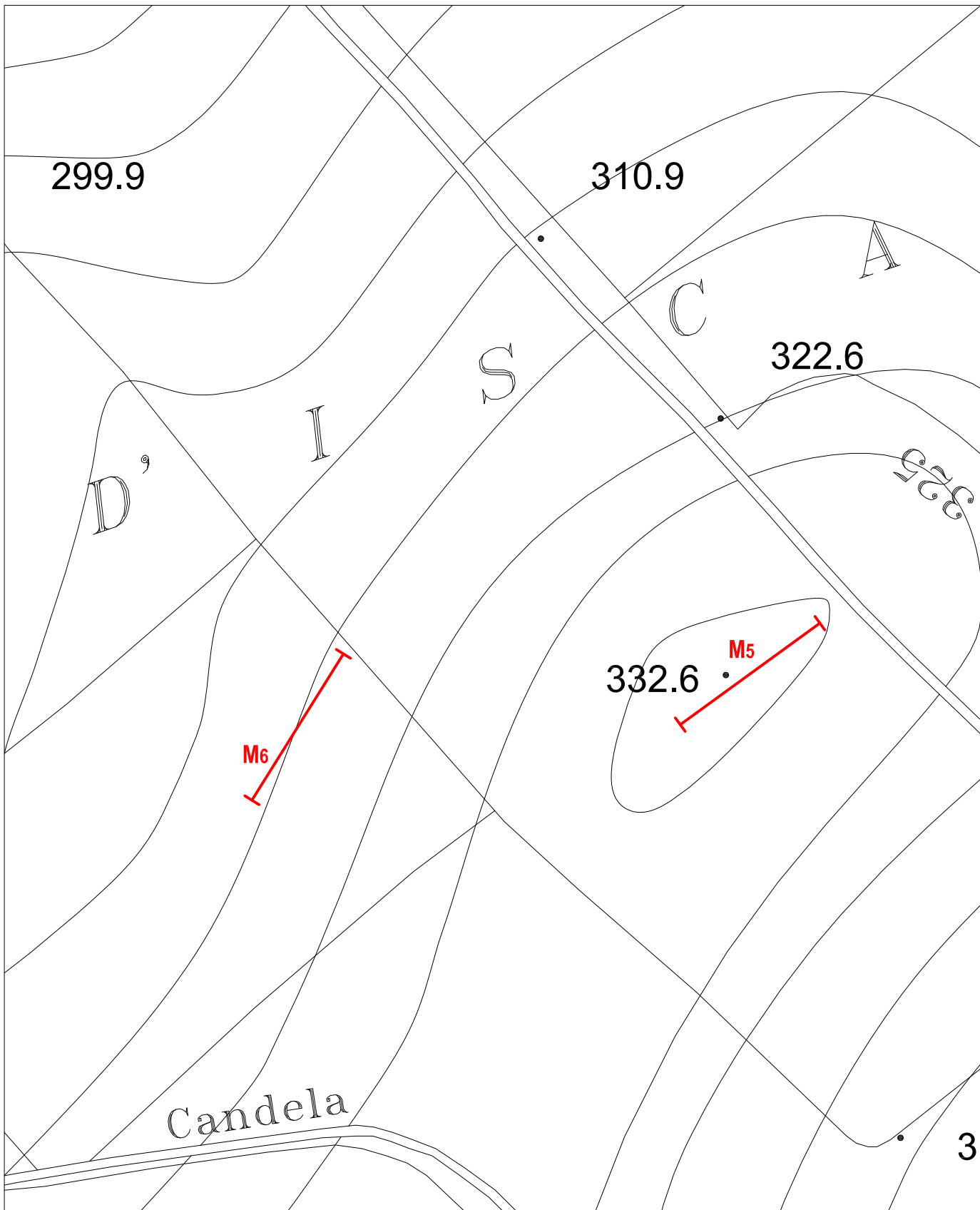
 Ubicazione stendimento sismico Masw-ReMi



PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Scala 1 : 1.500

 Ubicazione stendimento sismico Masw-ReMi



1.2 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:

n°	STRUMENTAZIONE	CARATTERISTICHE
1	Unità di acquisizione	sismografo GEOMETRICS "GEODE" 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

Riassunto modalità esecutiva della prova MASW ATTIVA	
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

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

- Direzione stendimento Masw n. 1: N 240°.
 Direzione stendimento Masw n. 2: N 140°.
 Direzione stendimento Masw n. 3: N 48°.
 Direzione stendimento Masw n. 4: N 50°.
 Direzione stendimento Masw n. 5: N 234°.
 Direzione stendimento Masw n. 6: N 212°.

1.3 ELABORAZIONE DATI

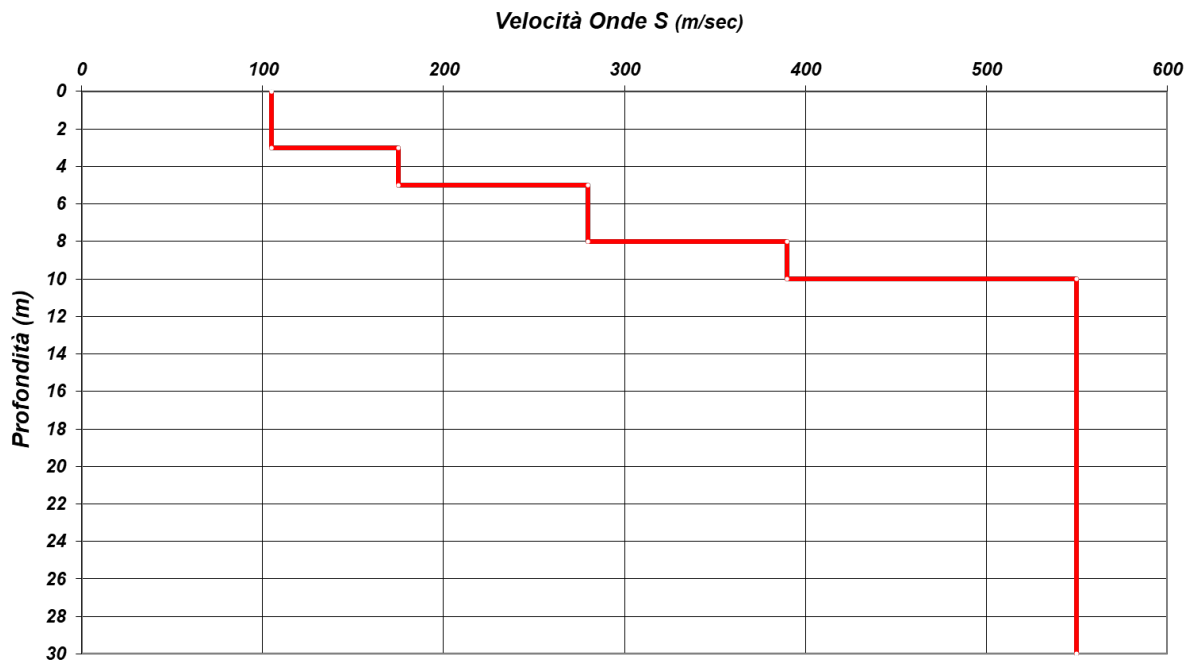
I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (**MASW 2007**). Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo. L'analisi consiste 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 Vs 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	3,00	105,00	3,00
2	2,00	175,00	5,00
3	3,00	280,00	8,00
4	2,00	390,00	10,00
5	20,00	550,00	30,00

Tabella 1: Modello sismico monodimensionale Masw n. 1.

Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion



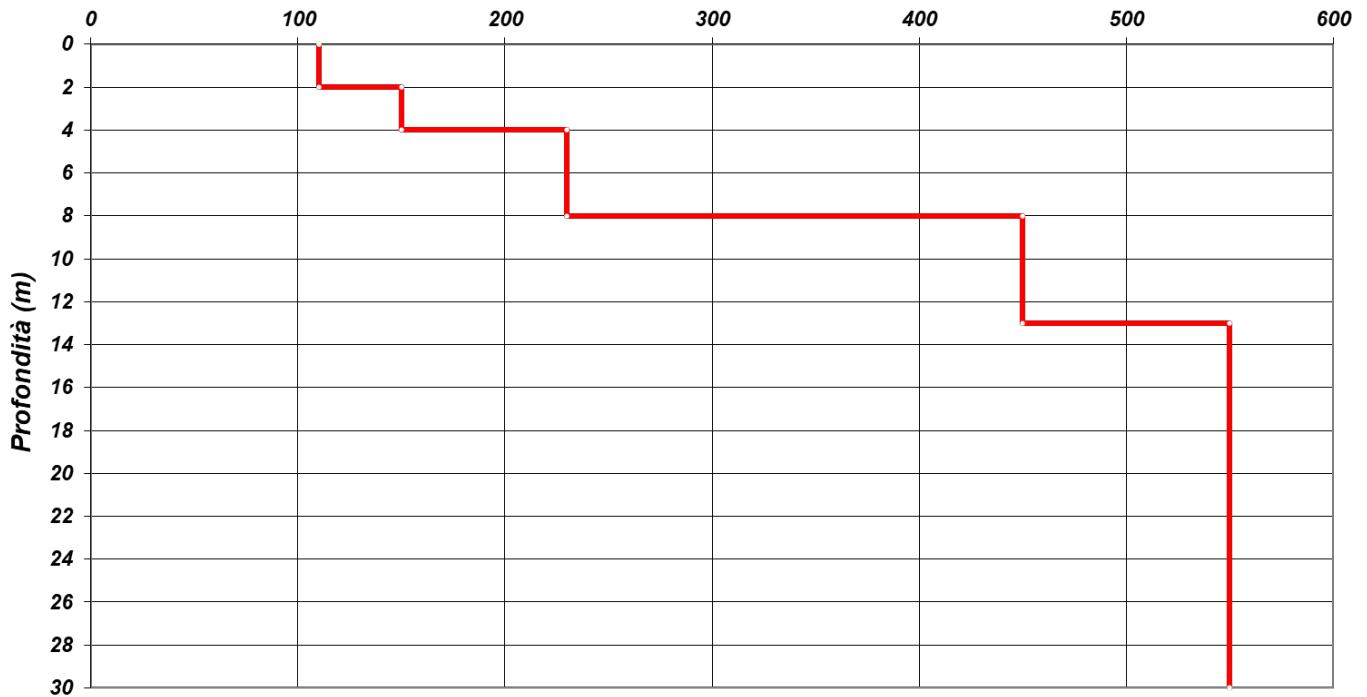
MASW-ReMi N. 2

Modello monodimensionale			
strato	spessore (m)	Vs (m/s)	Profondità (m)
1	2,00	110,00	2,00
2	2,00	150,00	4,00
3	4,00	230,00	8,00
4	5,00	450,00	13,00
5	17,00	550,00	30,00

Tabella 2: Modello sismico monodimensionale Masw n. 2.

Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion

Velocità Onde S (m/sec)



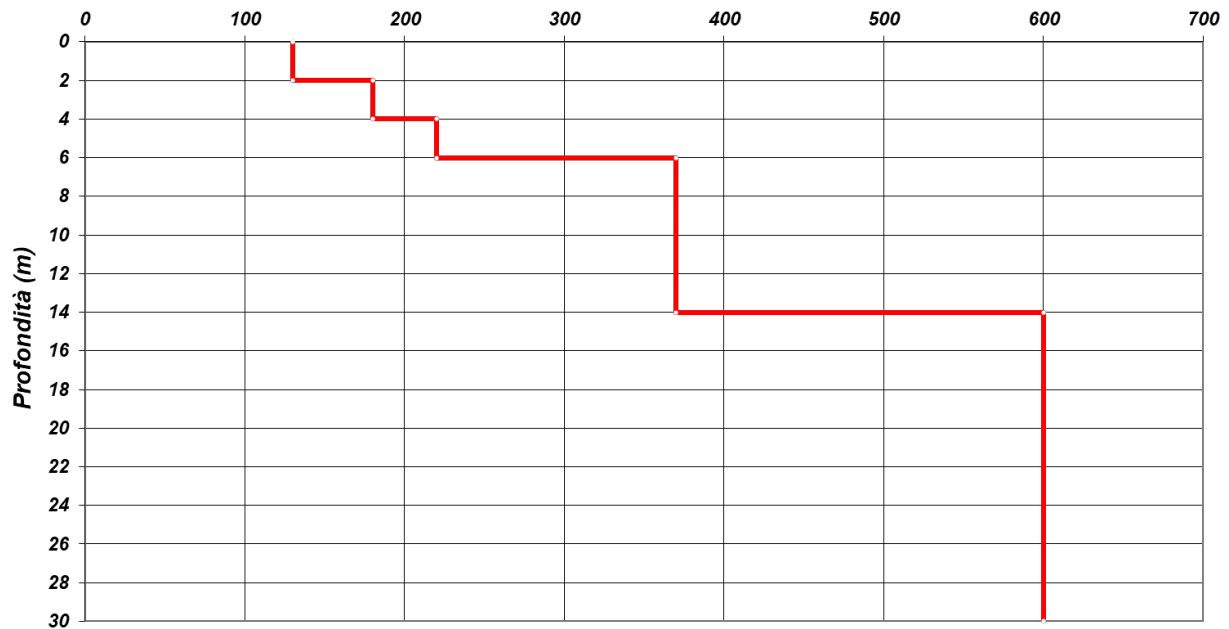
MASW-ReMi N. 3

Modello monodimensionale			
strato	spessore (m)	Vs (m/s)	Profondità (m)
1	2,00	130,00	2,00
2	2,00	180,00	4,00
3	2,00	220,00	6,00
4	8,00	370,00	14,00
5	16,00	600,00	30,00

Tabella 3: Modello sismico monodimensionale Masw n. 3.

Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion

Velocità Onde S (m/sec)



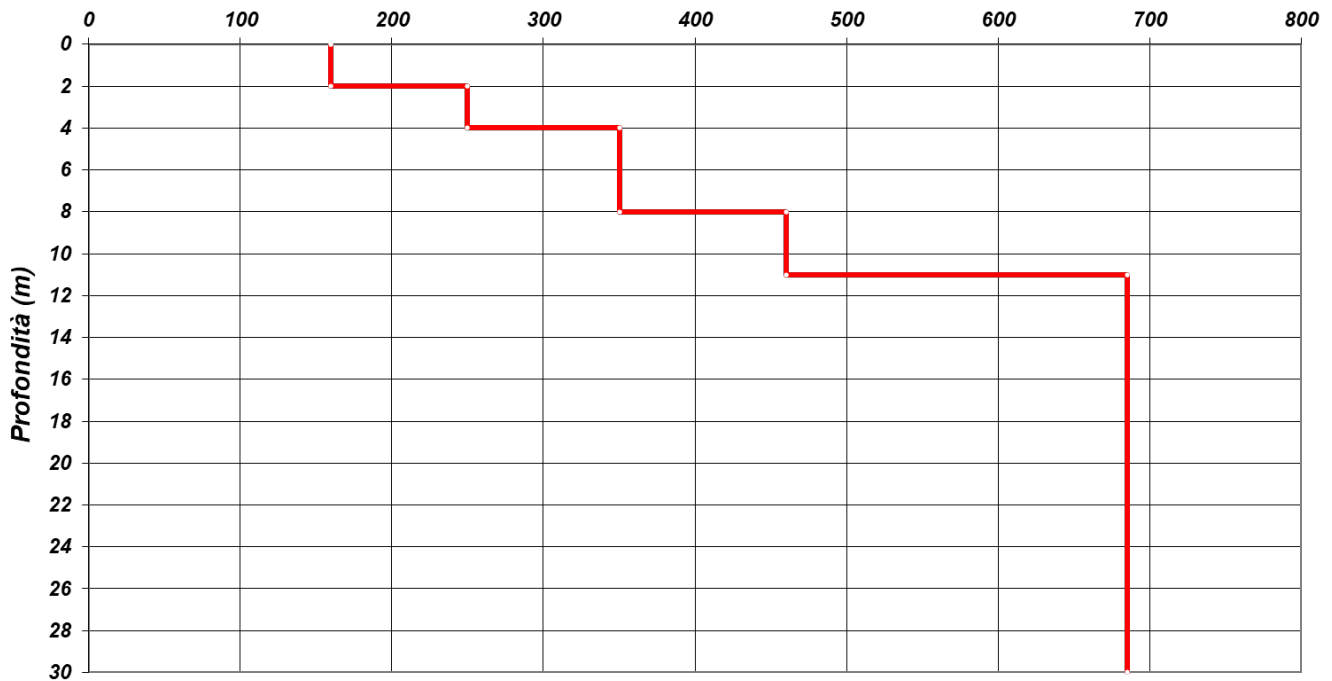
MASW-ReMi N. 4

Modello monodimensionale			
strato	spessore (m)	Vs (m/s)	Profondità (m)
1	2,00	160,00	2,00
2	2,00	250,00	4,00
3	4,00	350,00	8,00
4	3,00	460,00	11,00
5	19,00	685,00	30,00

Tabella 4: Modello sismico monodimensionale Masw n. 4.

Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion

Velocità Onde S (m/sec)



laboratorio

geotecnico

Geo

S

terre - rocce - aggregati - prove cicliche e dinamiche -
prove geotecniche in sito - geochimica ambientale -
prospezioni geofisiche - misura del Radon

Via Lucca 55 A-B - MELFI (PZ) - tel/fax 0972347447

E-MAIL: laboratorio@geotest.it - http://www.geotest.it - C.F. e P.IVA: 01073440768

I.r.o.s. di Carbone Andrea & C.

LABORATORIO UFFICIALE

Art. 59 D.P.R. 380/2001

Circolare 7018/STC

Settori "F" e "B"

Consiglio Superiore
dei Lavori Pubblici



Certitalia

Geotest S.p.A. - Melfi (PZ) - Italy has been resulted in compliance with the standard
UNI EN ISO 9001:2015 for the following field of activities: Provision of geotechnical tests

