



"TRINCINARO"

1	PROGETTO REV 00	MR	11/21	
REV.	DESCRIZIONE E REVISIONE	Sigla	Data	Firma
EMESSO				

<p>GVC SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via della Pineta 1 - 85100 - Potenza email: info@gvcingegneria.it - website: www.gvcingegneria.it C.F. e P.IVA 01737760767 P.E.C.: gvc srl@gigapec.it</p> <p>Direttore Tecnico: dott. ing. MICHELE RESTAINO</p> <p>Collaboratori GVC s.r.l. per il progetto: dott. ing. GIORGIO MARIA RESTAINO dott. ing. CARLO RESTAINO dott. ing. ATTILIO ZOLFANELLI</p> <p>GVC s.r.l. Direttore Tecnico Ing. Michele Restaino</p>	<p>Nuova Atlantide soc. coop. a r.l.</p> <p>Località Palazzo snc - 75011 Accettura - Matera email: progettazione@nuovaatlantide.com</p> <p>Direttore Tecnico: geol. ANTONIO DI BIASE</p> <p>Collaboratore per il progetto: geol. TOMMASO SANTOCHIRICO</p> <p>"Nuova Atlantide" Società Cooperativa Località Palazzo, s.n.c. - 75011 Accettura (MT)</p> <p><i>Antonio Di Biase</i></p> <p>ORDINE DEI GEOLOGI DI BASILICATA N. Iscritt. 257</p>	<p>Dott. Antonio Bruscella</p> <p>Piazza Alcide De Gasperi 27 - 85100 - Potenza email: antonio Bruscella@hotmail.it</p> <p>Dott. Antonio Bruscella <i>Antonio Bruscella</i></p> <p>ANTONIO BRUSCELLA Architetto: 234668/010 Piazza Torio De Gasperi, 27 - 85100 Potenza Tel. 0971 260000 E-mail: antonio Bruscella@hotmail.it P.I. 01737760767</p>	<p>Dott. agr. Paolo Castelli</p> <p>Viale Croce Rossa 25 - 90144 - Palermo email: paolo.castelli@hotmail.it P.IVA 0546509826</p> <p><i>Paolo Castelli</i></p> <p>ORDINE DEI GEOMETRI E DOTTORE FORESTALI DI PALERMO Dott. Paolo Castelli N. 1988 ALBO SEZ. A</p>	<p>PROGETTAZIONE</p>	<p>GEOLOGIA</p>	<p>ARCHEOLOGIA</p>	<p>AGRONOMIA</p>
--	---	---	--	----------------------	-----------------	--------------------	------------------

<p>AMBRA SOLARE 20 s.r.l.</p> <p>Via Venti Settembre n.1 - 00187 ROMA, Italia ambrosolare20srl@legalmail.it C.F. e P.IVA 15946211008 SOCIETA' DEL GRUPPO POWERDIS s.r.l.</p>	<p>Powerdis</p> <p>Via Tevere, 41 - 00198 ROMA, Italia www.powerdis.com</p>	<p>Soltec</p> <p>Via Tevere, 41 - 00198 ROMA, Italia www.soltech.com</p>
---	--	---

Comune	COMUNE DI POMARICO (MT)	COD. RIF	G/139/01/A/01/PD		
		ELABORATO		FILE	
Opera	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI POTENZA NOMINALE PARI A 19.994,88 kWp DENOMINATO "TRINCINARO" - UBICATO NEL COMUNE DI POMARICO (MT) - REGIONE BASILICATA	Categoria	N.°		
		PD	Scala	-----	
Oggetto	PROGETTO DEFINITIVO	A.3			

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Questo disegno è di nostra proprietà riservata a termine di legge e ne è vietata la riproduzione anche parziale senza nostra autorizzazione scritta

Committente
AMBRA SOLARE 20 S.r.l.
Via XX Settembre, 1
0 187 ROMA
Società del gruppo POWERIS s.r.l.
ambrosolare20srl@legalmail.it

Nuova Atlantide soc. coop. a r.l.
Località Palazzo snc
75011 Accettura (MT)
Geol. TOMMASO SANTOCHIRICO
Direttore Tecnico Geol. Antonio Dibiase
progettazione@nuovaatlantide.com

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI
POTENZA NOMINALE PARI A 19.994,88 kW_p DENOMINATO
"TRINCINARO" - UBICATO NEL COMUNE DI POMARICO (MT) –
REGIONE BASILICATA

RELAZIONE GEOLOGICA

Il Committente

AMBRA SOLARE 17 S.r.l.

Il Progettista

Nuova Atlantide soc. coop. a r.l.

Il Geol. Dott. Tommaso Santochirico

Il Direttore Tecnico Dott. Antonio Dibiase

1. PREMESSA

Eseguita su incarico di Ambra Solare 20 s.r.l., questa relazione riferisce i risultati di un'indagine geologica, geomorfologica ed idrogeologica, condotta in Località "TRINCINARO", sita in agro di Pomarico (Matera).

L'indagine mira alla caratterizzazione delle successioni litologiche ivi affioranti in quanto la committenza intende realizzare un parco fotovoltaico.

Il sito individuato si colloca in un'area definita in catasto censuario del comune di Pomarico al Foglio di mappa nn. 63 e 68,

Lo studio è quindi finalizzato alla definizione delle implicazioni che le lavorazioni che si intendono realizzare avranno rispetto all'equilibrio generale dell'area su cui si esse si svilupperanno.

A tale scopo si è proceduto al rilievo geologico di dettaglio della zona interessata dagli interventi, allargando opportunamente il raggio dell'indagine al fine di ricostruire l'assetto idrogeologico delle successioni che affiorano in loco.

Per la definizione degli assetti stratigrafici e i rapporti tra le litologie costituenti il substrato si è provveduto a recuperare i dati geognostici presenti in bibliografia ed è stata eseguita una indagine geognostica indiretta consistente in:

- N° 1 profilo sismico con metodologia MASW
- N° 1 indagine penetrometrica continua DPSH

L'esame delle caratteristiche sopra descritte consente di esprimere una serie di considerazioni sui terreni di sedime interessati dalle opere in progetto, in modo da valutare il loro comportamento in relazione con le lavorazioni che il committente intende realizzare.

L'acquisizione dei dati tiene conto della vigente normativa tecnica D.M. 11.03.1988, della L.R. n.38 del 06/08/1997, dell'Ordinanza del P.C.M n. 3274/2003 modificata dall'Ordinanza del P.C.M n. 3431 del 03/05/05 ed in ottemperanza alle norme dell'Autorità di Bacino Regionale Campania sud ed interregionale per il bacino idrografico del fiume Sele riguardanti le Aree a Rischio Idrogeologico, nonché il succitato R.D.L. 2367/23 e la Legge regionale 10 novembre 1998 n. 42 "Norme in materia forestale, art. 16 comma 2.

Lo studio inoltre esamina i problemi geologico tecnici connessi con la fattibilità dell'intervento di progetto, con particolare riferimento a:

- *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii notevoli e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle terre e delle opere di fondazione (D.M. 11.03.1988)*
- *Norme tecniche per la costruzione in zona sismica, disposizioni concernenti l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica (D.M. 24.01.1986);*
- *Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture (GU n.29 del 04/02/2008)*
- *(NTC 2018) di cui al DECRETO 17 gennaio 2018 "Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni" (GU n. 42 del 20-03-2018- Suppl. Ordinario)*

Le risultanze delle indagini condotte, di seguito esposte, sono sintetizzate e visualizzate negli allegati grafici prodotti:

- Allegato A.2.1. RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE
- Allegato A.2.2. CARTA GEOLOGICA
- Allegato A.2.3. SEZIONI GEOLOGICHE
- Allegato A.2.4. CARTA GEOMORFOLOGICA
- Allegato A.2.5. CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
- Allegato A.2.6. CARTA IDROGEOLOGICA
- Allegato A.2.7. ANALISI DI STABILITA' DEI PENDII
- Allegato A.2.8. REPORT DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Al fine di avere un chiaro quadro circa gli assetti stratigrafici caratterizzante il sito esaminato, risulta utile accennare al contesto geo strutturale in cui la zona in cui sorge l'area di sedime si colloca.

L'intera zona si colloca nel dominio strutturale costituito dall'Avanfossa Bradanica.

Essa è un bacino sedimentario che si estende dal margine orientale appenninico fino al bordo occidentale dell'avampaese murgiano. Il basamento dell'Avanfossa è costituito dai calcari murgiani Cretacei che si immergono in profondità con una serie di faglie normali con direzione principale NO/SE e, in sottordine, in direzione ortogonale (NE/SO).

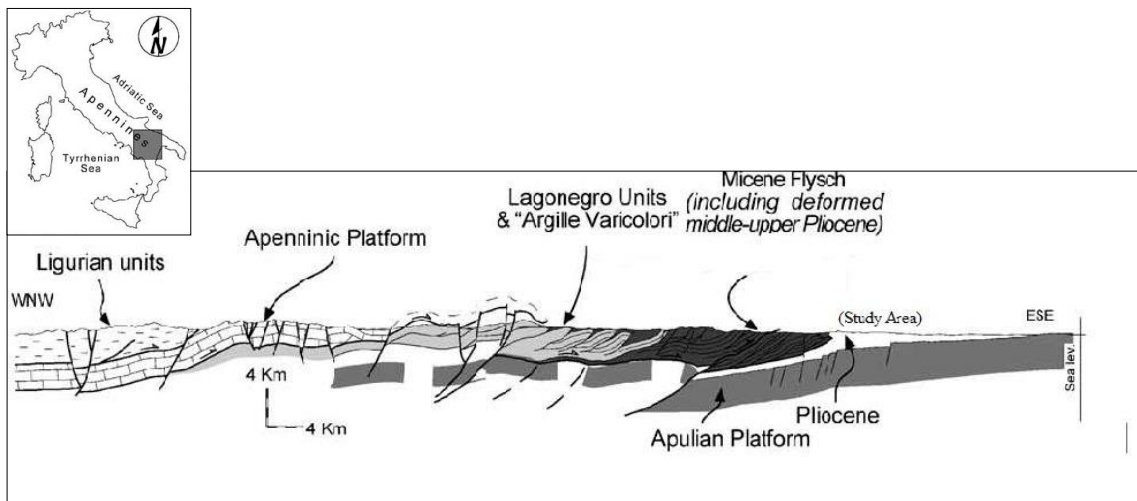


Figura 1. Sezione geologica dell'Appennino Meridionale (da Prosser et al., 1996)

Essa è riempita da una successione argilloso-sabbiosa plio-pleistocenica, che raggiunge spessori di oltre 2000 m. Alla base è talora riconoscibile, al di sotto del cuneo alloctono della catena, un intervallo marnoso-argilloso, localmente sabbioso, del Pliocene inferiore (Zancleano), sul quale poggia in blanda discordanza una potente successione di argille con intercalazioni sabbiose del Pliocene (Piacenziano-Gelasiano). Il tutto è ricoperto dai sedimenti del Gelasiano-Pleistocene, che costituiscono una monotona successione di argille azzurre passanti, nella parte sommitale, a sabbie argillose e conglomerati del Pleistocene (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1969; RICCHETTI, 1980).

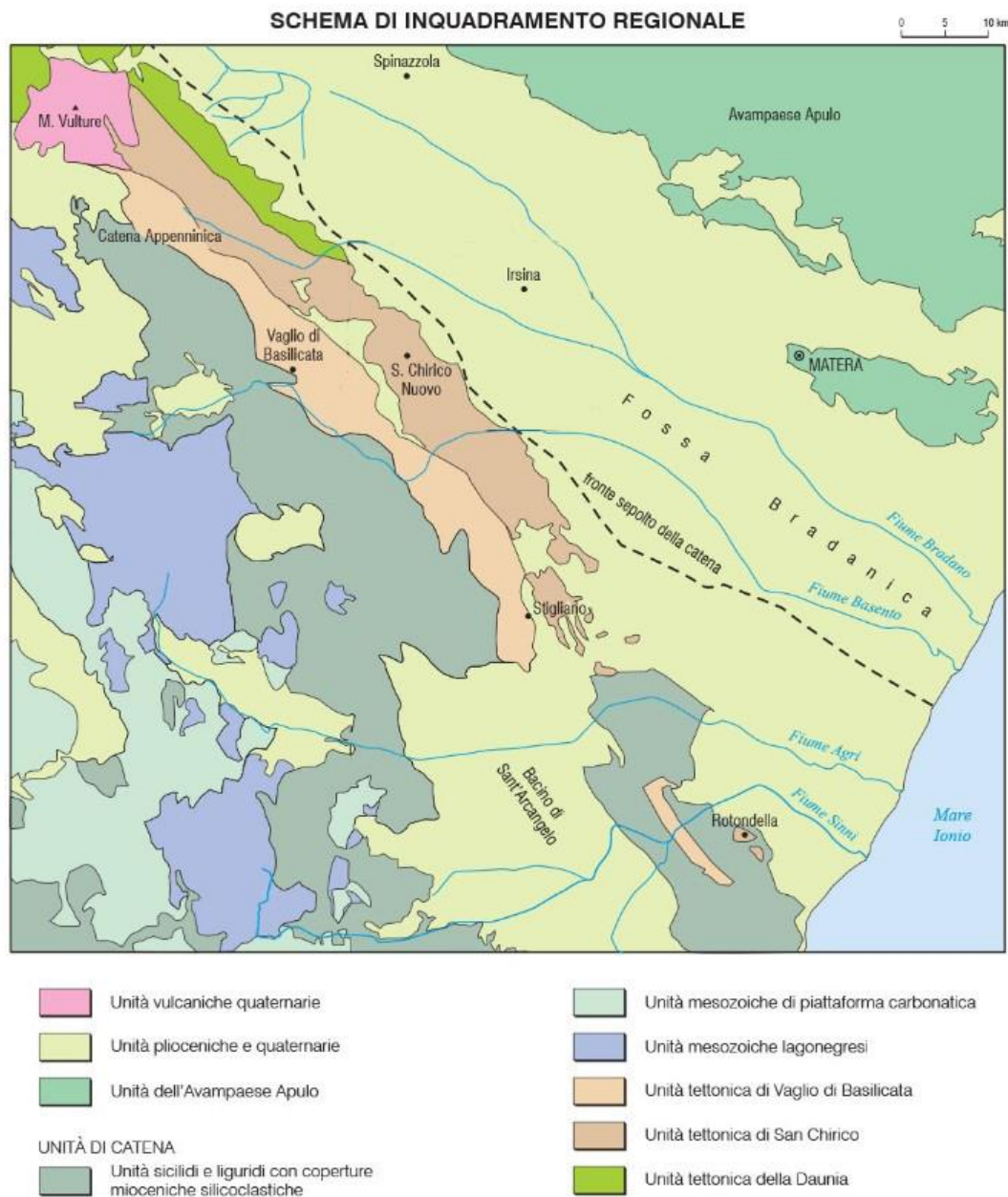


Figura 2. Schema di inquadramento regionale del settore campano-lucano dell'Appennino meridionale

Sul bordo appenninico i sedimenti plio-pleistocenici sono caratterizzati da diverse discordanze, di cui quelle più marcate e a carattere regionale cadono nella parte alta del Pliocene inferiore

(Zancleano) e nella parte sommitale del Pliocene superiore (Gelasiano) (v. *LENTINI, 1968, 1969a, 1969b, 1971*).

Sono stati quindi individuati vari “cicli”, che si estendono via via a ricoprire le porzioni più interne della catena. Sul bordo esterno dell’avanfossa invece, per effetto di un generale appoggio in onlap della successione plio-pleistocenica al disopra del top carbonatico apulo, ben evidente nei profili di sismica a riflessione, vanno a poggiare progressivamente gli orizzonti più recenti (CELLO et alii, 1988). In questo contesto le calcareniti tipo “panchina” (ad es. Calcareniti di Gravina) rappresentano la facies eteropica delle argille azzurre pleistoceniche del settore centrale dell’avanfossa.

La geometria dei depositi plio-pleistocenici indica una flessurazione del margine del Blocco Apulo. MALINVERNO & RYAN (1986), ROYDEN et alii (1987) e DOGLIONI (1991) hanno connesso lo sviluppo della fossa alla “subduzione appenninica” rivolta verso ovest e alla conseguente sensibile retroflessione verso est della placca adriatica, che ha determinato, nell’ambito dell’avanfossa, lo sviluppo sul margine esterno di una rampa regionale subsidente ad ampia inclinazione che si immerge sotto la Catena Appenninica.