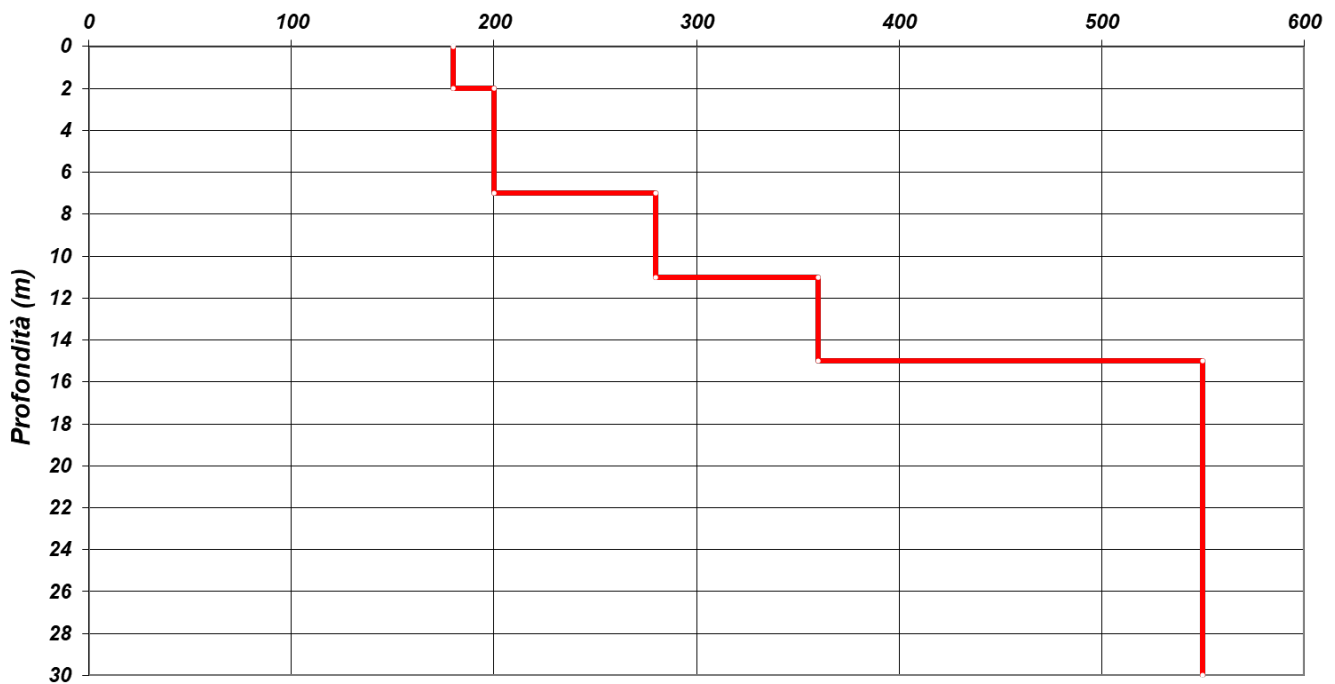
MASW-ReMi N. 5

Modello monodimensionale			
strato	spessore (m)	Vs (m/s)	Profondità (m)
1	2,00	180,00	2,00
2	5,00	200,00	7,00
3	4,00	280,00	11,00
4	4,00	360,00	15,00
5	15,00	550,00	30,00

Tabella 5: Modello sismico monodimensionale Masw n. 5.

Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion

Velocità Onde S (m/sec)



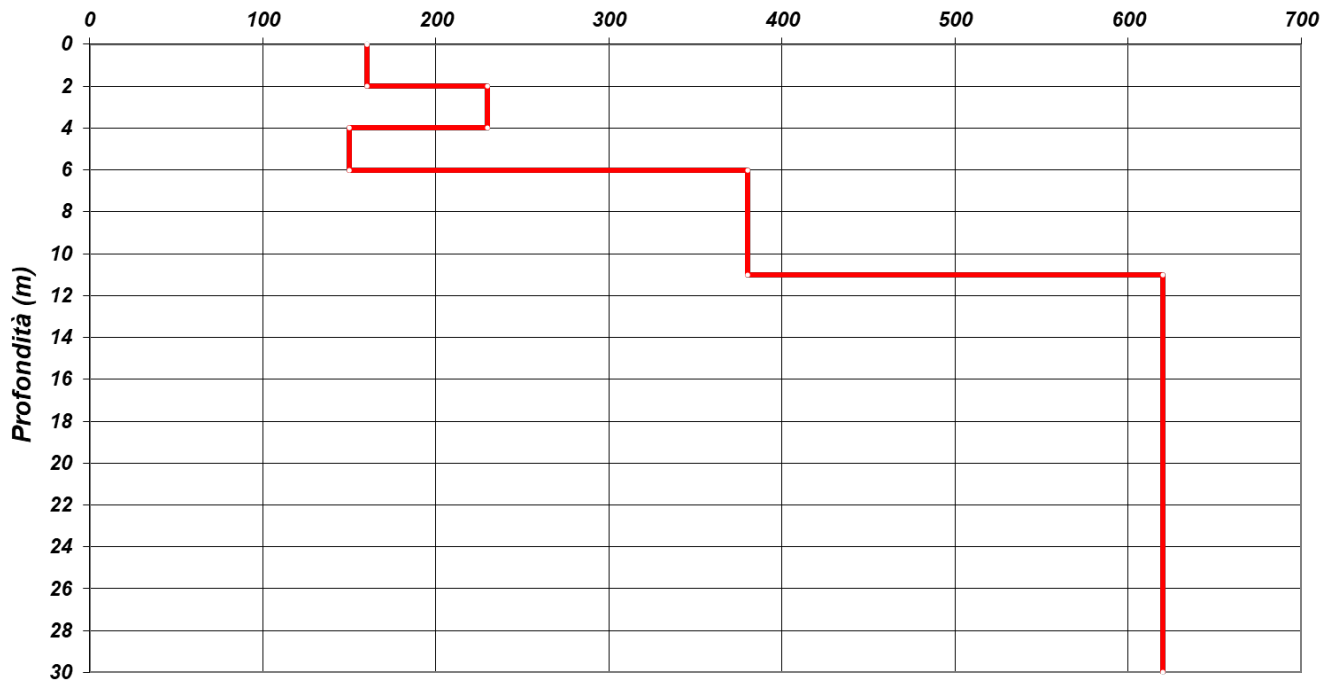
MASW-ReMi N. 6

Modello monodimensionale			
strato	spessore (m)	Vs (m/s)	Profondità (m)
1	2,00	160,00	2,00
2	2,00	230,00	4,00
3	2,00	150,00	6,00
4	5,00	380,00	11,00
5	19,00	620,00	30,00

Tabella 6: Modello sismico monodimensionale Masw n. 6.

Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion

Velocità Onde S (m/sec)



1.4 CALCOLO DELLE $V_{s,eq}$

Per il calcolo della $V_{s,eq}$ si fa riferimento all'espressione, riportata nel D.M. 17.01.2018 (“Norme tecniche per le costruzioni”),:

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

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

- Masw n. 1: $V_{s30} = 325$ m/s, che permettono di classificare il terreno di Fondazione come di tipo **C**;
- Masw n. 2: $V_{s30} = 329$ m/s, che permettono di classificare il terreno di Fondazione come di tipo **C**.
- Masw n. 3: $V_{s30} = 357$ m/s, che permettono di classificare il terreno di Fondazione come di tipo **C**;
- Masw n. 4: $V_{s30} = 453$ m/s, che permettono di classificare il terreno di Fondazione come di tipo **B**.
- Masw n. 5: $V_{s30} = 337$ m/s, che permettono di classificare il terreno di Fondazione come di tipo **C**;
- Masw n. 6: $V_{s30} = 382$ m/s, che permettono di classificare il terreno di Fondazione come di tipo **B**.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<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	<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.
C	<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.
D	<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..
E	<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 7: Categorie di suolo di fondazione (D.M. 17.01.2018)

1.5 ALLEGATI MASW-REMI

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E SISMOGRAMMI MASW-REMI

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E SISMOGRAMMI MASW-REMI N.1

Stendimento MASW-ReMi n. 1



laboratorio

geotecnico
Ge
S

terre - rocce - aggregati - prove cicliche e dinamiche -
 prove geotecniche in sito - geochimica ambientale -
 prospezioni geofisiche - misura del Radon

Via Lucca 55 A-B - MELFI (PZ) - tel./fax 0972347447

E-MAIL: laboratorio@geotest.it - http://www.geotest.it - C.F. e P.IVA: 01073440768

l.r.o.s. di Carbone Andrea & C.

LABORATORIO UFFICIALE

Art. 59 D.P.R. 380/2001

Circolare 7018/STC

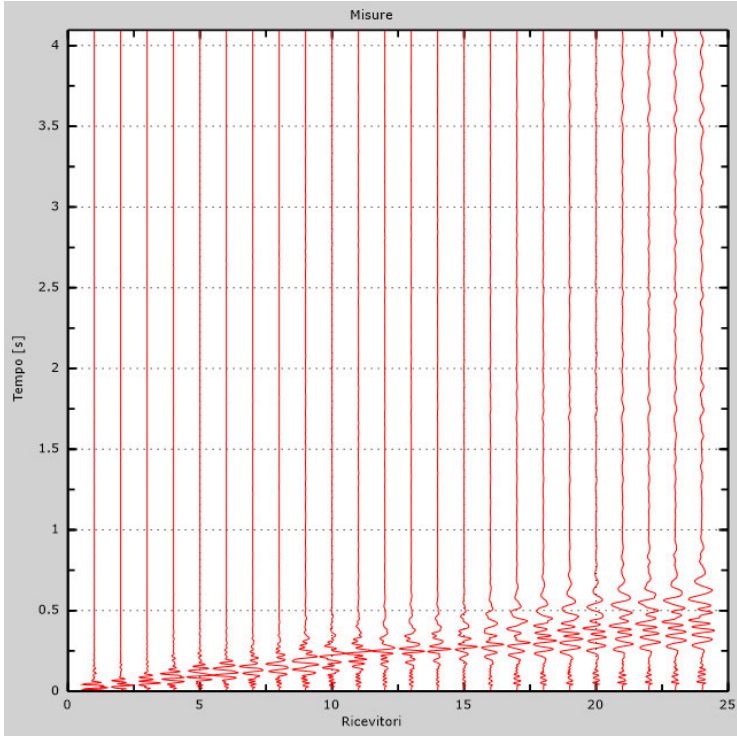
Settori "F" e "B"