Sul versante appenninico, il cuneo alloctono della catena, inserito all’interno della successione pelitico-sabbiosa plio-pleistocenica dell’avanfossa, è stato denominato da OGNIBEN (1969) Falda di Metaponto (Fig. 3).

Essa è formata in prevalenza da terreni delle Unità Sicilidi, dai Flysch Esterni miocenici, da modesti lembi di evaporiti messiniane e dagli stessi orizzonti pliocenici coinvolti nel trasporto tettonico.

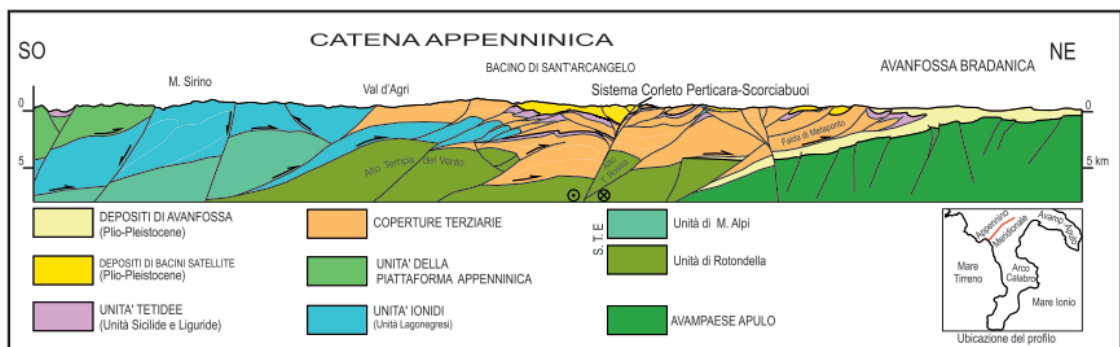


Figura 3. Sezione schematica attraverso l’Appennino Lucano e l’Avanfossa Bradanica, ricostruita da dati geologici di superficie e da dati dell’esplorazione petrolifera (da FINETTI et alii, 2005, modificato)

Gli orizzonti del Pliocene (Piacenziano-Gelasiano) sono parzialmente ricoperti tettonicamente dai terreni dello stesso substrato pre-pliocenico; il tutto viene in gran parte suturato dai depositi sabbiosi (sabbie di Tursi) ed argillosi (argille subappennine) del Pleistocene (Calabriano e ?loniano), che presentano delle chiare geometrie di tipo onlap.

Il sollevamento regionale, fase tardiva degli eventi tettonici che hanno caratterizzato i bacini di provenienza dei terreni flyscioidi appenninici, nell'area in esame può essere collocato in un'epoca tardo Calabriana con emersione, anche a più riprese, dei sedimenti terrigeni. L'assenza di elementi caratteristici delle azioni tettoniche, quali pieghe, scagliosità, intensa fratturazione ecc., fa pensare ad un movimento verticale positivo dell'intera area. Le leggere inclinazioni di strato sono connesse o a motivi deposizionali (conformazione del fondo del bacino) o a leggere differenziazioni nell'ambito del sollevamento.

In alcuni casi, i sedimenti terrigeni di riempimento del bacino sono interessati da faglie normali di piccolo rigetto per effetto del riaggiustamento strutturale a seguito del sollevamento regionale.

3. STRATIGRAFIA GENERALE

I terreni rilevati si distinguono sia da un punto di vista chimico-mineralogico che granulometrico in ordine alle aree di provenienza ed alle modalità di trasporto.

La storia tettono-sedimentaria della Fossa Bradanica, durante il Pleistocene, è influenzata da elementi strutturali locali e regionali legati all'evoluzione dell'Avampaese Apulo che si flette immergendosi sotto la Catena Appenninica e per successive fasi deformative migra progressivamente verso est.

La fisiografia della Fossa ha fortemente influito sulle sequenze deposizionali sia per le litofacies che per gli spessori. Essa è definita da un margine orientale esterno a sedimentazione carbonatica, da un'area depocentrale e da un margine occidentale interno a sedimentazione silicoclastica (*PIERI et alii, 1994b*).

In linea di massima le successioni corrispondono, come in catena, a tre distinti eventi sedimentari. A scala regionale quello datato al Pliocene inferiore (Zancleano) è caratterizzato anche da modesti spessori di biomicriti glauconitiche a globigerine, trasgressive su calcari cretacici o miocenici, affioranti presso le aree costiere o nell'entroterra salentino. Il secondo evento comprende una successione sedimentaria che inizia con lo Zancleano-Piacenziano, ma includerebbe parte del Pleistocene inferiore (Calabriano), per cui il limite tra il secondo e il terzo evento presenterebbe una certa diacronia rispetto al versante appenninico.

Verso il margine orientale sarebbero presenti distinti termini ingressivi e regressivi (RICCHETTI, 1994), di cui quelli relativi alla massima fase di ingressione hanno interessato vaste aree dell'avampaese. I termini trasgressivi di questo ciclo, noto in letteratura come "ciclo plio-pleistocenico della Fossa bradanica", sono costituiti da biomicriti calcarenitiche massive o a stratificazione incrociata a varia scala e/o clinostratificate.

Dal margine orientale fino alla zona depocentrale della Fossa Bradanica le calcareniti passano lateralmente e superiormente a depositi argilloso-marnosi grigio-azzurri (argille subappennine Auctt.), ampiamente affioranti con spessori di centinaia di metri nelle aree della Fossa e del Tavoliere. Questa è la litofacies più diffusa sia arealmente che per spessore, ed è caratterizzata

da emipelagiti rappresentate da silt e argille marnose, nelle quali si intercalano, a differenti altezze stratigrafiche, livelli di sabbia medio-fine.

I termini di chiusura della successione bradanica sono costituiti dalle Sabbie di M. Marano, che passano regressivamente in alto a depositi di spiaggia e quindi a depositi continentali ghiaioso-conglomeratici che mostrano spessori variabili fino a 50 m (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1969a, Foglio 201 Matera).

Maggior approfondimenti negli allegati **A.2.2. Carta Geologica** e **A.2.3. Sezioni Geologiche**.

3.1 Argille Subappennine

Trattasi di una potente successione di argille marnose di colore grigio-azzurro, a frattura concoide e a stratificazione indistinta, con rari livelli sabbioso-siltosi contenenti abbondanti resti di molluschi. La monotona litologia della formazione è interrotta, nella parte alta, da livelli di vulcanoclastiti (livelli guida) da molto sottili a medi, ma di notevole continuità laterale. Si tratta di materiale vulcanoclastico gradato più o meno cementato, cui, talora, si associano sottili lamine di cineriti grigio-biancastre (LENTINI, 1971). In corrispondenza di questi livelli compaiono lag conchigliari a molluschi.

Dalla Carta geologica del Bacino dell'Agri – Foglio 507 Pisticci (Lentini, 1980) risulta che la porzione inferiore della successione cade nelle Argille marnoso-sabbiose del Ciclo del Pliocene inferiore e la porzione medio-superiore nelle Argille con intercalazioni sabbiose del Ciclo del Pliocene medio-superiore. La parte sommitale ricade nelle Argille grigio azzurre del Ciclo del Pliocene superiore-Quaternario.

Sulla base di studi biostratigrafici l'intera formazione è stata attribuita ad un intervallo di tempo compreso tra il Pliocene inferiore (parte più alta dello Zancleano) e il Pleistocene medio. In particolare le unità biostratigrafiche riconosciute nelle argille immediatamente sottostanti al contatto con le Sabbie gialle, appartengono al Pleistocene medio (Laviola D., 1995).

3.2 Coperture alluvionali recenti

Le alluvioni recenti sono rappresentate dal deposito distribuito lungo le aste fluviali principali presenti nella zona di indagine. In genere l'estensione trasversale di questi depositi è funzione della dimensione degli alvei e varia da qualche decina di metri a diverse centinaia di metri.

Nell'insieme il deposito è costituito da sabbie e limi; generalmente presenta una superficie terrazzata suborizzontale, che lungo gli impluvi principali si raccorda perfettamente con le alluvioni attuali, dalle quali è separato da gradini morfologici, disposti parallelamente all'alveo dei corsi d'acqua.

La composizione e la granulometria del deposito è naturalmente influenzata dalla litologia dei terreni affioranti nelle vicinanze del corso fluviale, sebbene non manchino gli apporti clastici relativi a tutto il corso idrico e alle relative aree sorgenti.

Composizionalmente e tessituralmente il deposito è costituito da sabbie e da limi argillosi; lo spessore massimo, sulla base delle evidenze di sondaggio eseguite in corrispondenza di Pisticci Scalo, è dell'ordine dei 20 metri. La potenza della successione diminuisce progredendo verso i limiti della vallata, assumendo la classica forma a becco di flauto.

In corrispondenza del sedime di progetto, sulla base dei riscontri ottenuti dall'indagine geognostica condotta, assume uno spessore variabile dai 4 agli 8 metri .

4. GEOMORFOLOGIA GENERALE

Il controllo dell'evoluzione geomorfologica, riguardato in scala temporale umana, è prevalentemente legato ad un elemento fondamentale e predisponente, identificabile con le caratteristiche geologico tecniche dei siti ed a quattro fattori determinanti:

- agenti atmosferici
- gravità
- parossismi sismici
- attività antropiche.

Le azioni svolte, in maniera spesso concomitante, dei quattro fattori sui litotipi affioranti, danno luogo a due tipi di fenomeni morfogenetici, le erosioni e le frane che modificano incessantemente il paesaggio.

Questi fenomeni assumono caratteri e intensità diverse a seconda del comportamento geologico tecnico del substrato.

I substrati caratterizzati da comportamento plastico come quelli argillosi sono affetti da fenomeni franosi di vario tipo ovvero da vistosi ed incontrollabili fenomeni erosionali di tipo calanchivo che interessano i versanti che circoscrivono la valle.

Nelle aree di affioramento delle argille pleistoceniche sono osservabili tutti gli stadi dell'evoluzione morfogenetica tipica di questi terreni, che conferisce al paesaggio pregi naturalistici non comuni. Si hanno infatti sistemi di calanchi con creste sottili, profili di fondo estremamente ripidi e testate in erosione rimontante (sistemi a "lame di coltello"); sono presenti inoltre forme più mature tipo rilievi a "dorso d'elefante", cupole e piramidi d'argilla (LAZZARI & LENTINI, 1980).

L'asimmetria dei versanti è frequente; quelli esposti a sud-est sono più ripidi e sono spesso intaccati dai calanchi, mentre quelli rivolti a nord-ovest mostrano tale fenomeno più di rado e forme di degradazione chiaramente connesse a movimenti di massa superficiali e talora profondi.

L'area di sedime su cui si sviluppa l'impianto fotovoltaico, è collocata nella valle del Fiume Basento, in sinistra orografica ad una quota variabile tra i 30 e i 100 m s.l.m.

La valle si presenta ampia, a superficie sub-pianeggiante, compresa tra i terrazzi più antichi e le aree più inondabili limitrofe al corso d'acqua.

La porzione ipsometrica del fiume in questo areale si colloca nella parte bassa del suo corso, con orientamento ovest est, ed è inserito nel caratteristico paesaggio delle colline argillose lucane.

L'alveo è di tipo alluvionale, a tratti meandriforme, costituito da depositi alluvionali attuali e recenti, prevalentemente sabbiosi (Olocene).

Il suolo del fondovalle è profondo, sabbioso, spesso a tessitura più fine in profondità, privo di scheletro, ben drenato e a permeabilità moderatamente alta.

La morfodinamica fluviale risulta condizionata dagli stessi elementi. In particolare l'azione morfogenetica del fiume si esplica in modo differente a seconda delle litologie incontrate, le pendenze assunte dall'alveo, l'intensità delle precipitazioni atmosferiche. In linea generale la sua capacità erosiva aumenta nelle zone ad elevata pendenza, soprattutto in corrispondenza dei tratti vallivi molto stretti dove la velocità assunta dal flusso idrico gli conferisce un elevato potenziale, mentre risulta abbattuta in corrispondenza di varici, dove predominano i fenomeni di deposito con il conseguente accumulo di coltri alluvionali.

L'areale di interesse si colloca su un vasto ripiano, debolmente inclinato verso l'impiuvio del Basento, a luoghi inciso da canali che dipartono dalla base dei versanti argillosi al piede dei reticoli calanchivi. Le pendenze medie sono inferiori ai 10°.

Nell'eaborato cartografico **Allegato A.2.4.** sono evidenziate ed approfondite le considerazioni sopra espresse.

Di seguito alcune riprese fotografiche dell'areale di interesse.



Foto 1. Panoramica dell'areale in cui sarà collocato l'impianto di progetto (si noti il terrazzo fluviale pseudopianeggiante, delimitato in fondo dal rilievo argilloso interessato da



Foto 2. Panoramica dell'areale in cui sarà collocato l'impianto di progetto ripreso dal margine della valle

5. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA DELL'AREA

Generalmente, il fattore maggiormente responsabile dell'instabilità dei versanti è costituito dalla natura litologica dei terreni. Gli altri fattori con i quali eventuali fenomeni gravitativi vanno messi in relazione sono l'evoluzione neotettonica, le condizioni climatiche, l'azione dell'acqua cadente e dilavante, la forte acclività, la sismicità, il disboscamento intenso, l'abbandono generalizzato dei terreni coltivati e tutti gli interventi antropici peggiorativi sull'attuale assetto idrogeologico.

Per quanto riguarda l'analisi geomorfologica, dal rilevamento di campagna si è riscontrata la presenza di alcuni fossi e di canali erosivi superficiali, i quali non interferiscono in maniera significativa con l'areale di progetto e lì dove la loro presenza si interseca con quella degli impianti saranno predisposti opportuni interventi. Inoltre in un'area ben circoscritta la presenza di alcune erosione calanchive, verranno rimodellate al fine di garantire una corretta collocazione degli impianti. Per gli ulteriori riscontri, riguardo la predisposizione al dissesto dei versanti prospicienti le opere in oggetto, è stato consultato il ***Piano Stralcio delle Aree di versante redatto dall'Autorità di Bacino di Basilicata***. Gli areali presenti in tale piano sono stati opportunamente georeferenziati e sono state riprodotte nella "Carta del rischio idrogeologico" alla scala 1 : 2.000 (**Allegato A.2.5**).

Dall'osservazione DELLE NORME DI ATTUAZIONE DELL'AUTORITÀ DI BACINO DELLA BASILICATA, dette aree vengono disciplinate dall'articolo 15 comma 2, che recita: *"In conformità al DPCM del 29 settembre 1998, il Piano considera quattro classi di rischio, secondo la seguente classificazione: molto elevato R4, elevato R3, medio R2, moderato R1."*

Alcune aree del sedime di progetto rientrano in aree perimetrate, nell'ambito della Carta di Pericolosità da Frana, in zona R2 ed R1.

Per questa classificazione, valgono le indicazioni di cui agli articoli 17 (elencato in quanto richiamato dall'art. 18), 18 delle suddette norme di attuazione, qui di seguito riportati:

ARTICOLO 17 – 3.1 *Nelle aree a rischio elevato (R3) sono consentiti esclusivamente:*

- a) *gli interventi di demolizione senza ricostruzione;*
- b) *gli interventi di manutenzione ordinaria (art.3, comma 1, lett.a), D.P.R. 380/2001);*

- c) gli interventi di manutenzione straordinaria (art.3, comma 1, lett.b), D.P.R. 380/2001);*
- d) gli interventi di restauro e di risanamento conservativo (art.3, comma 1, lett.c), D.P.R. 380/2001);*
- e) gli interventi di riparazione, miglioramento e adeguamento sismico;*
- f) gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti unicamente per motivate necessità di adeguamento igienico-sanitario;*
- g) cambiamenti di destinazione d'uso che non comportino aumento delle condizioni di rischio;*
- h) gli interventi di sistemazione e manutenzione di superfici scoperte (rampe, recinzioni amovibili, opere a verde che non comportino aumento del carico insediativo);*
- i) la realizzazione di strutture amovibili, che non comportino aumento del carico insediativo e delle condizioni di rischio;*
- j) la realizzazione di serre temporanee e amovibili.*

ARTICOLO 18 - 3.1. *Nelle aree a rischio idrogeologico medio (R2) sono consentiti gli interventi di cui all'art.17, c.3, punto 3.1, secondo le procedure previste al punto 3.2, nonché interventi di nuova edificazione, completamento o ampliamento di manufatti esistenti, così come definiti dalla legislazione vigente, realizzati con modalità che non determinano situazioni di pericolosità idrogeologica.*

6. IDROLOGICA ED IDROGEOLOGICI

6.1 Considerazioni sull'idrografia della zona

La circolazione delle acque di precipitazione che raggiungono il suolo è legata al grado di permeabilità dei terreni affioranti, alle pendenze ed alla presenza di ostacoli naturali o artificiali, quali vegetazione, manufatti, lavorazione del terreno agrario ecc., pertanto quando si prevede la realizzazione di interventi antropici in aree ricadenti o immediatamente adiacenti alvei fluviali o canali di scolo di qualsiasi natura, è buona norma verificare preliminarmente la possibilità di realizzare l'opera senza provocare impatti rilevanti sull'ambiente naturale, in modo tale che essa non sia potenzialmente esposta all'azione distruttrice degli elementi naturali.