Consiglio Superiore
dei Lavori Pubblici

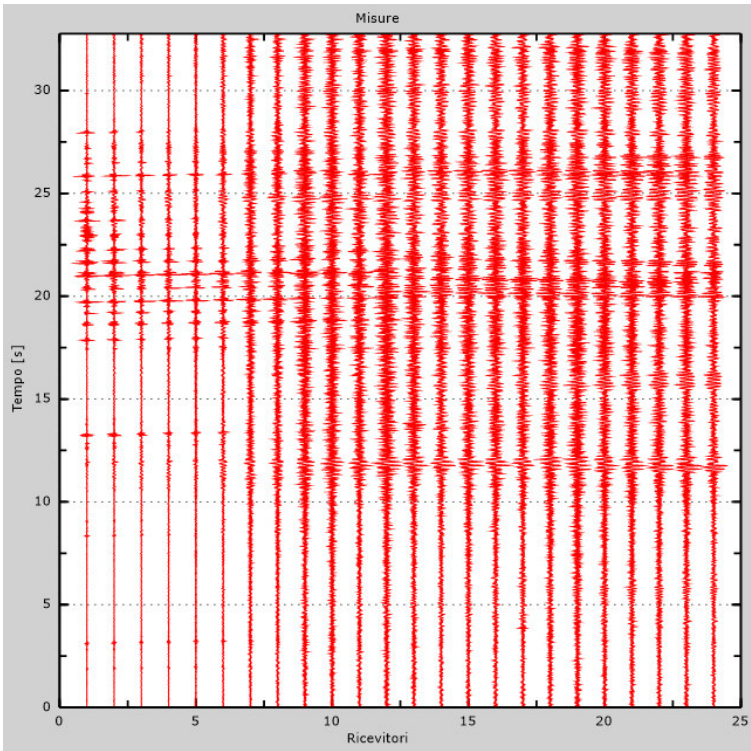
Certitalia
 Sistema di Gestione Integrato
 UNI EN ISO 9001:2015

Geotest S.p.A. - Melfi (PZ) - Italy has been resulted in compliance with the standard
 UNI EN ISO 9001:2015 for the following field of activities: Provision of geotechnical tests

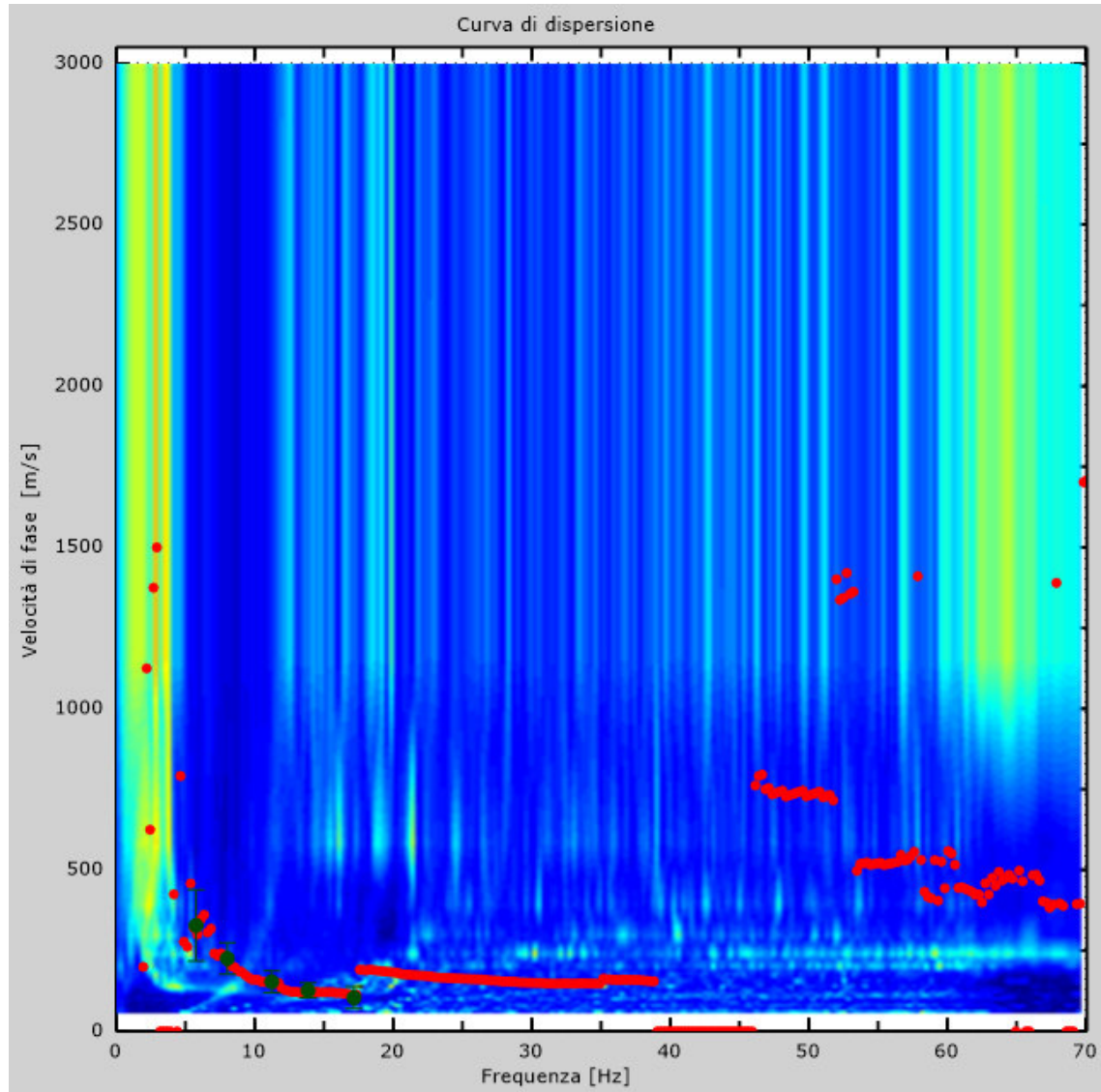
Registrazione MASW ATTIVA



Registrazione ReMi



SPETTRO ReMi CON CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW ATTIVA



laboratorio

geotecnico

GeoS

terre - rocce - aggregati - prove cicliche e dinamiche -
prove geotecniche in sito - geochimica ambientale -
prospezioni geofisiche - misura del Radon

Via Lucca 55 A-B - MELFI (PZ) - tel/fax 0972347447

E-MAIL: laboratorio@geotest.it - http://www.geotest.it - C.F. e P.IVA: 01073440768

I.r.o.s. di Carbone Andrea & C.



Certitalia

Geotest S.p.A. - Melfi (PZ) - Italy has been resulted in compliance with the standard

UNI EN ISO 9001:2015 for the following field of activities: Provision of geotechnical tests

LABORATORIO UFFICIALE

Art. 59 D.P.R. 380/2001

Circolare 7018/STC

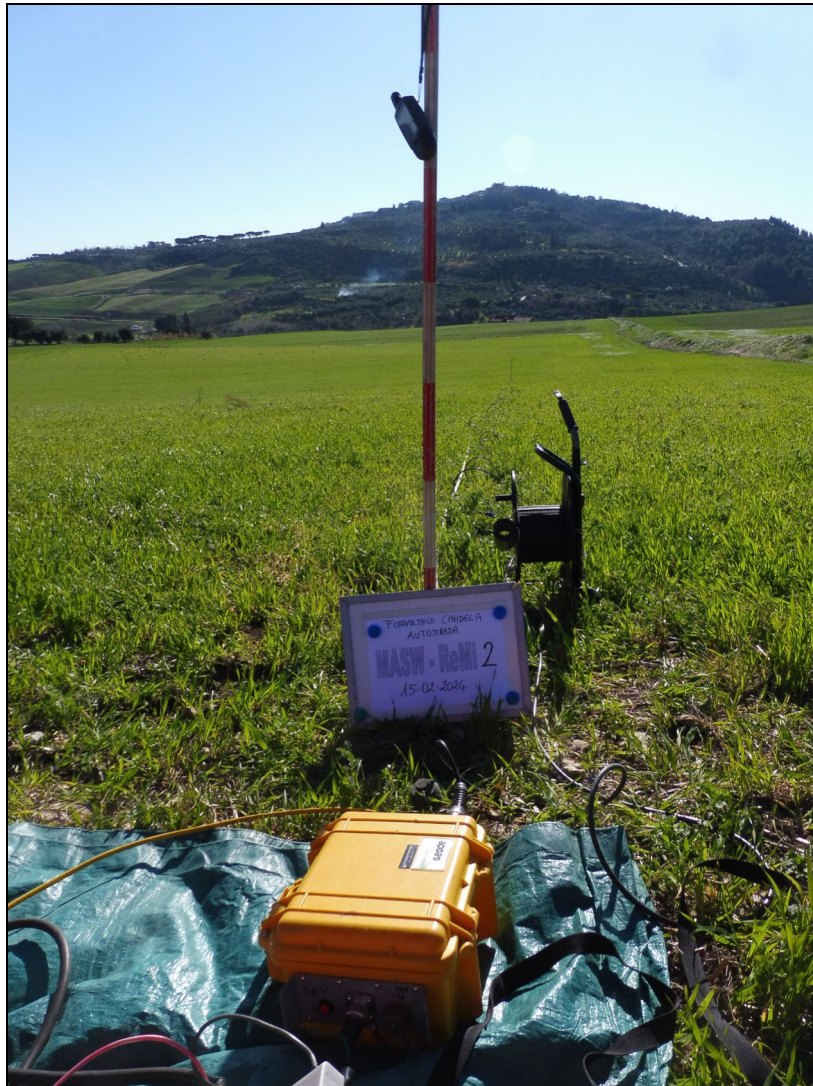
Settori "F" e "B"