Per il caso in specie, considerato che i campi fotovoltaici di progetto occuperanno una superficie rilevante, e che, come accennato al paragrafo precedente, detta superficie è interessata dalla presenza di alcuni impluvi che, seppur di modesta entità, potrebbero esercitare azioni erosive capaci di ingenerare danni agli impianti di progetto, risulta opportuno verificarne i parametri idraulici così da poter eventualmente prevedere interventi di presidio e/o mitigazione.

Caratteri meteorologici dell'area

Per un corretto inquadramento dei fenomeni meteorologici si è fatto riferimento agli annali editi dal Servizio Idrografico Nazionale.

I dati climatici e pluviometrici sono stati ottenuti mediando le misure per il sessantennio 1921-1980. Inoltre sono stati presi in considerazione i dati ricavati dal sito istituzionale dell'AdB interregionale di Basilicata, riferiti alla serie storica 2001/2014 e consultabile online al seguente indirizzo: www.adb.basilicata.it/adb/.../Serie_Storiche_dati_pluvio-metrici.pdf

In base ai dati consultati è possibile inquadrare la zona esaminata in un regime climatico di tipo semiarido mediterraneo, caratterizzato da inverni miti ed estati abbastanza calde e soventemente siccitose.

La distribuzione delle temperature medie annue è stata riportata nella figura sottostante, da questa è possibile dedurre che i valori caratterizzanti l'area esaminata ricadono tra i 15° e i 16° C.

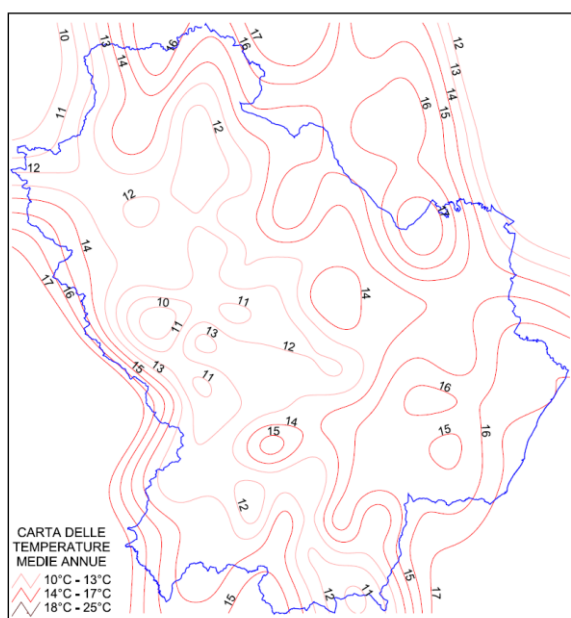


Figura 6.2 Distribuzione delle isoterme in Basilicata (piano aib regione Basilicata anno 2011)

La distribuzione temporale e spaziale delle piogge è evidenziata nella figura e nel grafico successivi in cui sono evidenziati rispettivamente, la distribuzione media annua delle piogge nell'intera Regione Basilicata.

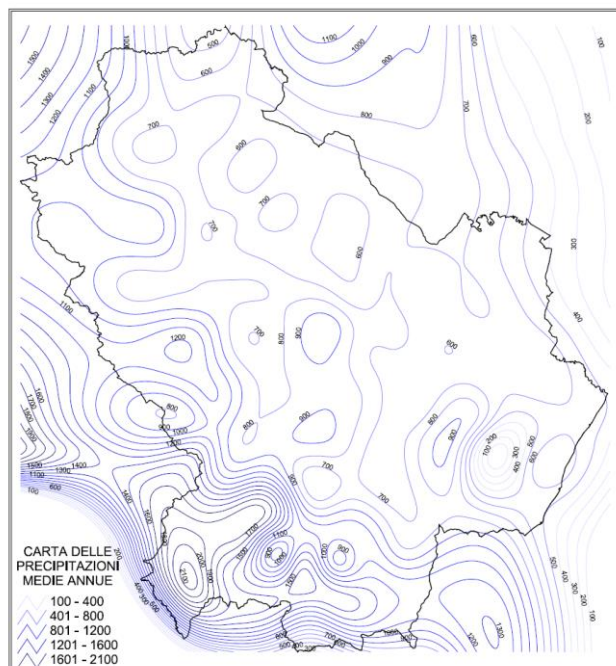
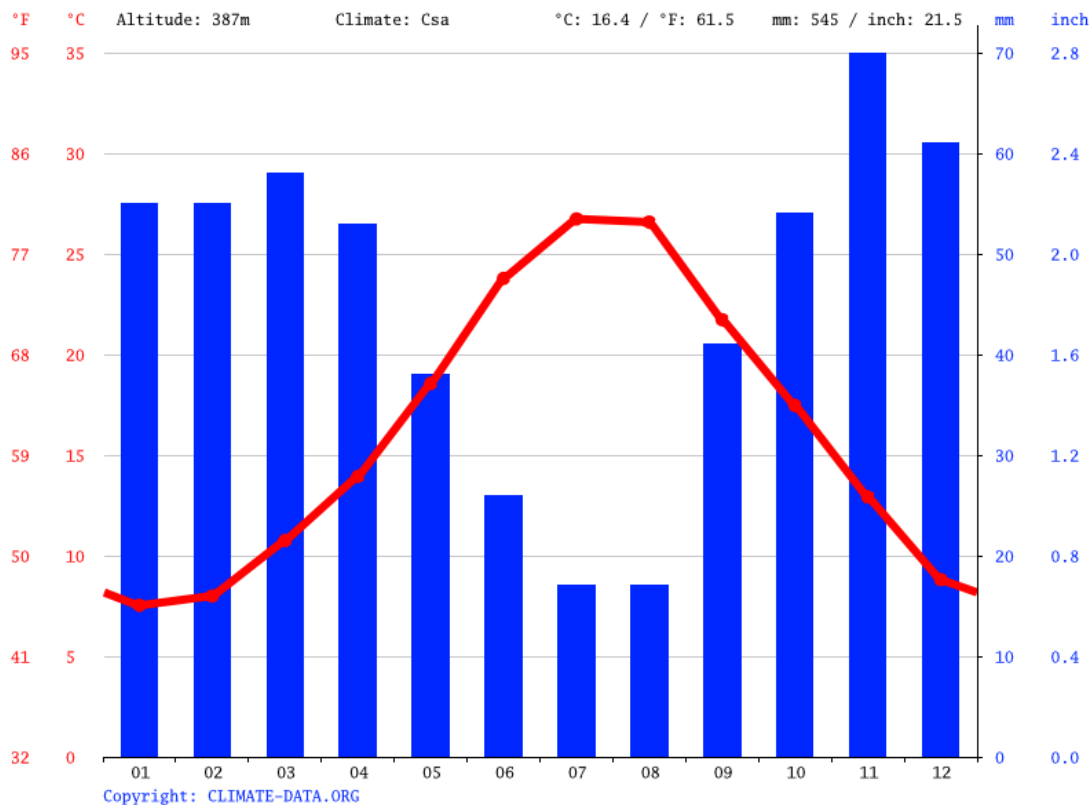


Figura 6.3 Distribuzione delle isoiete in Basilicata (piano aib regione Basilicata anno 2011)

Dalla osservazione della carta delle distribuzioni pluviometriche annuali nella Regione Basilicata si denota che la zona grossomodo corrispondente all'area studiata rientra nella sua interezza tra le isoiete 600 e 650.

Un resoconto più dettagliato ci è fornito dal grafico riportante i millimetri di pioggia registrati alla stazione pluviometrica di Pisticci, sita nelle vicinanze dell'areale di interesse.



	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	7.5	8	10.8	13.9	18.8	23.8	26.7	26.6	21.7	17.5	12.9	8.8
Temperatura minima (°C)	3.9	3.9	6.3	9	13.2	17.8	20.5	20.7	17.1	13.4	9.3	5.3
Temperatura massima (°C)	11.7	12.4	15.5	18.8	23.6	29.1	32.3	32.2	26.6	21.9	17	12.7
Precipitazioni (mm)	55	55	58	53	38	26	17	17	41	54	70	61
Umidità(%)	76%	73%	71%	69%	63%	53%	47%	50%	62%	73%	77%	77%
Giorni di pioggia (g.)	6	6	6	7	5	4	3	3	5	5	6	6
Ore di sole (ore)	6.1	6.7	8.1	9.6	11.5	12.8	12.9	12.0	10.0	7.7	6.4	5.9

Fig. 6.4: precipitazioni totali annue e dati climatici registrati alla stazione di Pisticci

La maggior parte delle precipitazioni annue si verificano nei mesi autunno-invernali, generalmente da novembre e dicembre, con valori medi mensili che non superano i 70 mm (Fig 6.4); il periodo estivo è invece caratterizzato da precipitazioni molto scarse che favoriscono

l'essiccazione delle coltri superficiali dei terreni argillosi. In questo modo, le piogge immediatamente successive al periodo estivo trovano le condizioni ottimali per l'infiltrazione in profondità nelle coltri, attraverso le fratture prodotte nel terreno dal ritiro dei materiali argillosi essiccati.

Il dato ricavato è abbastanza rappresentativo dell'area studiata in quanto la stazione pluviometrica è posizionata nella zona in cui essa si sviluppa.

6.2 Considerazioni sull'Idrogeologia della zona

L'idrogeologia dell'area preposta per l'intervento è influenzata dai complessi geologici affioranti che per le loro caratteristiche intrinseche conferiscono al settore una complessiva scarsa predisposizione all'accumulo idrico sotterraneo. Quasi tutta l'area è formata da sedimenti terrigeni caratterizzata impermeabile o scarsamente permeabili.

Nell'area di studio si possono distinguere vari litotipi con caratteristiche idrogeologiche differenti:

- argille e argille siltose,
- depositi alluvionali recenti e attuali

Argille e argille siltose: caratterizzano l'area di sedime nella porzione più prossima al limite della valle. Da un punto di vista idrogeologico, tali terreni sono individuati come terreni scarsamente permeabili per porosità ed hanno un grado di permeabilità medio ($10^{-6} > K > 10^{-8}$);

Depositi alluvioni recenti e attuali: sono ampiamente distribuite su tutta l'area di sedime, contribuendo nella maggior misura alla caratterizzazione del sito.

Sono solitamente costituiti da depositi sabbiosi o sabbiosi ciottolosi e più raramente da terreni sabbiosi argillosi. Da un punto di vista idrogeologico, tali terreni sono individuati come terreni poco permeabili per porosità ed hanno un grado discreto di permeabilità ($10^{-1} > K > 10^{-4}$).

7. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREALE DI SEDIME

Anche se le lavorazioni previste nel progetto non implicano importanti interazioni con i terreni costituenti il substrato, trattandosi sostanzialmente di strutture leggere costituite da pannelli fotovoltaici ancorati a supporti metallici ancorati al terreno per mezzo di tiranti della lunghezza dell'ordine del metro, si ritiene opportuno descrivere i parametri geotecnici di riferimento, utili alla determinazione della scelta tipologico-dimensionale delle opere. Questi sono stati estratti dai dati in possesso dallo scrivente, ricavati da analisi geotecniche eseguite su campioni simili analizzati per aree limitrofe e da dati bibliografici della letteratura ufficiale.

I valori derivanti dalle analisi dei campioni consultati non si discostano in maniera indicativa dai valori medi prelevati dalla bibliografia ufficiale, pertanto risultano sicuramente adottabili per i calcoli geotecnici eventualmente occorrenti.

Di seguito, si riportano i valori dei parametri geotecnici dei terreni costituenti la porzione superficiale del substrato argilloso sabbioso, ovvero lo strato di terreno direttamente interessato dalle opere di progetto.

Ai fini delle verifiche di calcolo di stabilità del versante, di cui al successivo paragrafo, si è provveduto all'acquisizione dei valori afferenti i principali parametri fisico meccanici dei terreni che costituiscono la formazione pliocenica al letto della coltre superficiale argillosa sabbiosa. Valori desunti dalla Prova Penotrometrica Dinamica eseguita durante la campagna di indagine. I valori ricavati sono i seguenti:

DEPOSITI ALLUVIONALI (STRATO SUPERFICIALE fino a 4-6 metri di profondità')

Peso di volume naturale	$\gamma = 19.60 \text{ KN/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 21.00 \text{ KN/m}^3$
Angolo d'attrito interno	$\phi' = 29^\circ$
Coesione	$c' = 0.00 \text{ KPa}$

DEPOSITI ARGILLE SABBIOSE PLIOCENICHE (STRATO PROFONDO)

Peso di volume naturale	$\gamma = 20.00 \text{ KN/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma \text{ sat} = 22.00 \text{ KN/m}^3$
Coesione non drenata	Cu = 100 KPa
Angolo d'attrito interno	$\phi' = 26^\circ$
Coesione	c' = 19.50 KPa

Per quanto riguarda l'attitudine al cedimento dei terreni, l'uso del metodo di Winkler, tra i metodi più diffusi per lo studio dell'interazione tra fondazione e terreno, richiede un'attenta valutazione del valore di K da utilizzare a seconda dei casi.

Il tipo di indagine più semplice e più indicativo per indagare sul comportamento di una fondazione superficiale, ed in particolare sul valore del coefficiente di reazione K, è la prova di carico su modello in scala ridotta, ovvero la cosiddetta prova di carico su piastra. Tuttavia, dall'applicazione delle prove di carico su piastra si possono ottenere indicazioni, oltre che su K, anche sul valore del modulo elastico equivalente per la fondazione in vera grandezza, ovvero del rapporto tra i cedimenti della fondazione reale ed i cedimenti relativi alla prova. Quindi in un terreno reale il cedimento dipende, oltre che dal carico applicato, dalle proprietà del terreno medesimo, nonché dalla forma e dalle dimensioni della fondazione. Ne consegue, pertanto, che il coefficiente di reazione non è una proprietà del terreno, e quindi ha un senso solamente indicativo fornire valori tipici per terreni tipici.

Per completezza di informazione si riporta una tabella di riferimento di valori indicativi della costante di Winkler – K (Kg/cm³):

Terreno	Min	Max
Sabbia sciolta	0.48	1.60
Sabbia mediamente compatta	0.96	8.00
Sabbia compatta	6.40	12.80

Sabbia argillosa mediamente compatta	2.40	4.80
Sabbia limosa mediamente compatta	2.40	4.80
Sabbia e ghiaia compatta	10.00	30.00
Terreno argilloso con $qu < 2 \text{ Kg/cm}^2$	1.20	2.40
Terreno argilloso con $2 < qu < 4 \text{ Kg/cm}^2$	2.20	4.80
Terreno argilloso con $qu > 2 \text{ kg/cm}^2$	>4.80	

Per il caso in esame, non conoscendo la distribuzione degli scarichi conseguenti agli interventi di progetto né le dimensioni e forma degli eventuali interventi sulle fondazioni, ma solo i terreni di sottofondazione (assimilabili a sabbie limose mediamente compatte) è impossibile definire in maniera esatta il valore di K, ma si può individuare solamente un range bibliografico che è quello riprodotto in tabella.

Lo stato di alterazione caratterizzante la porzione superficiale della successione litologica studiate non permette di poter acquisire un modello matematico che descriva appieno il comportamento tecnico e quindi i dati a disposizione sono necessariamente interpretativi nonché incompleti per le note difficoltà che si hanno per la interpretazione delle risultanze rivenienti dalle convenzionali analisi geotecniche per queste tipologie litologiche.

8. SISMICITA' DELL'AREA

L'Appennino campano lucano è compreso in quella fascia dell'Appennino meridionale interessata nel passato da grandi processi deformativi la cui evoluzione ha portato, a partire dal Pliocene (5 milioni d'anni fa), alla nascita dei principali lineamenti strutturali. Questi sono prevalentemente rappresentati da sistemi di faglie distensive orientati in direzione appenninica (Nord-Ovest Sud-Est) (Scandone et al., 1990). In particolare la regione Basilicata è direttamente interessata da due faglie principali con tale orientamento (quella irpino-lucana e quella della Val d'Agri), dove è concentrata la sismicità di magnitudo maggiore, e da una serie di faglie minori in direzione antiappenninica.

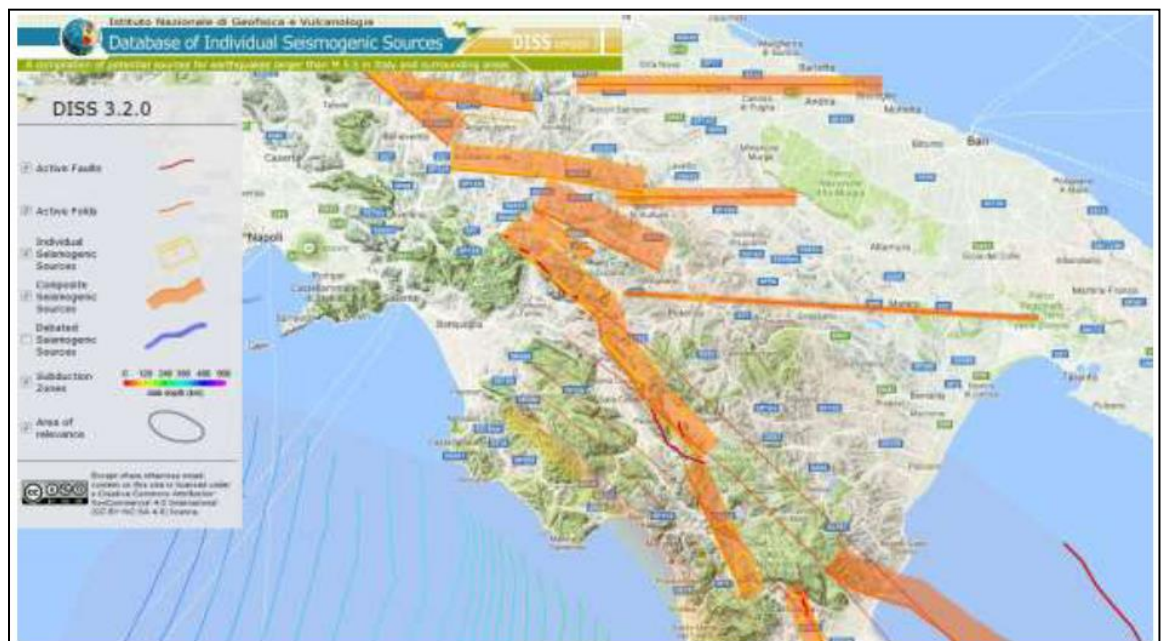


Figura 8.1 Distribuzione delle maggiori strutture sismogenetiche riconosciute nell'Appennino Meridionale
FONTE: <http://diss.rm.ingv.it/dissGM/>

Queste ultime sono state responsabili di numerosi eventi di più bassa energia, ma con periodi di ritorno più brevi. La carta neotettonica italiana (CNR-PFG, 1983), redatta sulla base dell'analisi dei dati neotettonici, gravimetrici e sismici, distingue l'Appennino meridionale nelle tre seguenti zone procedendo dal Tirreno verso l'Adriatico:

- Fascia costiera campana
- Fascia Appenninica
- Fascia Adriatica

Fascia costiera campana

Attualmente questa fascia può essere considerata stabile ad eccezione dell'area dei Campi Flegrei, in quanto presenta una sismicità notevolmente bassa.

Fascia Appenninica

Comprende anche la catena costiera, l'altopiano silano ed i bacini intrappenninici, sia marini (Ariano Irpino, Ruvo del Monte, Potenza, S. Arcangelo, valle del Crati, piana di Crotona) che continentali (Vallo di Diano, valli del Noce e del Mercure, alta Val d'Agri). Tale fascia è sempre stata caratterizzata da sollevamenti ancora in atto, come confermano i fenomeni di terrazzamento in depositi alluvionali recenti.

La sismicità è molto elevata con epicentri localizzati in corrispondenza di faglie estensionali ad andamento longitudinale. Tali faglie, il cui movimento estensionale è stato anche confermato dai meccanismi focali determinati per recenti terremoti (Pantosti e Valensise, 1990; Amato e Selvaggi, 1993; Azzara et. al., 1993), hanno generato eventi distruttivi con intensità maggiore al X grado della scala Mercalli, Cancani, Sieberg (MCS), quali il terremoto del 1857 nella Val d'Agri e quello irpino del 23 novembre 1980 di magnitudo Ms 6.8, calcolata sulle onde superficiali (CNRPFG, 1981). A quest'ultimo evento è stato associato un complesso sistema di fratturazione consistente in almeno tre segmenti di faglia (fig. 4) (Crosson et al., 1986; Westaway & Jackson, 1987; Bernard & Zollo, 1989; Pantosti & Valensise, 1990; Pingue & De Natale, 1993).

L'evento irpino ha dato luogo al maggior rilascio d'energia sismica seguito solo dal terremoto di Potenza del 5 maggio 1990 di magnitudo locale (ML) 5.2 (CNRPFG, 1981).

Fascia Adriatica

Questa fascia può essere definita asismica, fatta eccezione per il territorio garganico.

La sismicità storica della Basilicata è ricca d'eventi anche di forte intensità. Le notizie che seguono, sono stati tratti dal Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1900 (Boschi et al., 1997).

Il primo evento che le fonti storiche riportano, è quello del 1273 che causò gravi danni a Potenza e danni non precisati nell'area della Basilicata. All'evento è attribuita un'intensità del VIII-IX grado MCS. Nel 1561, due forti scosse, avvenute il 31 luglio e il 19 agosto e numerose repliche di minore intensità colpirono l'area. La prima, valutata del IX grado della scala MCS, ebbe effetti distruttivi sul paese di Buccino (SA), e provocò danni nell'avellinese e nelle zone circostanti. La seconda, valutata del X grado, distrusse i paesi di Tito (PZ), Sant'Arzenio (SA) e San Pietro al Tanagro (SA). L'abitato di San Rufo (SA) fu investito da una frana innescata dal terremoto con conseguenti gravi danni agli edifici. Il giorno 8 settembre del 1694 una scossa molto forte, seguita da un'altra violentissima replica e da una sequenza d'eventi d'intensità equiparabile, colpì una vasta area dell'Italia meridionale. La Campania, la Basilicata e la Puglia subirono danni ingenti e perirono più di 6.000 persone. Gli effetti sull'ambiente furono notevoli: la scossa innescò frane e crolli di massi. Vennero anche osservate onde anomale nel mare in prossimità della costa di Brindisi. Il primo febbraio 1826 un terremoto ascrivibile al IX grado MCS, colpì l'area a Nord-Ovest della provincia di Potenza. Nei dintorni di Tito (PZ) (paese maggiormente danneggiato) si ebbero frane e scaturirono nuove sorgenti. Potenza, Satriano di Lucania (PZ) e Tramutola (PZ) subirono numerosi crolli d'abitazioni.

Nella zona del massiccio del monte Sirino, al confine tra la Campania e la Basilicata, il 20 novembre 1836 si verificò un evento del IX grado MCS. Il paese che subì i maggiori danni fu Lagonegro (PZ) dove quasi tutte le abitazioni furono distrutte o danneggiate.

Un altro forte terremoto (X grado MCS) che causò più di mille morti, avvenne il 14 agosto 1851. La scossa principale fece crollare quasi tutti gli edifici di Barile (PZ) e Melfi (PZ). A distanza di un'ora dalla precedente, una seconda scossa di minore entità colpì l'area, gravando ulteriormente sugli edifici già lesionati.

L'area di maggiore risentimento si estese verso Est, in direzione della valle d'Ofanto, e verso Nord. Molti paesi irpini subirono gravi danni e la scossa fu avvertita anche in Campania, Abruzzo e Salento.

Nel 1857 altri due importanti eventi sismici colpirono la Basilicata. Il primo (XI MCS), occorso il 16 dicembre e di maggiore rilevanza, devastò un'ampia zona della provincia di Potenza e di Salerno. Le fonti ufficiali riportano più di diecimila vittime, il 90% delle quali nell'area potentina.

Un'area di più di 3.000 kmq fu completamente rasa al suolo. In molte zone furono riportati vasti movimenti franosi, smottamenti, abbassamenti del terreno e ampie spaccature, di cui una di 270 m a Polla (SA).

La seconda scossa, avvenuta dopo dieci giorni dalla prima, ebbe com'epicentro l'attuale Montemurro (PZ), che già fu tra le aree maggiormente colpite dal precedente terremoto. A quest'evento è attribuito un'intensità pari al VII-VIII grado della scala MCS.

Nel 1930 nella zona montuosa compresa tra Melfi (PZ) e Ariano Irpino (AV), durante la notte del 23 luglio, occorre un evento del X grado MCS.

Il 23 novembre del 1980 un terremoto d'intensità pari al X-XI grado MCS e di magnitudo Ms6.8 colpì gravemente, alle 20:34 italiane, l'Irpinia e la Basilicata. Questo movimento tellurico causò poco meno di tremila vittime, diecimila feriti e i senzatetto si avvicinarono ai 300.000. Una trentina di paesi, e innumerevoli frazioni, compresi in un'ampia area (comprendente Napoli, Salerno, Potenza e S. Angelo dei Lombardi (AV) furono distrutti.

L'area di danneggiamento fu stimata di circa 3.500 kmq. Alla scossa principale ne seguirono molte altre anche di lunga durata (intorno ai due minuti) che contribuirono all'opera di distruzione.

Altri terremoti hanno interessato la regione, ricordiamo quello di Potenza del 5 maggio 1990 di Ms 5.4 e quello del 9 settembre 1998 di Magnitudo 5.5 con epicentro nella zona di Castelluccio.

Nella mappa che segue si riportano i maggiori terremoti avvenuti lungo la catena appenninica e che hanno interessato la regione.

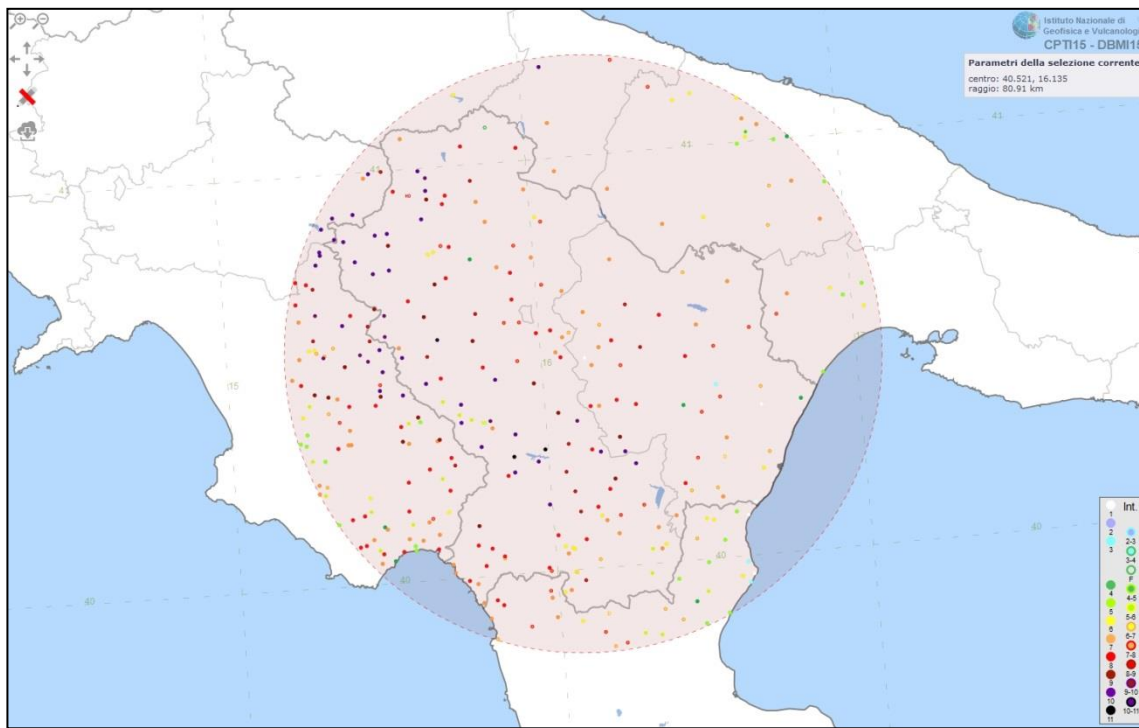


Figura 8.2. Distribuzione degli epicentri dei principali terremoti che hanno interessato la Basilicata (fonte INGV)

8.1 STORIA SISMICA DELL'AREALE DI INTERESSE

File downloaded from CPTI15-DBMI15 v2.0

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Seismic history of

PlaceID

Coordinates (lat, lon)

Municipality (ISTAT 2015)

Province

Regione

Pisticci

IT_63450

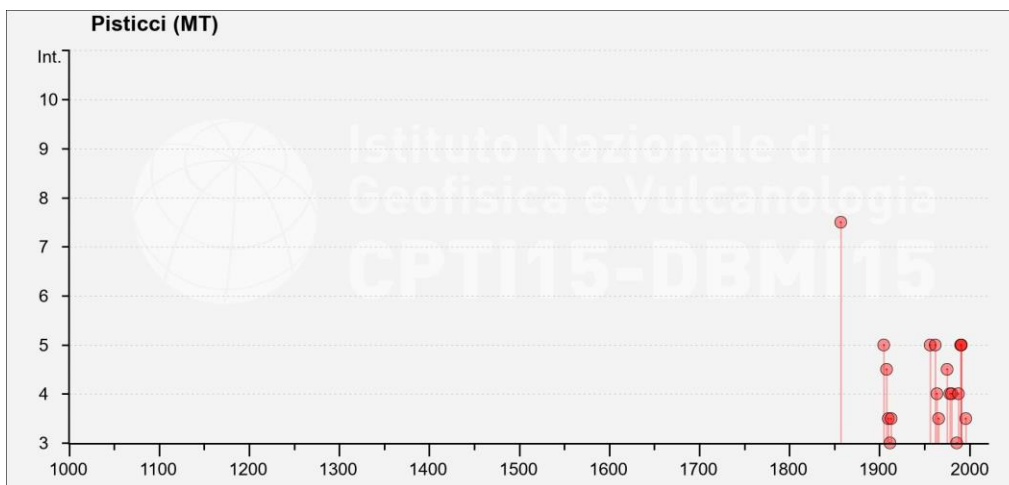
40.390, 16.557

Pisticci

Matera

Basilicata

Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7-8	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
2-3	1894	05	28	20	15		Pollino	122	7	5.01
NF	1897	02	11	23	33	07.00	Ionio meridionale	96	5	5.03
5	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
NF	1905	11	26				Irpinia	122	7-8	5.18
4-5	1908	03	26	13	49		Materano	21	5	4.31
3-4	1910	10	03	11	04		Basilicata meridionale	36	5-6	4.62
3	1912	07	02	07	34		Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
3-4	1913	06	28	08	53	02.00	Calabria settentrionale	151	8	5.64
2	1951	01	16	01	11		Gargano	73	7	5.22
5	1956	01	09	00	44		Materano	45	6	4.72
5	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
4	1964	06	04	00	31	59.00	Vallo di Diano	7	5-6	4.59
3-4	1966	07	06	04	24		Alta Murgia	46	4	4.26
F	1966	10	04	04	51	51.00	Potentino	15	5	4.16
F	1967	12	09	03	09	56.00	Adriatico centrale	22		4.36
4-5	1975	06	19	10	11		Gargano	61	6	5.02
4	1978	09	24	08	07	44.00	Materano	121	6	4.75
4	1980	05	14	01	41		Alta Val d'Agri	26	5-6	4.83
3	1986	07	23	08	19	50.87	Potentino	48	6	4.61
4	1988	01	08	13	05	46.75	Pollino	169	7	4.7
5	1990	05	05	07	21	29.61	Potentino	1375		5.77
5	1991	04	18	19	24	03.06	Piana di Metaponto	26		4.13
5	1991	05	26	12	25	59.42	Potentino	597	7	5.08
NF	1994	01	07	18	30	12.46	Golfo di Taranto	26		4.03
3-4	1996	04	03	13	04	34.98	Irpinia	557	6	4.9
NF	2006	06	22	19	34	58.34	Costa calabra settentrionale	161		4.7