Consiglio Superiore

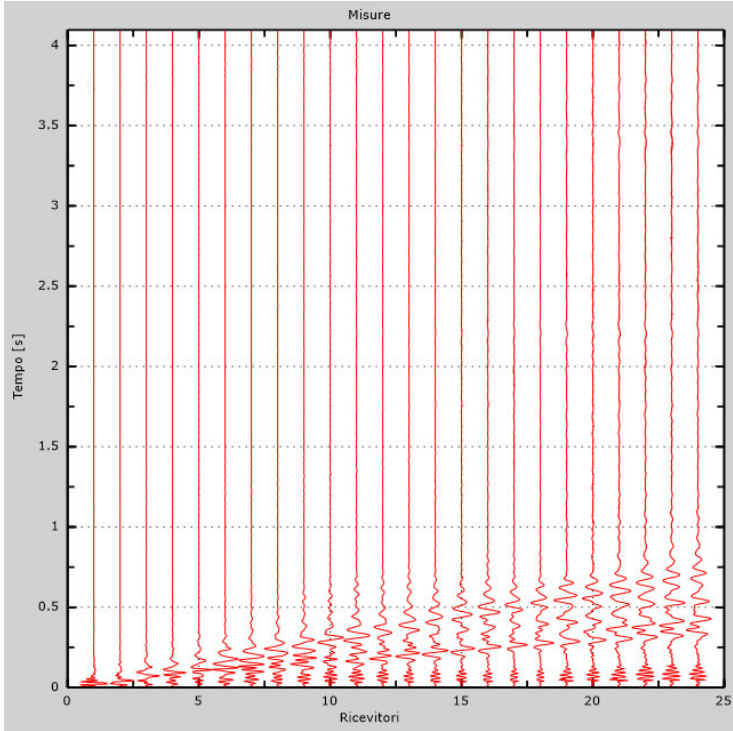
dei Lavori Pubblici

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E SISMOGRAMMI MASW-REMI N.2

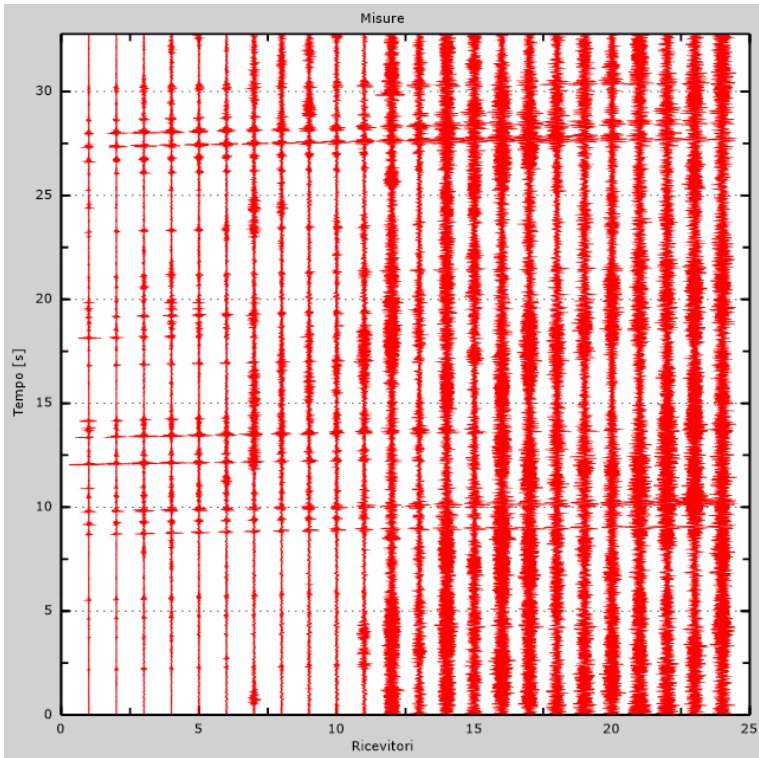
Stendimento MASW-ReMi n. 2



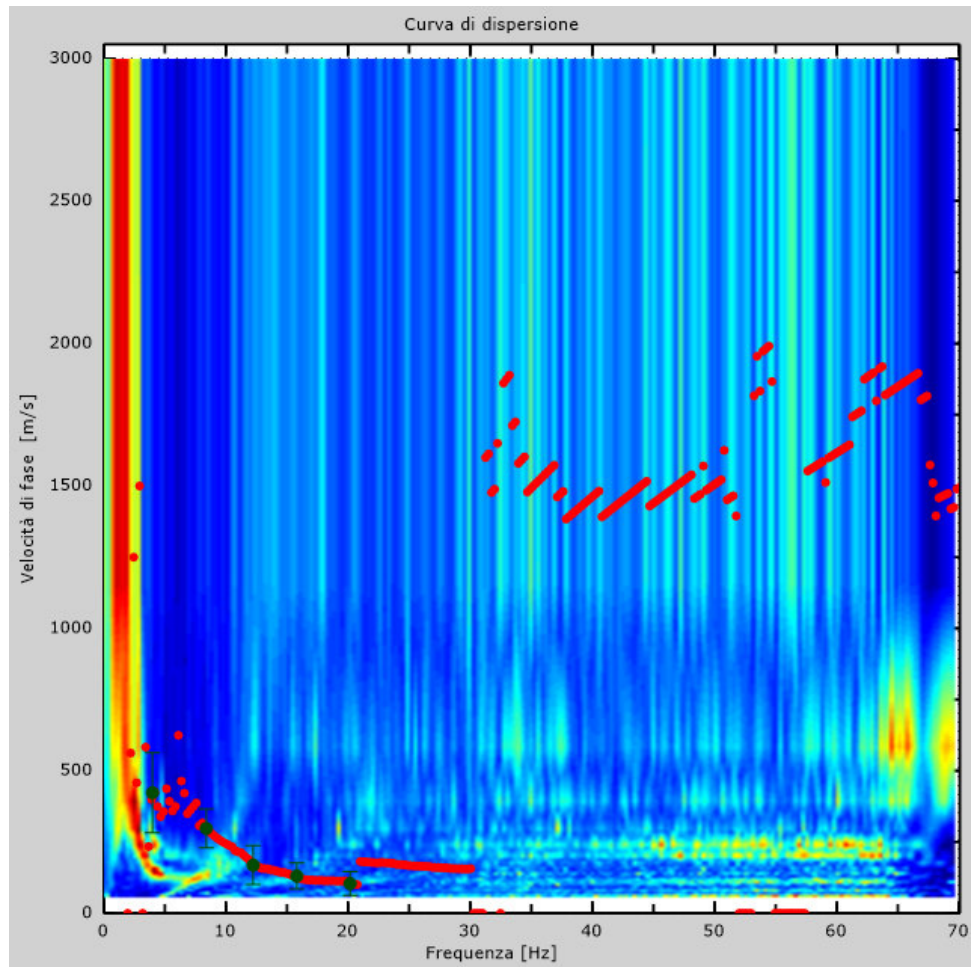
Registrazione MASW ATTIVA



Registrazione ReMi

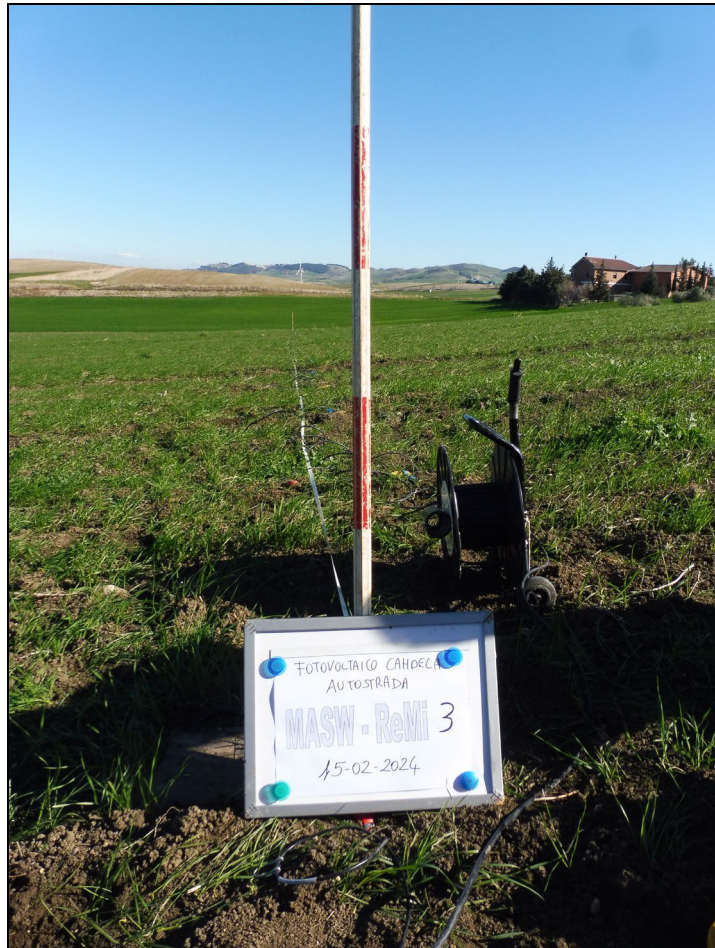


SPETTRO ReMi CON CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW ATTIVA

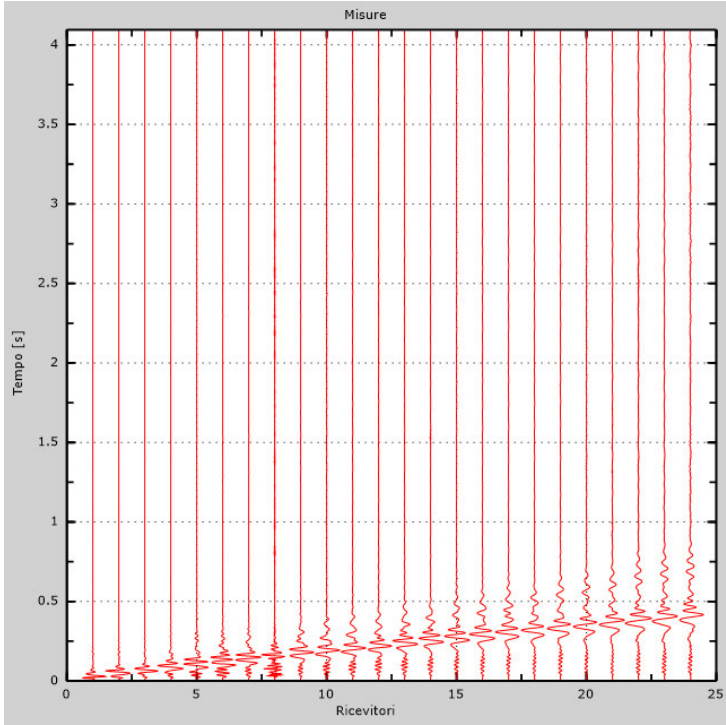


DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E SISMOGRAMMI MASW-REMI N.3

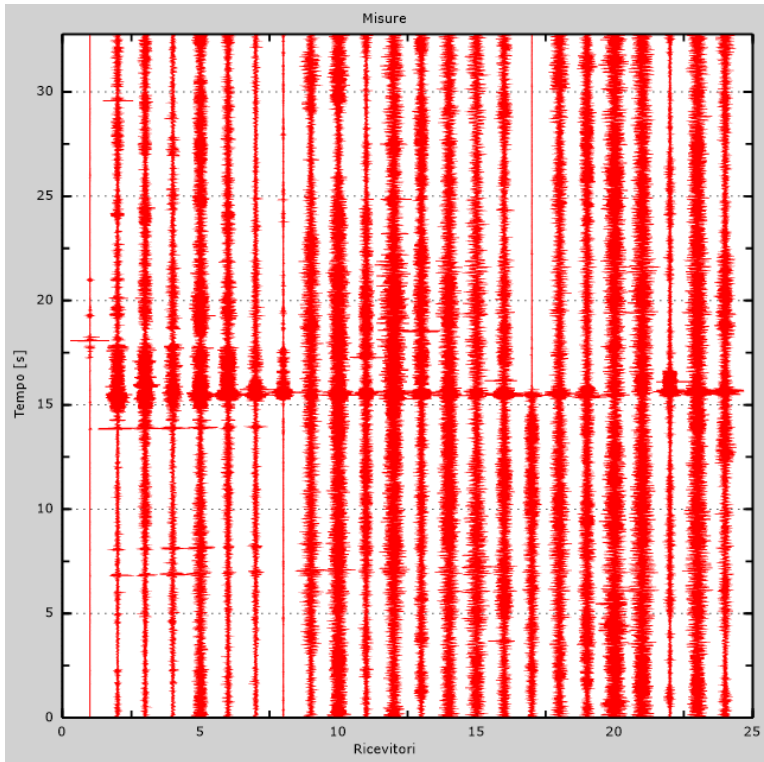
Stendimento MASW-ReMi n. 3



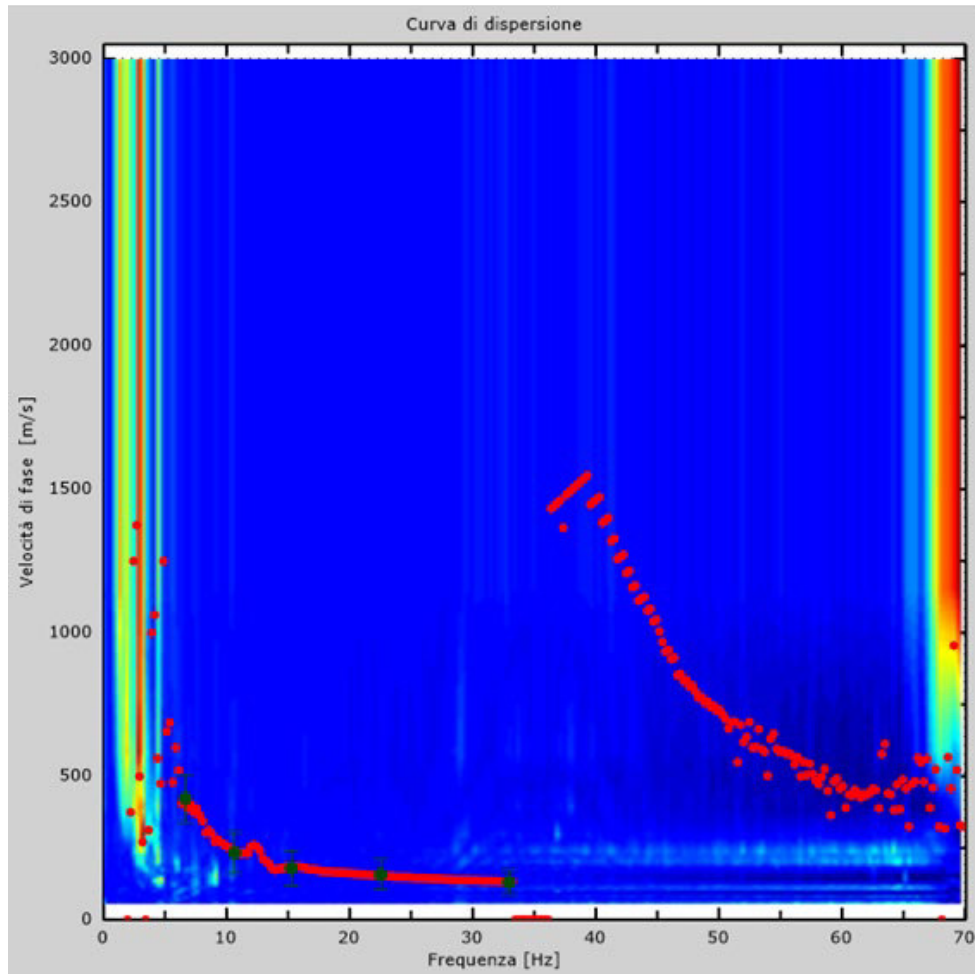
Registrazione MASW ATTIVA



Registrazione ReMi



SPETTRO ReMi CON CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW ATTIVA

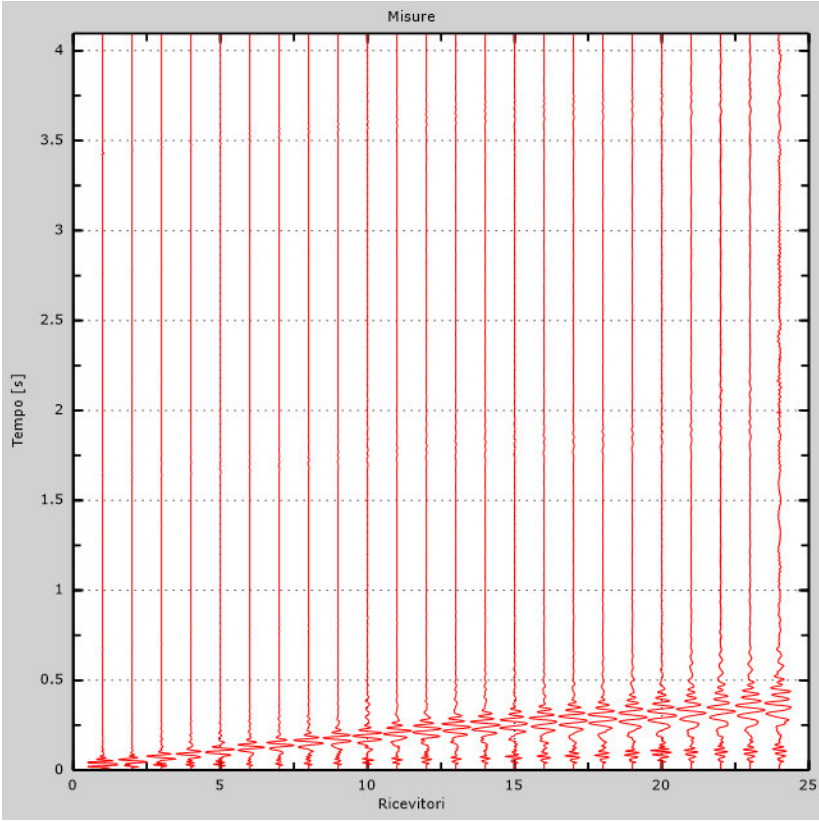


DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E SISMOGRAMMI MASW-REMI N.4