8.2 PERICOLOSITA' SISMICA

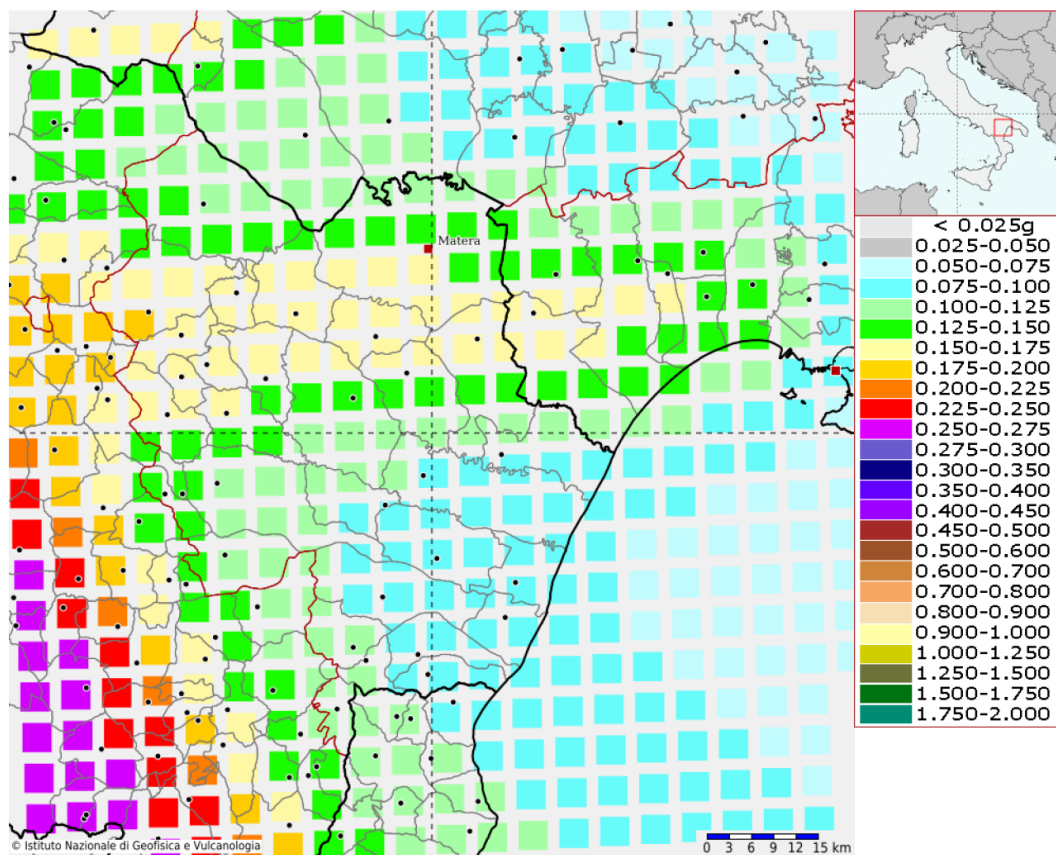
La pericolosità sismica di un territorio è rappresentata dalla frequenza e dalla forza dei terremoti che lo interessano, ovvero dalla sua sismicità.

Viene definita come la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (Pga) di nostro interesse. Per la determinazione dei valori della pericolosità sismica, il territorio nazionale è stato suddiviso in molteplici griglie aventi passo di 0.05°.

Nelle figure e nelle tabelle riprodotte le mappe e i parametri caratteristici dell'areale in cui si colloca il sedime di intervento con i valori di pericolosità sismica (dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

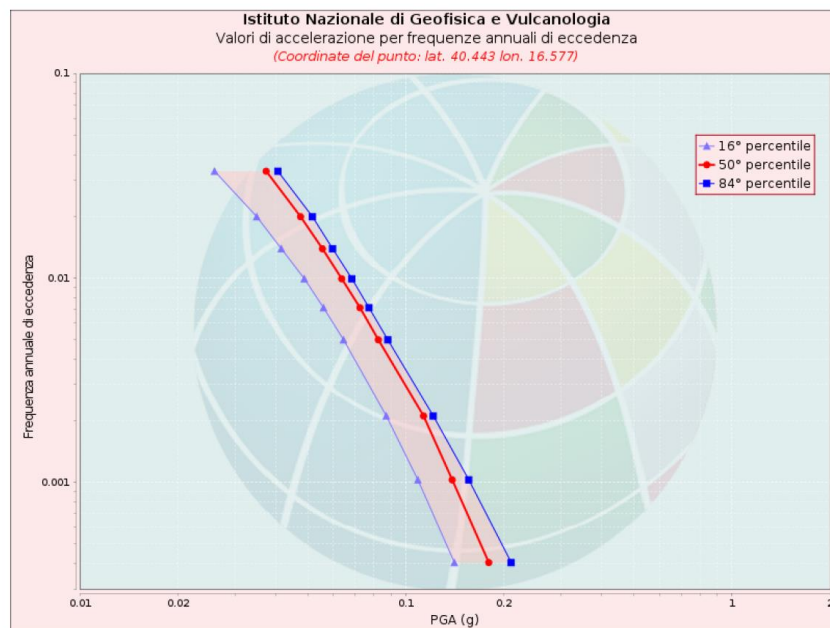
Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)

Informazioni sul nodo con ID: 34790 - Latitudine: 40.443 - Longitudine: 16.577



Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.

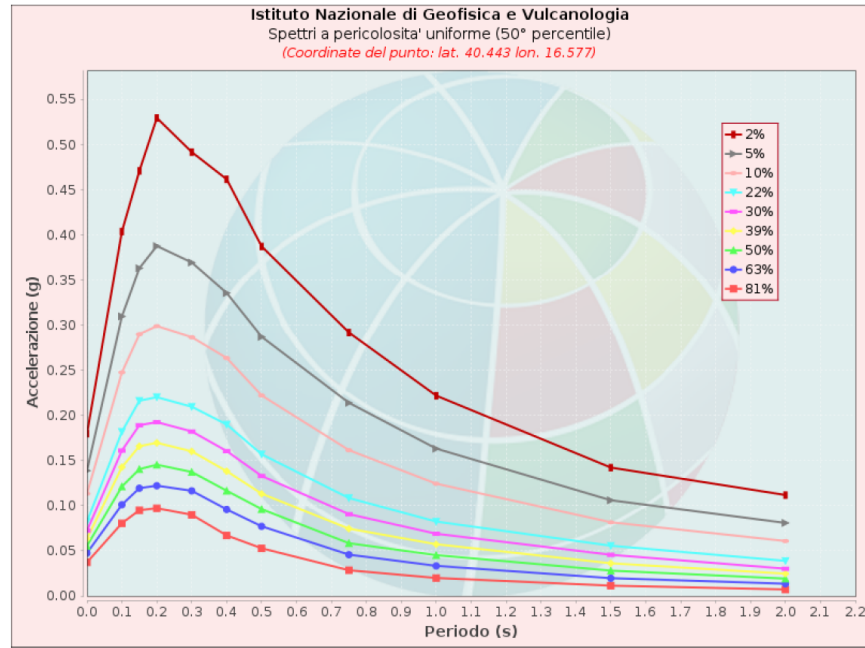


Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.141	0.180	0.211
0.0010	0.109	0.139	0.156
0.0021	0.087	0.113	0.121
0.0050	0.064	0.082	0.088
0.0071	0.056	0.072	0.077
0.0099	0.049	0.064	0.068
0.0139	0.042	0.056	0.060
0.0199	0.035	0.048	0.052
0.0332	0.026	0.037	0.041

Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PG corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte da modello di pericolosità.

I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta valori mostrati nel grafico.

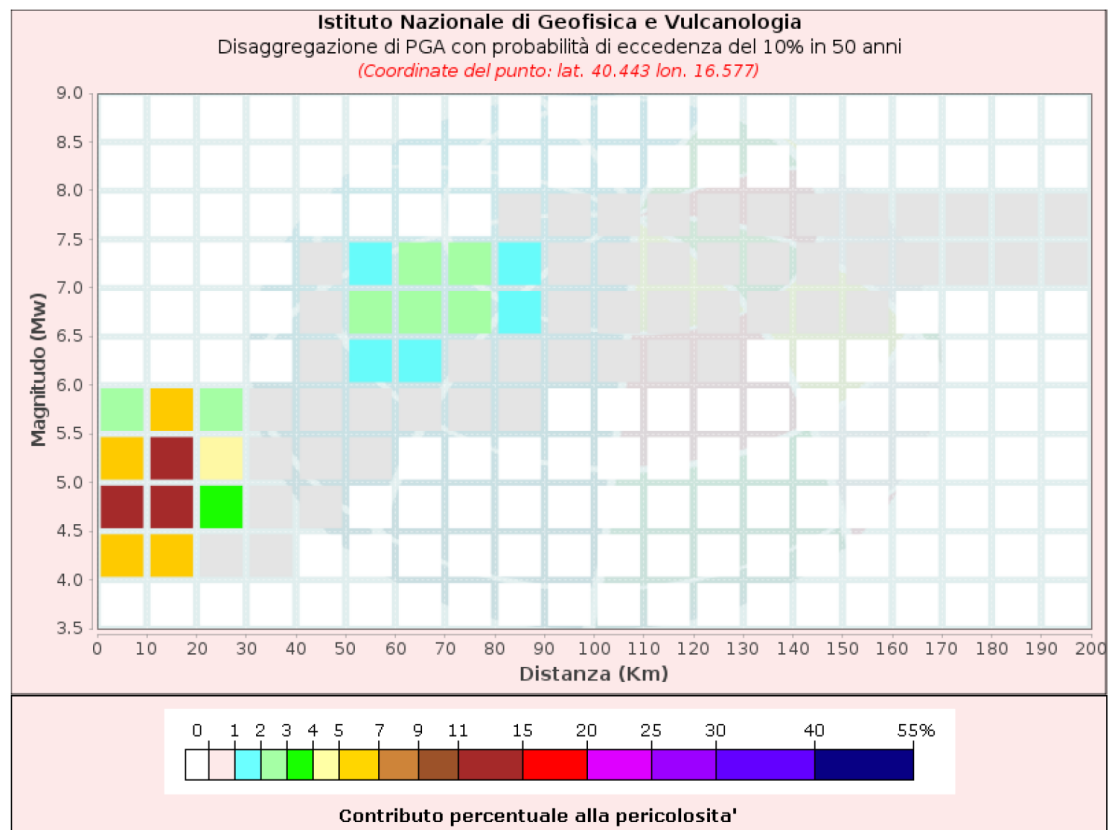


Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE	Accelerazione (g)										
in 50	Periodo (s)										
anni	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.180	0.404	0.471	0.530	0.492	0.462	0.387	0.292	0.222	0.142	0.112
5%	0.139	0.310	0.363	0.388	0.369	0.336	0.287	0.214	0.163	0.106	0.081
10%	0.113	0.248	0.290	0.299	0.287	0.264	0.222	0.162	0.124	0.082	0.061
22%	0.082	0.182	0.216	0.220	0.210	0.190	0.157	0.108	0.082	0.056	0.039
30%	0.072	0.161	0.189	0.193	0.182	0.161	0.133	0.091	0.069	0.046	0.030
39%	0.064	0.143	0.166	0.170	0.160	0.138	0.113	0.075	0.057	0.036	0.025
50%	0.056	0.121	0.141	0.145	0.137	0.117	0.096	0.058	0.045	0.028	0.019
63%	0.048	0.101	0.119	0.122	0.117	0.096	0.077	0.046	0.033	0.020	0.014
81%	0.037	0.081	0.095	0.097	0.090	0.067	0.053	0.029	0.020	0.011	0.007

Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni											
Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	6.2800	11.6000	6.3400	2.2900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	5.8100	14.1000	11.1000	5.3600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.8050	3.4900	4.3600	2.8600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0004	0.2640	0.8340	0.7440	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0021	0.1520	0.2630	0.0784	0.1300	0.1150	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0173	0.4220	1.1900	2.2100	1.9900	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2010	1.2000	2.6600	2.3400	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0316	0.7640	2.1900	2.0700	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.3330	1.2300	1.1600	0.0289	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1070	0.5630	0.5480	0.0732	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0237	0.2850	0.3660	0.0569	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0033	0.1340	0.2380	0.0398	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0549	0.1500	0.0275	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0197	0.0955	0.0194	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0051	0.0581	0.0134	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0340	0.0095	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0182	0.0065	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0082	0.0041	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	0.0024	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0016	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.41 ; distanza = 27.6 ; epsilon = 1.29

8.3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SEDIME

Tenendo conto delle caratteristiche geolitologiche dell'area indagata, l'indagine geognostica mediante sismica MASW, si rileva particolarmente utile poiché consente di indagare in dettaglio i primi 30 metri dal piano campagna e fornisce utili informazioni sullo spessore e sulla consistenza dei litotipi presenti.

La correlazione con le altre indagini (Prove Penetrometriche Dinamiche), eseguite nell'ambito della stessa area, consente inoltre di definire i rapporti di giacitura, ed i caratteri geotecnica di massima, degli stessi.

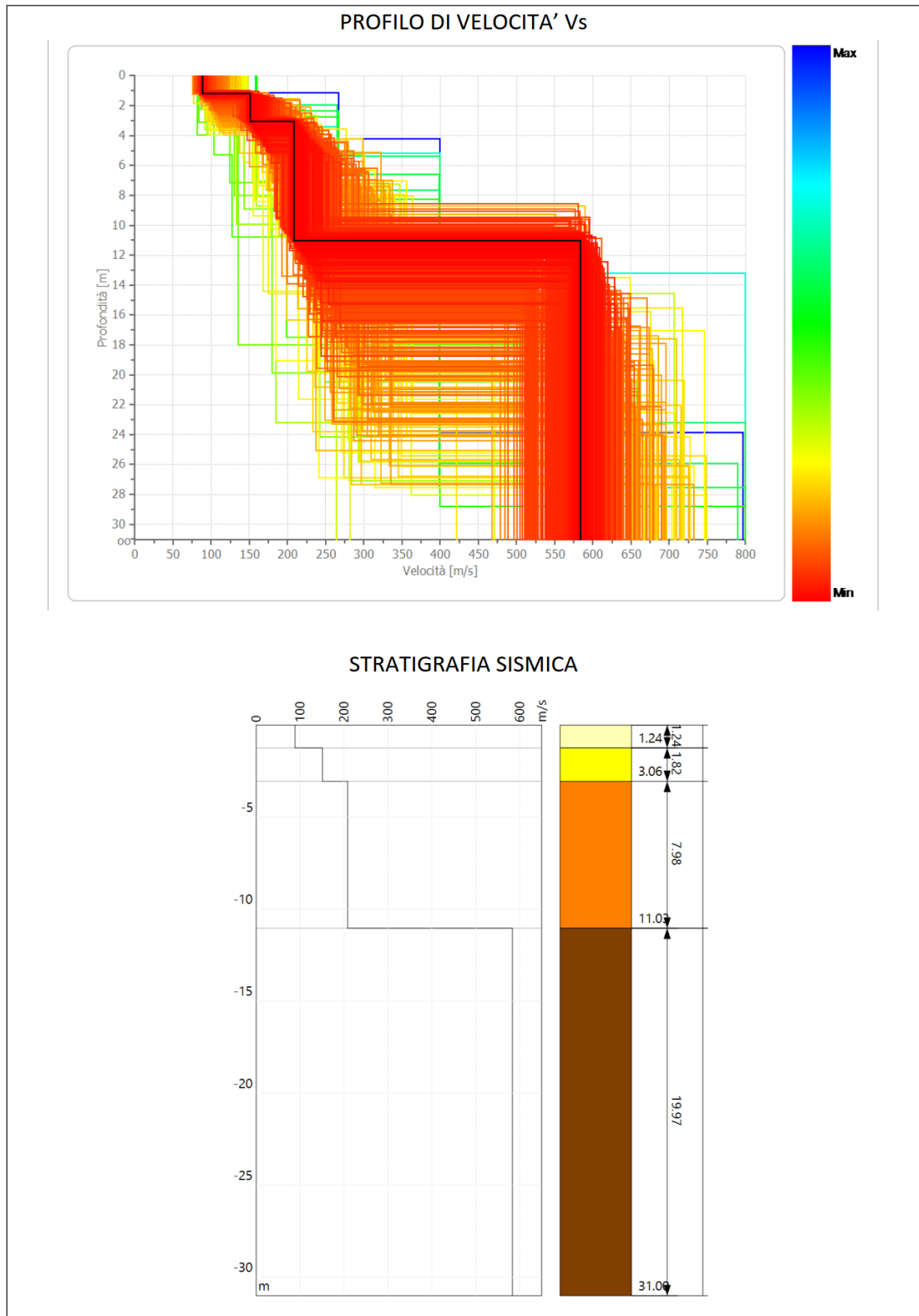
L'indagine MASW è resa necessaria in ottemperanza all'Ordinanza P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003 e del D.M. 17 Gennaio 2018, che attribuisce alle diverse località del Territorio Nazionale un valore di scuotimento sismico di riferimento espresso in termini di incremento dell'accelerazione al suolo e propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo mediante la classificazione di cinque (A – B – C – D – E) categorie, sulla base della velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di terreno per determinare il V_sEq .

Per tale ragione nel presente lavoro è stato applicato il metodo di prospezione sismica del tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) che attraverso lo studio delle Onde Superficiali registrate in campagna, permette di determinare la V_s nei primi 30 metri di profondità.

Le misure sismiche effettuate ed i parametri calcolati con la strumentazione utilizzata in questo lavoro, il "sismografo multicanale SoilSpy Rosina della Micromed", utilizzando tecniche di registrazione passive e attive, possono essere utilizzati nell'ambito della nuova normativa vigente in materia di costruzioni ("Nuove Norme tecniche per le costruzioni", D.M. 17 Gennaio 2018), anche per quanto riguarda le opere di fondazione, sostegno e scavo.

Nell'**Allegato A.2.8** sono riportate, foto, sismogramma e spettro di velocità, profilo verticale onde S.

In maniera riassuntiva si riportano di seguito le figure del sismostrato rilevato nell'area e la sua classificazione di suolo.



Il profilo di velocità delle onde di taglio risultante dall'indagine **MASW 1**, evidenzia la presenza di quattro unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- **primo sismostrato** costituito da terreno vegetale e primo sottosuolo alterato, con spessore medio di circa 1.24 m, Vs di **88 m/s**, con bassa rigidità sismica;
- **secondo sismostrato** debolmente addensato, con spessore medio di circa 1.82 m e Vs di **150 m/s**, con medio-bassa rigidità sismica;
- **terzo sismostrato** mediamente addensato, con spessore medio di circa 7.98 m e Vs di **208 m/s**, con media rigidità sismica;
- **i sismostrati sottostanti** sono caratterizzati da Vs superiori a **583 m/s**, alta rigidità sismica e non producono contrasti di impedenza sismica significativi.

Alla luce delle categorie previste dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 17 gennaio 2018, e dalle misure effettuate in sito, i terreni di fondazione esaminati per la MASW, si collocano in categoria **"C"** descritta in normativa come: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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.*

8.3 PARAMETRI SISMICI

Sulla base delle (NTC 2018) di cui al DECRETO 17 gennaio 2018 "Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni" (GU n. 42 del 20-03-2018- Suppl. Ordinario), l'area in questione risulta caratterizzata dai seguenti parametri di risposta sismica locale:

Sito in esame.

Latitudine: 40,431429

Longitudine: 16,590295

Classe: 2

Vita nominale: 50



Siti di riferimento

Sito 1	ID: 34790	Lat: 40,4426	Lon: 16,5773	Distanza: 1657,950
Sito 2	ID: 34791	Lat: 40,4408	Lon: 16,6430	Distanza: 4577,735
Sito 3	ID: 35013	Lat: 40,3908	Lon: 16,6405	Distanza: 6202,000
Sito 4	ID: 35012	Lat: 40,3926	Lon: 16,5750	Distanza: 4504,311

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

50



Interpolazione



Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.037	2.433	0.283
Danno (SLD)	50	0.047	2.442	0.318
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.108	2.551	0.412
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.132	2.647	0.424
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			



Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni 

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.


H (m) us (m)

 1  0.1

 Cat. Sottosuolo C 

 Cat. Topografica T1 

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,49
CC Coeff. funz categoria	1,59	1,53	1,41	1,39
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]  0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.011	0.014	0.039	0.047
kv	0.006	0.007	0.019	0.024
Amax [m/s ²]	0.540	0.684	1.590	1.933
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

9. ANALISI DI STABILITA'

In considerazione della tipologia di intervento e delle strutture proprie dell'impianto di progetto, si può preliminarmente affermare che non sono previste opere strutturali capaci di ingenerare ripercussioni capaci di incidere significativamente sull'equilibrio del substrato, tantopiù che l'areale di sedime risulta caratterizzato da pendenze molto blande e certamente coerenti con la reologia del substrato.

In ogni caso si è ritenuto opportuno condurre un'analisi di stabilità per verificare l'equilibrio dei versanti limitrofi all'areale di impianto in quanto, eventuali situazioni di disequilibrio potrebbero interessare direttamente le porzioni di impianto ad essi adiacenti.

Il modello geologico adottato e le condizioni a contorno sono quelle descritte ai paragrafi precedenti.

La verifica è stata effettuata, in condizioni sismiche, su sezioni tracciate secondo l'allineamento di massima pendenza.

Il software di calcolo utilizzato è stato SSAP 4.9.8 - Slope Stability Analysis Program (1991,2018)

Di seguito si riportano le analisi di stabilità effettuate:

9.1 Normativa di riferimento

D.M. 11/3/88; Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Con particolare riferimento a:

- a) NTC 2018
- b) Provvedimenti per le costruzioni con prescrizioni per zone sismiche (Legge 2/2/74 , D.M. 16/1/96 e D.M. 11/3/1988)
- c) Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche (D.M. 9/1/96)
- d) Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi (D.M. 16/1/96)
- e) Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, e strutture metalliche (Legge 5/11/71, n.1086 e D.M. 14/2/92)

9.2 Introduzione all'analisi di stabilità

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.

Il grado di stabilità di un pendio, in condizioni statiche o dinamiche (per azioni sismiche), nei confronti di movimenti gravitativi, viene valutato attraverso la determinazione del cosiddetto "**FATTORE O COEFFICIENTE DI SICUREZZA**" indicato con il simbolo **F_s**.

I metodi di calcolo di **F_s** impiegati si basano sulle tecniche di verifica dette *LIMIT EQUILIBRIUM METHOD* (che di seguito indicheremo sempre come **LEM**), (Duncan 1996; Krahn 2003).

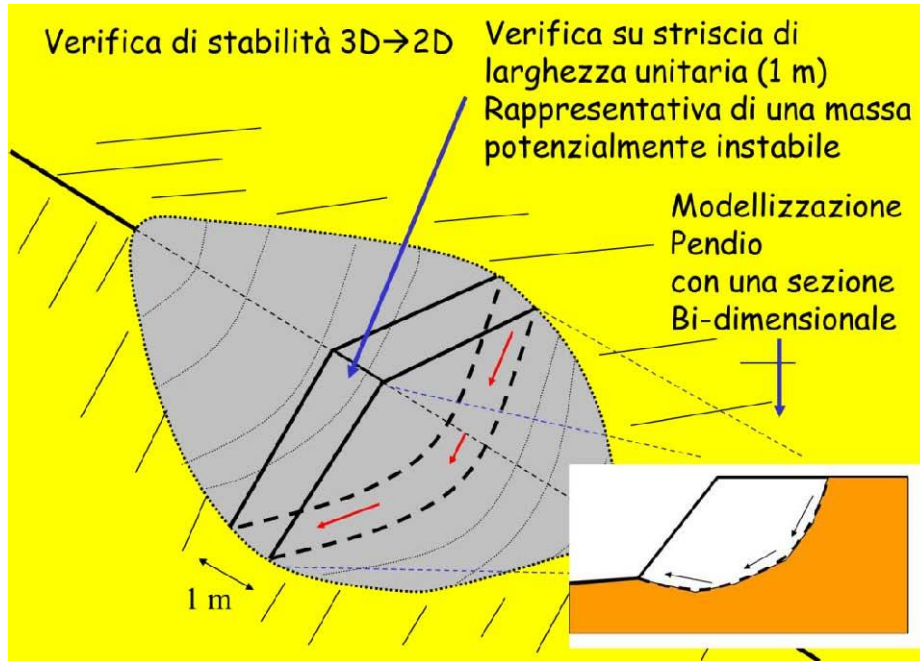


Figura 7.1

Nei metodi LEM il calcolo di FS viene effettuato su una specifica superficie di scivolamento definita entro un pendio. Dato che le porzioni potenzialmente instabili sono definibili in un spazio 3D il calcolo viene sviluppato sopra una striscia rappresentativa di larghezza unitaria, quindi bi-dimensionale (2D) della superficie di potenziale scivolamento. (figura 7.1).

Nella applicazione del metodo dell'equilibrio limite tale superficie (fig. 7.1) separa la parte di pendio stabile da quella potenzialmente instabile. La parte stabile inferiore rimane indeformata e non subisce rotture.

Si suppone che la massa superiore, fino al momento della rottura, non subisca deformazioni. Collassi e deformazioni sono posteriori allo sviluppo di una superficie di rottura. Vieni quindi assunto un comportamento a rottura rigido perfettamente plastico: non si deforma fino a quando non arriva a rottura. Tuttavia il valore di F_s (e quindi il suo grado di stabilità o propensione al movimento) si riferisce alle condizioni precedenti al fenomeno di rottura.

Per ogni superficie di potenziale scivolamento si può quindi derivare lo sforzo di taglio totale mobilitato τ_m (domanda) e la resistenza al taglio disponibile τ_ϕ (capacità) e quindi è possibile

definire **F_s** come:

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_m} \quad (2.1)$$

Usando ad esempio il criterio di rottura *Mohr-Coulomb*: **F_s** è il fattore per cui occorre dividere i parametri della resistenza al Taglio del terreno lungo i vari tratti della superficie, per provocare la rottura del pendio lungo tutta la superficie considerata e nel medesimo tempo, ovvero:

$$\tau_f = \frac{c'}{F_s} + \frac{\sigma' \tan \phi'}{F_s} \quad (2.2)$$

Che avverrà qualora sia verificata la condizione di eguaglianza tra sforzi mobilitati e disponibili, ovvero tra domanda e capacità.

Se $F_s > 1.0$ siamo in condizioni di stabilità, mentre per $F_s < 1.0$ siamo in condizioni instabili dovuti a un generalizzato deficit di resistenza. Un altro assunto fondamentale dei metodi LEM è che nel caso di variabilità delle caratteristiche di resistenza al taglio lungo la superficie di scivolamento, sebbene F_s possa essere in realtà localmente variabile, si assume che F_s sia costante lungo tutta la superficie di potenziale scivolamento assunta. Ovvero abbiamo dovunque la medesima frazione di resistenza al taglio mobilitata rispetto a quella massima mobilitabile.

F_s deve essere valutato entro un preciso riferimento spaziale. E' perciò necessario considerare una potenziale superficie di scorrimento nella massa del pendio e valutare tutte le forze (e momenti) agenti (ovvero che inducono lo scivolamento) e resistenti (che si oppongono allo scivolamento) su detta superficie. In pratica, essendo infinite le superfici di scivolamento possibili, **F_s** viene valutato per ognuna delle superfici di un campione rappresentativo, generate con un certo criterio entro il volume del pendio assunto.

In tal modo il "**FATTORE DI SICUREZZA**" del pendio sarà quello che compete alla superficie di

scorrimento con F_s più basso. Tale superficie è detta anche "**SUPERFICIE CRITICA**". Una superficie di scivolamento assunta divide in due parti distinte il pendio (fig. 7.1).

Superiormente abbiamo una massa potenzialmente instabile supposta rigida e inferiormente una massa rigida stabile.

La eq.(2.1) permette di determinare la stabilità del pendio nei confronti della superficie considerata precedentemente.

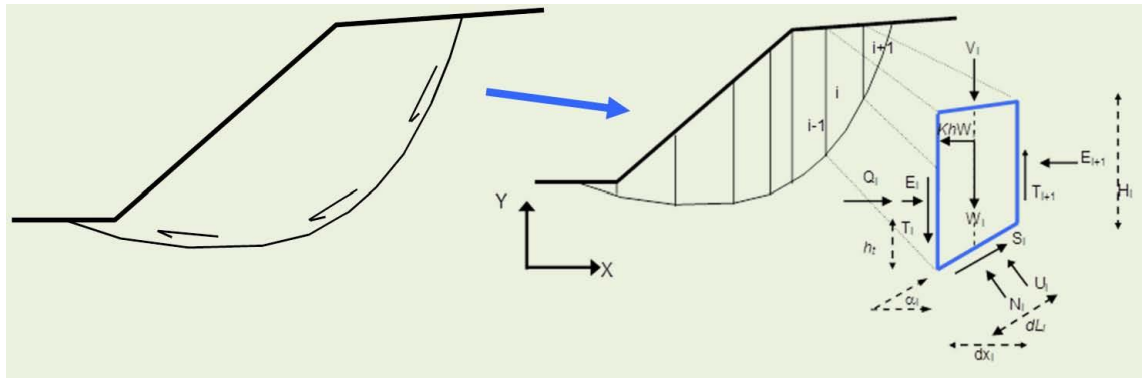


Figura 7.2

Le forze agenti sono le componenti tangenziali del peso proprio della massa e degli eventuali sovraccarichi superficiali agenti sulla superficie di scivolamento, mentre le forze resistenti sono le resistenze al taglio mobilitate nei vari punti di detta superficie che dipendono dagli sforzi normali applicati e dalla resistenza al taglio locale del suolo. Sistemi di forze interne e esterne (es. opere di rinforzo) influiscono nella stabilità globale del pendio e devono essere considerate opportunamente; cosa che viene effettuata in tutti i metodi di calcolo rigorosi che verranno trattati più avanti.

Per procedere con il calcolo di F_s la massa potenzialmente instabile viene suddivisa in "Fette" detti Conci delimitate da superfici verticali (fig. 7.2). Su ogni conco vengono valutate singolarmente le forze agenti e resistenti. L'insieme delle forze agenti sul conco singolo è presentato in figura 7.2. Queste forze sono \mathbf{W} =Peso del conco, \mathbf{S} =Forza di taglio mobilitata sulla base del conco, \mathbf{N} =Forza peso normale alla base del conco, \mathbf{U} =Forza esercitata dal carico idraulico agente sulla base, \mathbf{T} =Forza verticale interconco, \mathbf{E} =Forza orizzontale interconco.

F_s può essere determinato mediante gruppi di equazioni per l'equilibrio dei corpi rigidi, ovvero: l'equilibrio alla traslazione nelle direzioni verticali e orizzontali e l'equilibrio alla rotazione rispetto a un punto:

$$\begin{cases} \sum V_i = 0 \\ \sum H_i = 0 \\ \sum M_i = 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

In pratica tutto il sistema di forze verticali, orizzontali e dei momenti devono garantire una somma 0 (eq. 2.3).

Quando tutti i parametri di interesse sono noti si passa al calcolo di **F_s**. L'algoritmo di calcolo può implementare uno dei diversi metodi esistenti nell'ambito dei modelli LEM dove i procedimenti di calcolo avvengono in modo iterativo. I vari metodi, BISHOP (1955), MORGESTERN & PRICE (1965), SPENCER (1967), JANBU (1973) sono tutti riconducibili al "**General equilibrium method**" di FREDLUND et al. (1981), abbreviato con GLE. Questi metodi si diversificano per il tipo delle assunzioni e semplificazioni fatte per ridurre il numero delle incognite nel problema, tuttavia come mostrato in numerosi studi comparativi FREDLUND et al. (1981), Duncan (1996), la differenza percentuale dei valori di **F_s** calcolati generalmente non supera il 10%, che è perfettamente compatibile con il grado di incertezza insito in tale tipo di analisi.

Lo sviluppo delle equazioni alla base della determinazione di **F_s** verrà illustrato con maggior dettaglio nella sezione seguente.

9.3 Procedure e metodi di calcolo utilizzati

Nella versione 4.0 di SSAP e nei successivi aggiornamenti si è implementato un nuovo kernel di calcolo del fattore **F_s** che, come abbiamo detto è basato sull'algoritmo di Zhu (2005), ma è soprattutto un suo considerevole miglioramento e potenziamento sviluppato dall'autore di SSAP

a partire dal 2009. La parte di codice di calcolo di SSAP che si basava, a partire dalla versione 2.6, sulla notazione unificata proposta da ESPINOZA et al (1994), è stata completamente sostituita con questa nuova metodologia sviluppata e introdotta per la prima volta in SSAP 4.0.