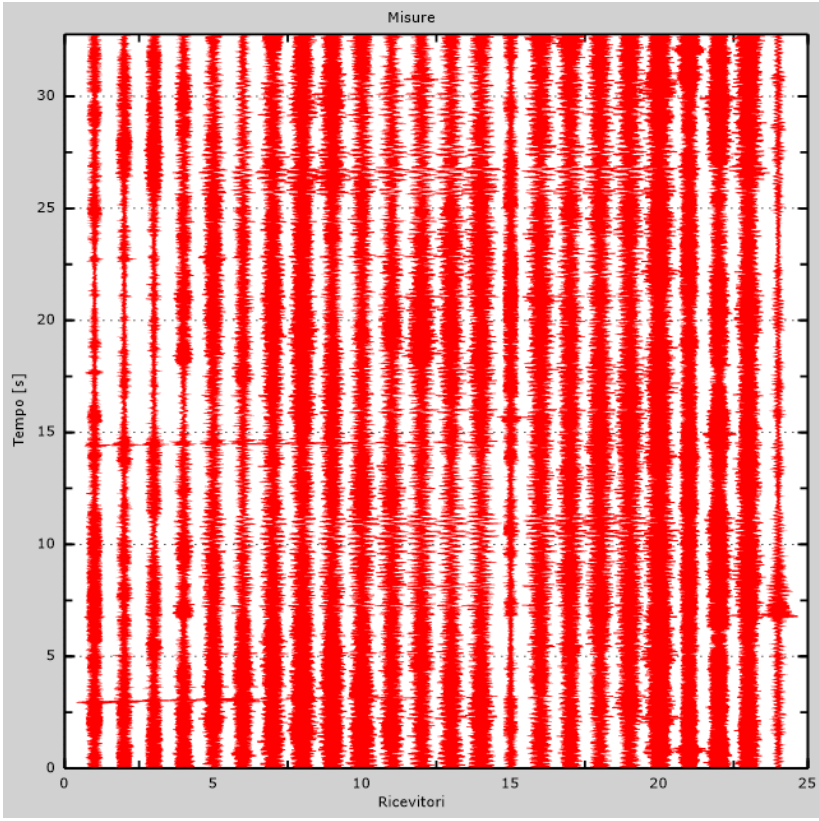
Stendimento MASW-ReMi n. 4



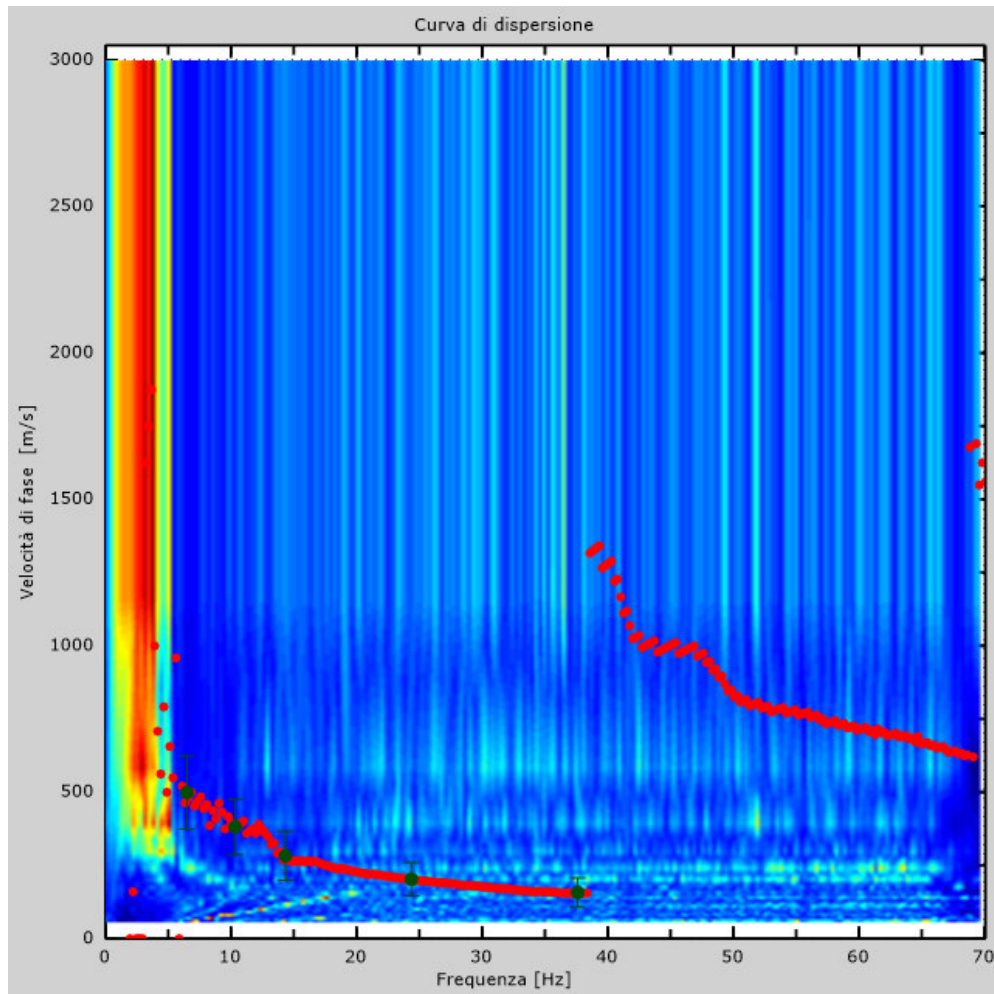
Registrazione MASW ATTIVA



Registrazione ReMi

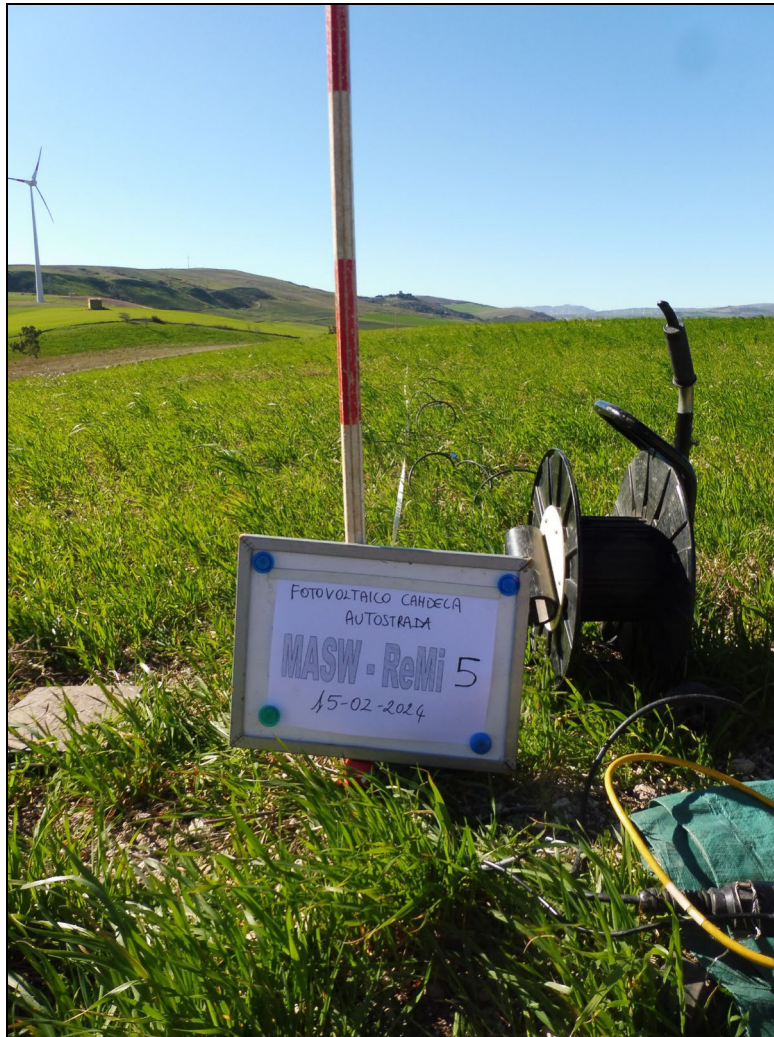


SPETTRO ReMi CON CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW ATTIVA

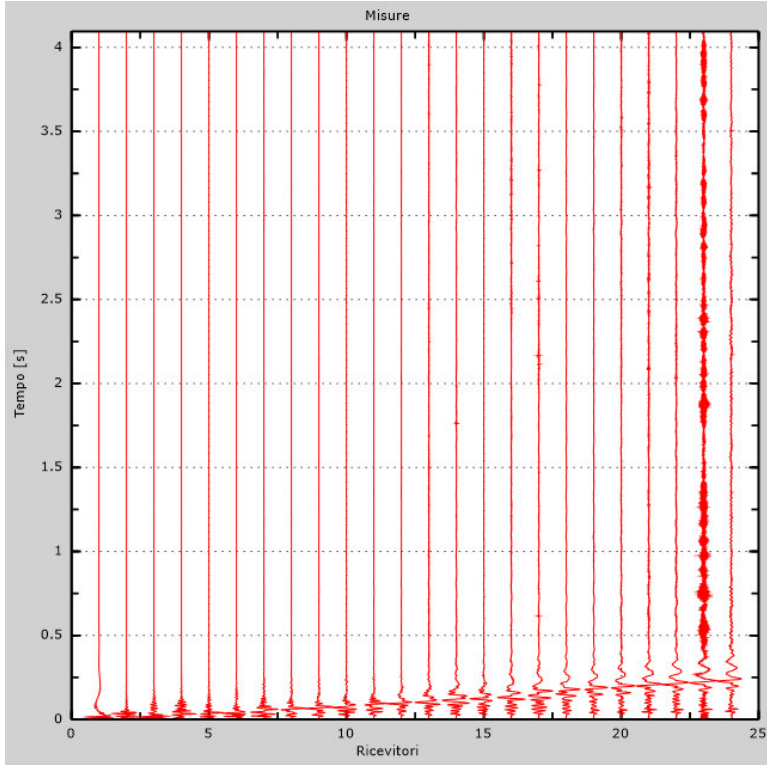


DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E SISMOGRAMMI MASW-REMI N.5