Se osserviamo in dettaglio la fig. 2.3 è possibile visualizzare il sistema di forze che agiscono in un concio i -esimo.

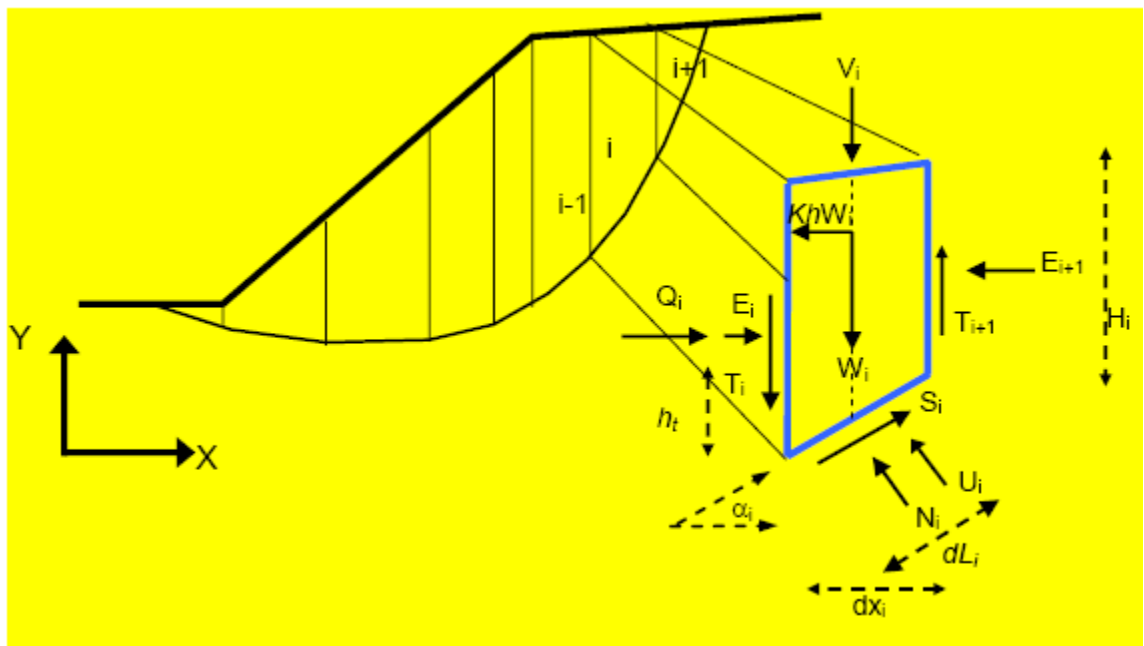


Figura 7.3

N.B.: Di seguito tutte le forze tutte le forze e le grandezze indicate nella fig. 2.3, ad esempio le forze T ed E di interazione tra i concii, saranno espresse usando la seguente notazione: $T(x), E(x)$, ecc. Questa notazione indicherà la espressione della Forza o della grandezza funzione della progressiva x rispetto al sistema di coordinate cartesiane (X, Y) assunto per il pendio.

Si noti che per ogni concio sono definite le seguenti forze e grandezze:

ι = indice numerico del concio

α_{ι} = angolo di inclinazione della base del concio

d_{ι} = lunghezza della base del concio

dx = larghezza del concio

H = altezza verticale del concio

h_i = altezza punto di applicazione delle forze interconcio

c' = coesione del terreno sulla base del concio

ϕ' = angolo di attrito del terreno sulla base del concio

W = forza peso agente sulla base del concio

K_h = Coefficiente sismico orizzontale

U = pressione interstiziale alla base del concio

T = forza tangenziale verticale interconcio

E = forza orizzontale interconcio

Q = risultante delle forze orizzontali esterne ad ogni concio (es azioni sismiche, o opere di sostegno)

V = risultante delle forze verticali esterne ad ogni concio (es azioni sismiche o sovraccarichi verticali o opere di sostegno)

Le varie procedure di calcolo nell'ambito del metodo dell'equilibrio limite si diversificano proprio per il tipo di assunzioni finalizzate ad eliminare alcune incognite nel sistema di equazioni che permette di ottenere \mathbf{Fs} . Tale sistema di due equazioni non lineari (eq. 2.4) è piuttosto complesso e deve essere risolto sempre in modo iterativo, risultando le incognite (\mathbf{Fs} e λ) espresse in forma implicita (ovvero in entrambi i membri delle equazioni). λ è una variabile ausiliaria che è utilizzata nella relazione funzionale delle forze interconcio $T(x)$, $E(x)$, inizialmente

incognite (Zhu et al., 2005). Utilizzando la notazione dell'algoritmo di Zhu et al. (2005) (fig. 2.4) avremo che \mathbf{Fs} e λ sono legati da:

$$\begin{cases} \mathbf{Fs} = \frac{f(N_{(x)}, U_{(x)}, \alpha_{(x)}, T_{(x)}, V_{(x)}, dx_{(x)}, Q_{(x)}, \mathbf{Fs})}{f(\alpha_{(x)}, W_{(x)}, V_{(x)}, dx_{(x)}, T_{(x)}, \lambda)} \\ \lambda = \frac{f(dx_{(x)}, E_{(x)}, \alpha_{(x)}, W_{(x)}, V_{(x)}, Q_{(x)})}{f(dx_{(x)}, T_{(x)}, \lambda)} \end{cases} \quad (2.4)$$

Il sistema 2.4. viene risolto iterativamente, assumendo un valore di tentativo iniziale, sia per \mathbf{Fs} che per, nel membro di destra di ogni equazione del sistema e ripetendo i calcoli fino a convergenza quando la differenza tra i due \mathbf{Fs} e calcolati in iterazioni successive diventa minore di un certo valore assunto (generalmente 0.001).

Nell'eq. 2.4, \mathbf{Fs} esprime il rapporto tra forze resistenti e agenti nei confronti della potenziale direzione di scivolamento, ma al contempo la formulazione secondo Zhu et al. (2005) consente di tenere conto contemporaneamente dell'equilibrio delle forze e dei momenti in tutti i conci. Per ottenere questo nella eq. 2.4 sono inoltre espresse tutte le componenti delle forze di interazione tra i conci.

Le forze $T(x)$ di interazione verticali interconco sono inizialmente incognite.

Però nelle procedure di calcolo rigorose (quelle usate da SSAP) esse non vengono trascurate come nel caso di procedure semplificate (es.: *Fellenius*, *Bishop*, *Janbu semplificato*). Per la risoluzione della eq. (2.4) vengono quindi fatte alcune assunzioni utili alla risoluzione numerica.

I vari metodi di calcolo di \mathbf{Fs} , implementati nella notazione unificata della eq. (2.4), si diversificano per le assunzioni relative alle forze di interazione tra i conci e in particolare per la espressione della $T(x)$ in funzione delle forze di interazioni orizzontali e della geometria della superficie di scivolamento o dei parametri geomeccanici e idraulici associati alle superficie verticali interconco.

Vengono inoltre fatte alcune assunzioni aggiuntive sulla posizione del punto di applicazione (thrust line) e in alcuni casi sulla funzione di interazione interconco f(x) (variabile tra 0.0 e 1.25) che esprime la direzione di applicazione della risultante locale tra T(x), E(x).

Con la versione 4.0 nel programma SSAP viene utilizzato l' algoritmo iterativo di calcolo di Fs proposta da Zhu (2005). Tale algoritmo, originariamente sviluppato per il metodo di calcolo Morgenstern & Price (1965), è stato però ulteriormente sviluppato con una ulteriore generalizzazione del metodo consentendo di usare l' algoritmo di Zhu et al. (2005) con tutti i vari metodi di calcolo rigorosi del LEM adottati più diffusamente nelle verifiche di stabilità. Tali metodi adottati a partire dal SSAP 4.0 indicati in tabella 2.1:

tabella 2.1: relazione funzionale che esprime T(x) per i vari modelli di calcolo implementati in SSAP

Gruppo	Modello di calcolo adottato per la risoluzione di FS	Relazione funzionale che esprime T(x)
1	Spencer (1967,73)	$T(x) = \lambda E(x)$
1	Sarma I (1973)	$T(x) = \frac{\lambda}{F_s} \left\{ \bar{c} H(x) + \left[(E(x) - P_w(x)) \tan \bar{\varphi}' \right] \right\}$
2	Morgestern & Price (1965)	$T(x) = \lambda f(x) E(x)$
2I	Chen -Morgestern (1983)	$T(x) = [\lambda f(x) + f_0(x)] E(x)$
2	Borselli(2016) ¹	$T(x) = \lambda [f(x) + f_1(x)] E(x)$
2	Sarma II (1979)	$T(x) = \frac{\lambda}{F_s} f(x) \left\{ \bar{c} H(x) + \left[(E(x) - P_w(x)) \tan \bar{\varphi}' \right] \right\}$
3	Janbu Rigoroso (1973) ²	$T(x) = E(x) \tan \alpha_r + h_r \frac{dE(x)}{dx} - h_q \frac{dQ}{dx} + 0.5 K_c H \frac{dW}{dx}$

Nella tabella 2.1 vi sono tre gruppi di metodi di calcolo che si diversificano per la tipologia delle assunzioni relative alla espressione della inizialmente incognita.

Il **gruppo I** (*Spencer e Sarma I*) non fa uso della funzione interconco $f(x)$, ma $T(x)$ è espressione diretta della costante λ e di $E(x)$;

Nel **gruppo II** (*Sarma II, Morgestern & Price, Correia*) invece $T(x)$ è sempre espressione sia di λ che di $f(x)$ e di $E(x)$. Un caso particolare è il metodo Correia del gruppo II dove λ non è adimensionale come negli altri casi ma ha la dimensione di una forza distribuita secondo $f(x)$;

Mentre nel **gruppo III** (metodo *Janbu rigoroso*) è direttamente dipendente da $E(x)$ e dalla sua derivata prima rispetto a x , oltre che da altri fattori. Il metodo Janbu rigoroso non necessita né di λ né di $f(x)$ perché nella sua formulazione originale è garantita in modo automatico l'equilibrio di tutte le forze e di tutti i momenti.

9.4 Pendii in falda

Per ogni concio la pressione interstiziale alla base viene calcolata attraverso il coefficiente della pressione interstiziale alla base di ogni concio, r_{ui} che viene determinato, nel caso generico di un concio costituito da strati di materiali diversi (fig. 2.5):

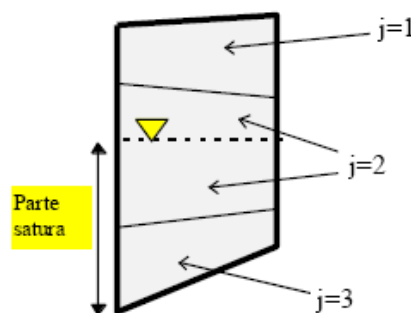


fig. 2.5

$$r_{u_i} = \frac{V_w \gamma_w}{\sum_j V_j \gamma_j} \quad (2.5)$$

dove:

j = indice dello strato che fa parte del concio i -esimo

V_w = Volume della parte di concio saturata

γ_w = Peso unitario dell'acqua

V_j = Volume dello strato j che fa parte del concio i -esimo

γ_j = Peso unitario dello strato j (peso unitario sopra falda o peso unitario saturo, se in falda)

Il Sovraccarico della colonna di acqua sopra il concio i -esimo (nel caso di scarpate sommerse),

S_{wi} è invece dato dalla seguente espressione (fig.2.6):

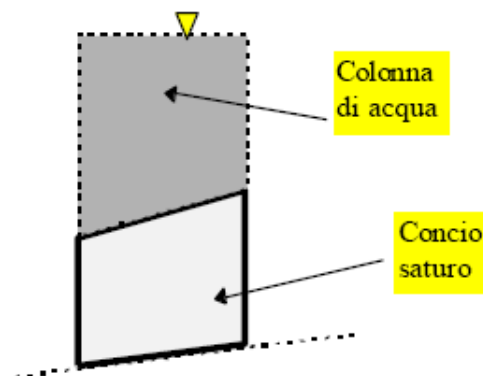


Fig. 2.6

$$S_{w_i} = V_{sw_i} \gamma_w \quad (2.6)$$

dove:

V_{sw_j} = volume della colonna d'acqua sopra il concio i -esimo.

9.5. Analisi in presenza di sisma (in ambito normativa NTC2018)

Metodo pseudostatico

L'analisi di stabilità viene fatta eventualmente anche in condizioni dinamiche (cioè in presenza di sisma) mediante il metodo pseudostatico e i coefficienti amplificatori delle azioni sismiche (coefficiente sismico).

Questa modalità è conforme alle nuove normative sismiche nazionali in vigore. Secondo le Nuove norme tecniche: **DECRETO 17 gennaio 2018 "Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni" (GU n. 42 del 20-03-2018- Suppl. Ordinario)**

In questo caso una forza sismica orizzontale viene applicata al baricentro di ogni concio e pari a $K_h W_i$ dove K_h è il **coefficiente sismico orizzontale** che è corrispondente ad una frazione del valore della accelerazione orizzontale efficace indotta dal sisma generalmente $K_h = f(a_g)$ che dipende dalle caratteristiche sismiche dell'area cioè dalla accelerazione massima orizzontale a_g (espressa in frazione di g ovvero in frazione di 9.81 m/s^2 che è la accelerazione di gravità) assunta per ciascuna sito del del territorio nazionale (si vedano la documentazione ufficiale per i valori di progetto da assumere nelle analisi di stabilità mediante il modello pseudostatico) e dai coefficienti correttivi S_a e S_t che dipendono rispettivamente dalla caratterizzazione litologica e sismica locale e dalla categoria topografica del sito nonché dal coefficiente β_a che dipende pure dalle caratteristiche dei terreni in sito, ovvero:

$$K_h = \beta_a S_a S_t a_g \quad (2.7)$$

Una determinazione approssimata di K_h secondo la eq. 2.7 può essere visualizzata con il nomogramma in figura 7.7

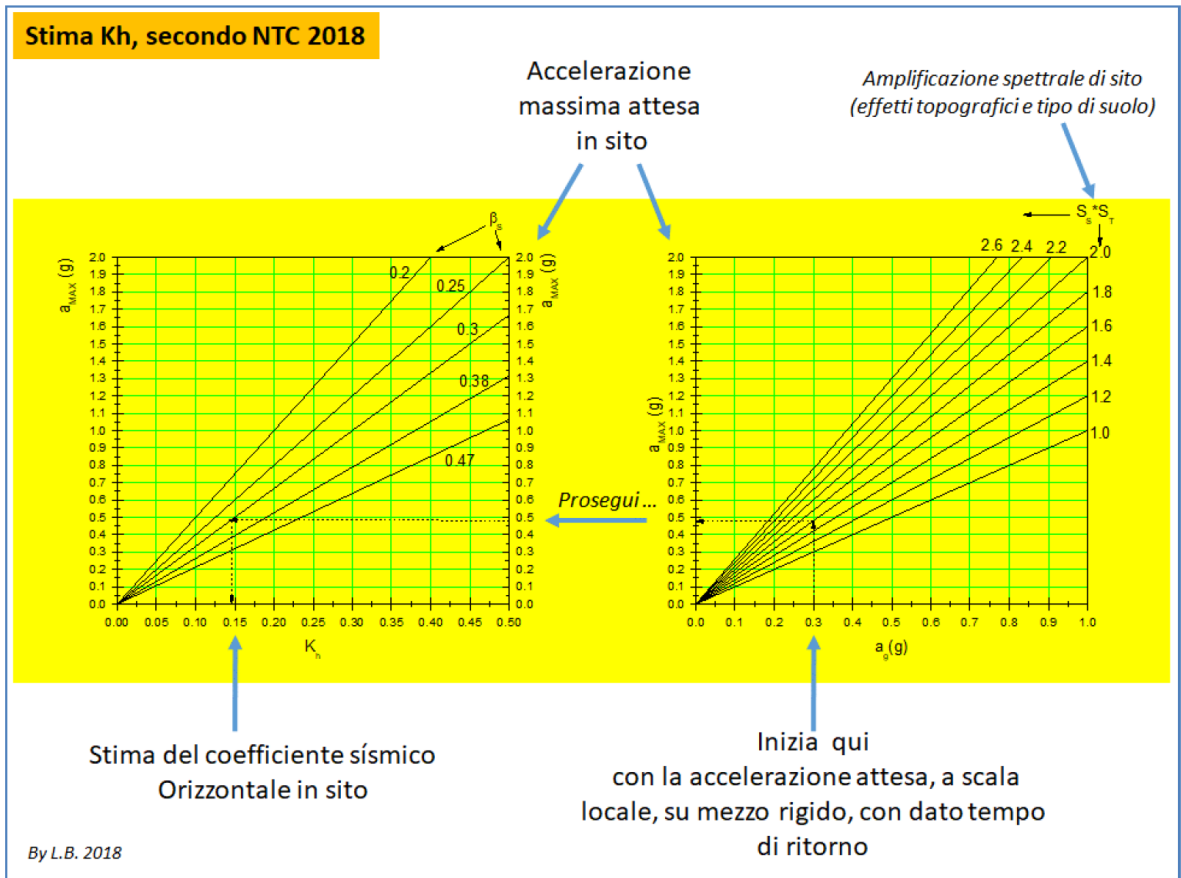


Figura 7.7

Dal nomogramma in figura 7.7 si può vedere come in generale possiamo avere un ampio spettro di amplificazione (o riduzione) delle accelerazioni attese in sito e indotte dagli effetti topografici locali e dalla classe di terreni identificati dalla NTC2018.