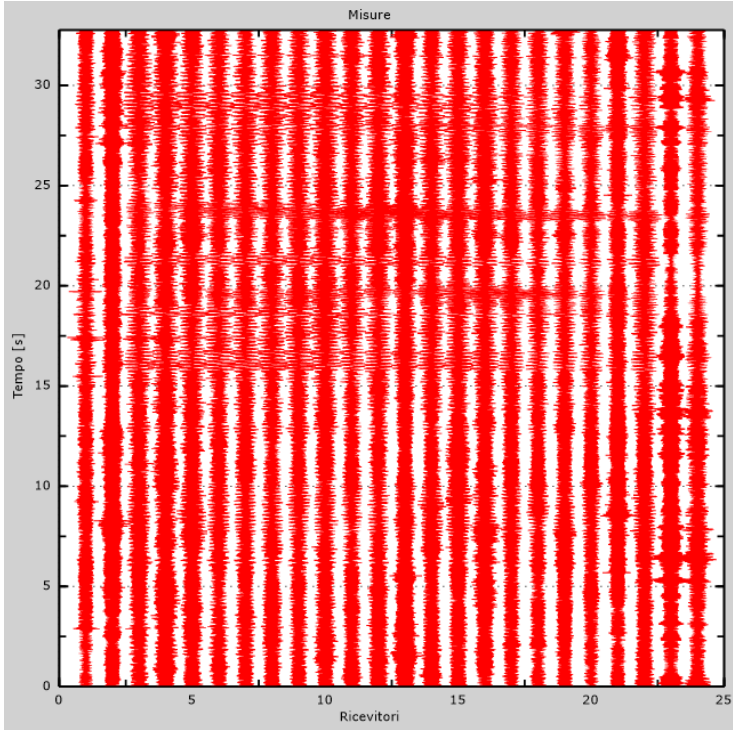
Stendimento MASW-ReMi n. 5



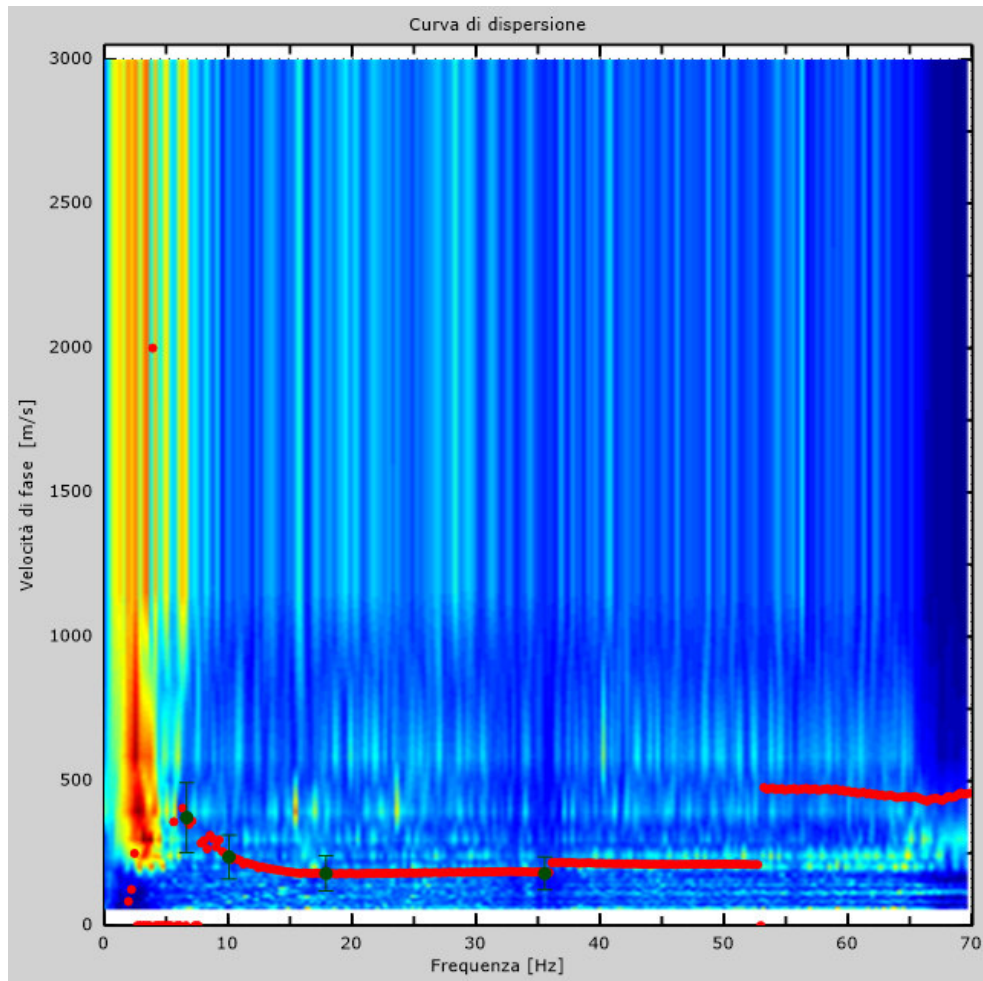
Registrazione MASW ATTIVA



Registrazione ReMi



SPETTRO ReMi CON CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW ATTIVA



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E SISMOGRAMMI MASW-REMI N.6

Stendimento MASW-ReMi n. 6



laboratorio

geotecnico
GeoS

terre - rocce - aggregati - prove cicliche e dinamiche -
 prove geotecniche in sito - geochimica ambientale -
 prospezioni geofisiche - misura del Radon

Via Lucca 55 A-B - MELFI (PZ) - tel./fax 0972347447

E-MAIL: laboratorio@geotest.it - http://www.geotest.it - C.F. e P.IVA: 01073440768

I.r.o.s. di Carbone Rindrea & C.

LABORATORIO UFFICIALE

Art. 59 D.P.R. 380/2001

Circolare 7018/STC

Settori "F" e "B"

Consiglio Superiore

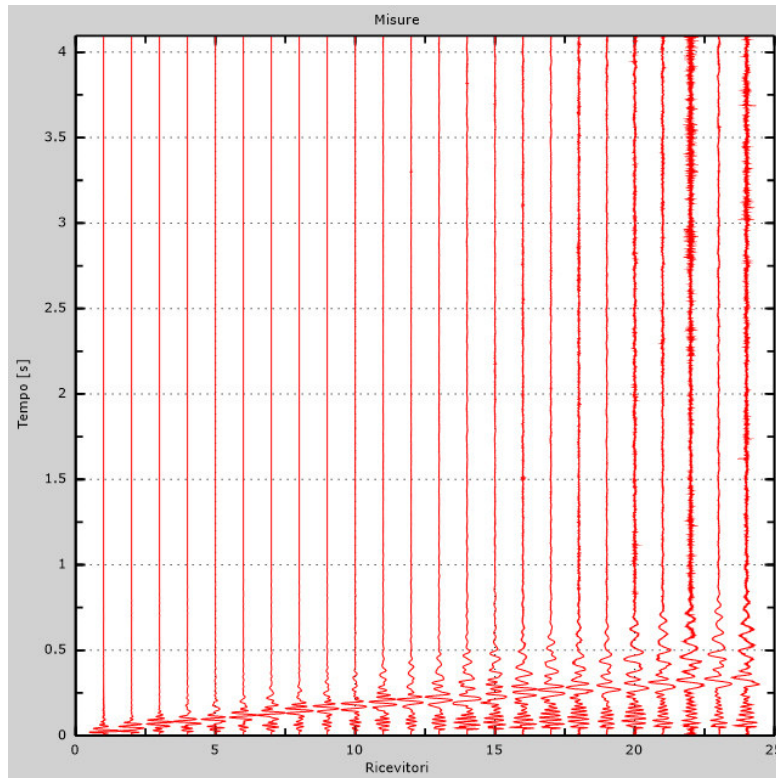
dei Lavori Pubblici



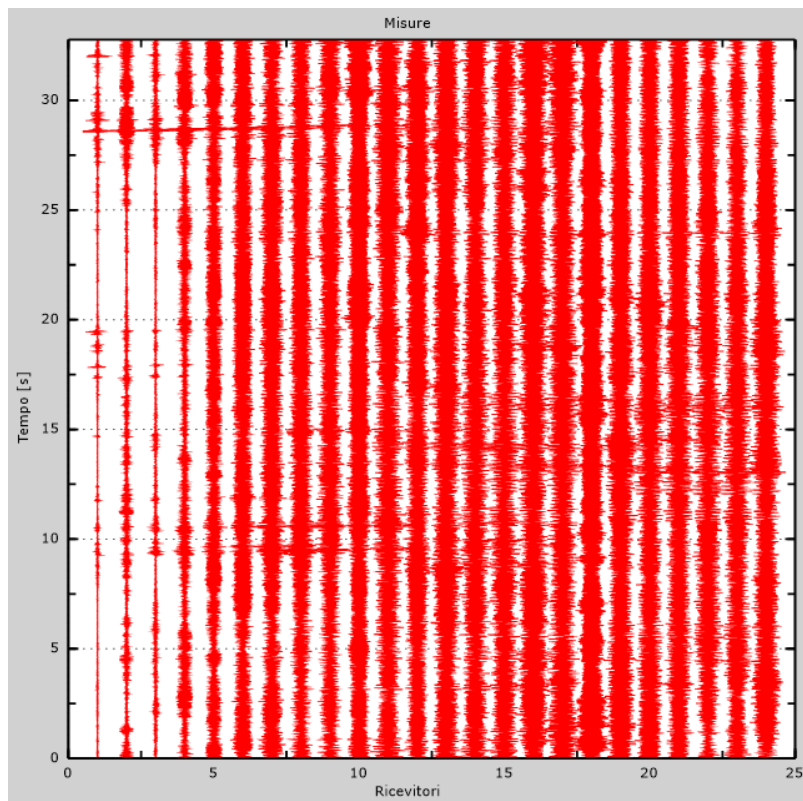
Certitalia
 Sistema di Gestione Integrato
 UNI EN ISO 9001:2015

Geotest S.p.A. - Melfi (PZ) - Italy has been resulted in compliance with the standard
 UNI EN ISO 9001:2015 for the following field of activities: Provision of geotechnical tests

Registrazione MASW ATTIVA



Registrazione ReMi



SPETTRO ReMi CON CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE MASW ATTIVA