Questo si riflette nell'estremo campo di variazione del valore di K_h in funzione del valore assunto di :

$$K_h = 0.2 \div 1.2 a_g \quad (2.8)$$

Il **coefficiente sismico verticale** è invece assunto conformemente alla normativa sismica vigente pari alla metà del coefficiente sismico orizzontale, ovvero:

$$K_v = \pm 0.5 K_h \quad (2.9)$$

Il coefficiente sismico verticale può assumere anche valori negativi e in generale con valori di K_v negativi si ottiene, talvolta, un F_s leggermente diverso rispetto al K_v con segno positivo.

L'applicazione del coefficiente sismico, rispetto alle condizioni statiche, riduce il valore del fattore di sicurezza.

Metodo degli spostamenti

La normativa NTC2018 prevede che si possano valutare le condizioni di stabilità con il metodo degli spostamenti ovvero stimare gli spostamenti verticali indotti da un sisma di una determinata intensità locale in alternativa al metodo pseudostatico. Seguendo la definizione di Biondi et al: 2011, che è alla luce delle NTC2018 ancora pienamente valido: *"..lo studio del comportamento di un pendio in condizioni sismiche può essere eseguito mediante il metodo degli spostamenti, che permette una stima degli spostamenti permanenti indotti dal sisma. La valutazione delle condizioni di stabilità è in questo caso fornita dal confronto degli spostamenti indotti dal sisma con valori di soglia che individuano il raggiungimento di condizioni di stato limite, ultimo o di danno, per il pendio o per le opere che interagiscono con esso."* (Biondi et al.2011).

SSAP utilizza quindi il lavoro di Biondi et al. 2011 in quanto conforme a le prescrizioni della NTC2018. Biondi et al. (2011) propongono una procedura semplificata che lega il coefficiente sismico critico K_c , determinato con un metodi numerici per una determinata superficie di scivolamento, e la accelerazione massima a_{max} prevista in sito, con una stima semiprobabilistica dello spostamento atteso S_0 . Il modello proposto da Biondi el al.(2011) è altresì basato su un ampio database con un archivio con migliaia di reali (non sintetiche) registrazioni accelerometriche italiane .

In prima analisi viene quindi calcolato per la specifica superficie il valore di K_c critico che porterebbe secondo il metodo pseudostatico il pendio a $F_s=1.0$, ovvero in condizioni di stabilità critica (figura 7.8).

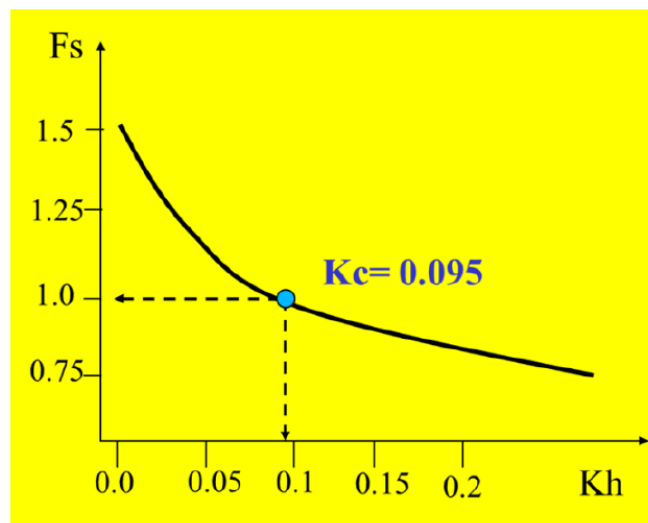


Figura 7.8

Secondo quanto indicato da Sarma (1973) è possibile esprimere il grado di stabilità del sistema mediante il valore del coefficiente Sismico orizzontale K_h che produce $F_s=1.0$. Ovvero le condizioni al limite della stabilità quando si verifica che $K_h=K_c$.

Il procedimento per determinare su una superficie singola il valore di K_c è effettuato automaticamente da SSAP qualora in condizioni statiche, per una specifica superficie di scivolamento assunta dall'utente, risulti che $F_s>1.0$.

Successivamente alla determinazione del coefficiente sismico critico K_c , viene effettuata una analisi con il metodo semiprobabilistico degli spostamenti di Biondi et al. (2011) che è sintetizzato nella figura 7.9.

Il valore degli spostamenti Normalizzati S_0 è ottenuto da una relazione di tipo statistico presente in figura 2.9 per diverse famiglie di valori di K_c . Più alto sarà il valore di K_c più basso sarà il valore di spostamento verticale normalizzato atteso per un determinato valore di a_{max}

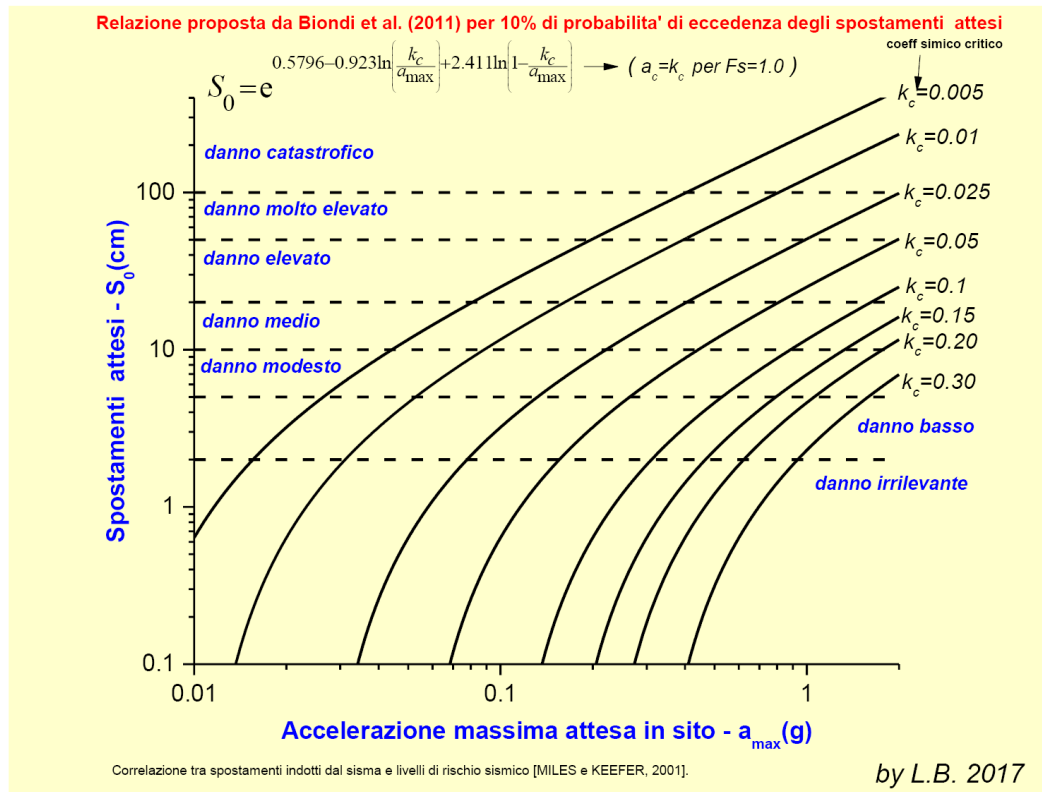


Figura 7.9

Una volta calcolato il valore S_0 il valore definitivo degli spostamenti deve essere calcolato moltiplicando S_0 per un fattore correttivo S_r che dipende dalla forma della superficie e dalla resistenza al taglio mobilizzata alla base della stessa superficie (Bandini et al. 2015).

$$S = S_0 S_r \tag{2.10}$$

dove:

S è il valore finale dello spostamento medio verticale in (in cm);

Committente
AMBRA SOLARE 20 S.r.l.
Via XX Settembre, 1
0 187 ROMA
Società del gruppo POWERIS s.r.l.
ambrosolare20srl@legalmail.it

Nuova Atlantide soc. coop. a r.l.
Località Palazzo snc
75011 Accettura (MT)
Geol. TOMMASO SANTOCHIRICO
Direttore Tecnico Geol. Antonio Dibiasi
progettazione@nuovaatlantide.com

S_o è il valore dello spostamento medio verticale normalizzato in (in cm);

S_r è il coefficiente correttivo (adimensionale) che tiene conto della forma e della resistenza la taglio mobilizzata sulla superficie (Bandini et al. 2015)

9.6 Sezioni di verifica

SEZIONE DI VERIFICA N. 1

Questa sezione è stata tracciata in direzione NW – SE in corrispondenza di una scarpata interessata da erosione calanchiva, rappresentativa dei versanti che si sviluppano a monte dell'aerale di interesse lungo il limite settentrionale dell'area.

Le caratteristiche tecniche nonché la conformazione stratigrafica sono stati definiti sulla base delle considerazioni precedentemente fatte.

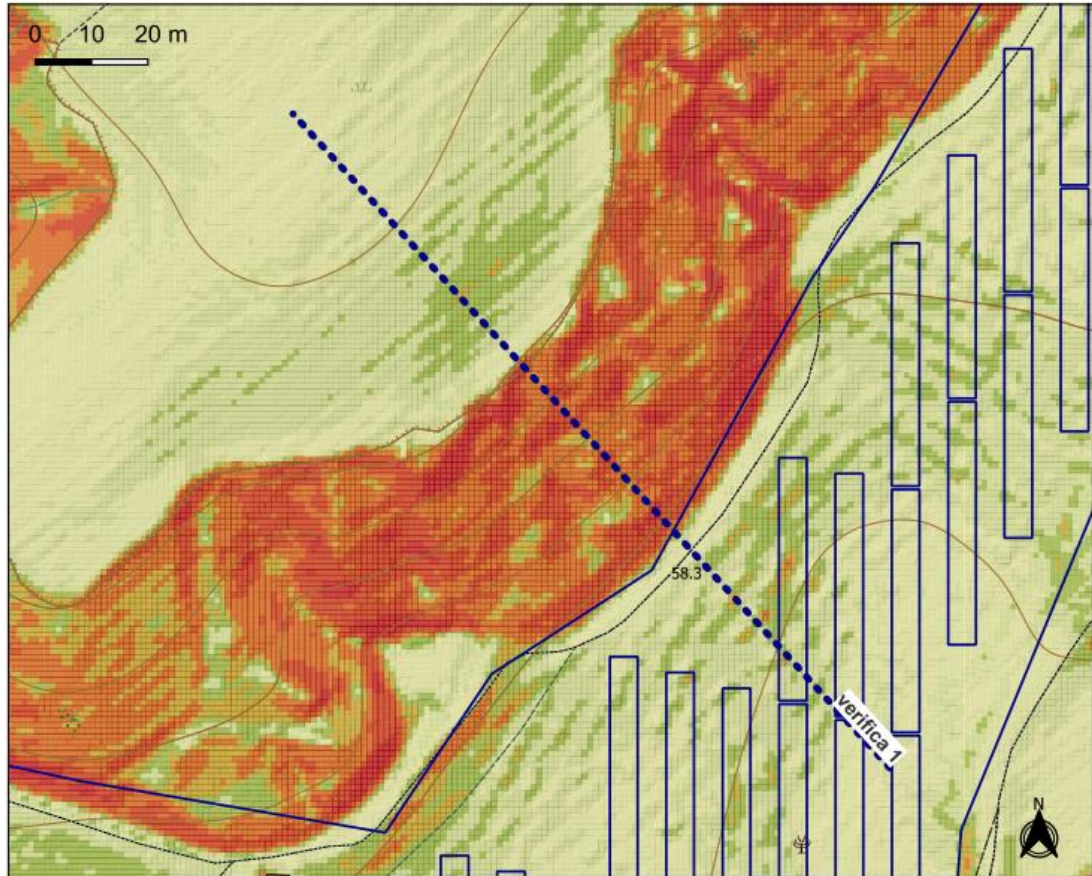
Non è stata considerata la presenza di falde acquifere in quanto la conformazione idrogeologica dei terreni non consente accumuli e non si sono tenuti in conto le caratteristiche geotecniche del substrato alluvionale in quanto ininfluenti ai fini del calcolo di stabilità per posizione geometrica nell'ambito della sezione di verifica (le alluvioni mantellano la piana posta a valle della scarpata).

I calcoli di verifica sono stati condotti in condizioni sismiche.

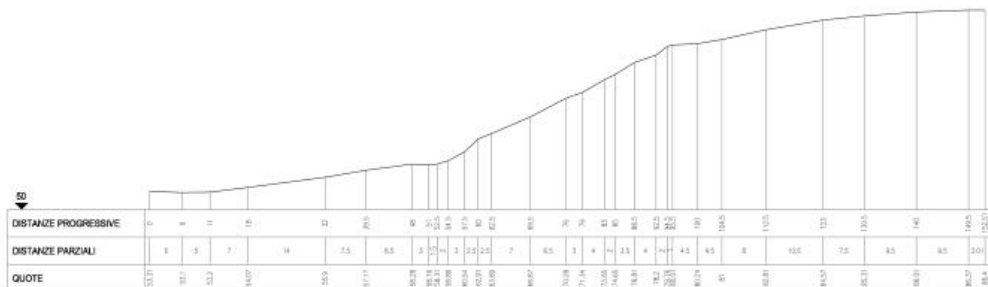
I dati di input nonché le risultanze dei calcoli di verifica eseguiti sono riportati analiticamente e dettagliatamente nelle allegate schede di calcolo (Allegato A.2.7)

Alla pagina seguente si riporta la sezione litotecnica prodotta.

SEZIONE DI VERIFICA



Sezione di verifica su carta delle pendenze (per la definizione delle classi di pendenza vedi l'allegata carta geomorfologica)



I calcoli sono stati condotti in condizioni drenate e non drenate per la verifica del comportamento del pendio sia a breve che a lungo termine.

Dalla lettura dei risultati ottenuti si evince che il coefficiente di sicurezza minimo calcolato, denota una sostanziale stabilità del pendio alle condizioni date:

di seguito i coefficienti di sicurezza calcolati:

CONDIZIONI DRENATE	
Metodologia di calcolo	Coefficiente di sicurezza minimo individuato
MORGENSTERN & PRICE, 1965	1,39
BERSELLI (2016)	1,40

CONDIZIONI NON DRENATE	
Metodologia di calcolo	Coefficiente di sicurezza minimo individuato
MORGENSTERN & PRICE, 1965	1,41
BERSELLI (2016)	1,46

Così come possibile evincere dai dati di stabilità innanzi riportati, alle cui schede di calcolo allegate si rimanda per un maggiore approfondimento riguardo alla verifica eseguita, per la sezione analizzata sono stati riscontrati coefficienti di sicurezza superiori all'unità e quindi in linea con quanto richiesto dalla normativa vigente, pertanto la scarpata è da considerarsi stabile in condizioni di progetto.

10. CONSIDERAZIONI TECNICHE SULLE LAVORAZIONI E ANALISI DELLE INTERAZIONI CON IL SUBSTRATO

Le lavorazioni previste in progetto consistono essenzialmente nel posizionamento su terreno di pannelli fotovoltaici supportati da moduli metallici, pertanto non prevedono in alcun modo sbancamenti o importanti movimentazioni di terreno che determinino variazioni della morfologia dei luoghi.

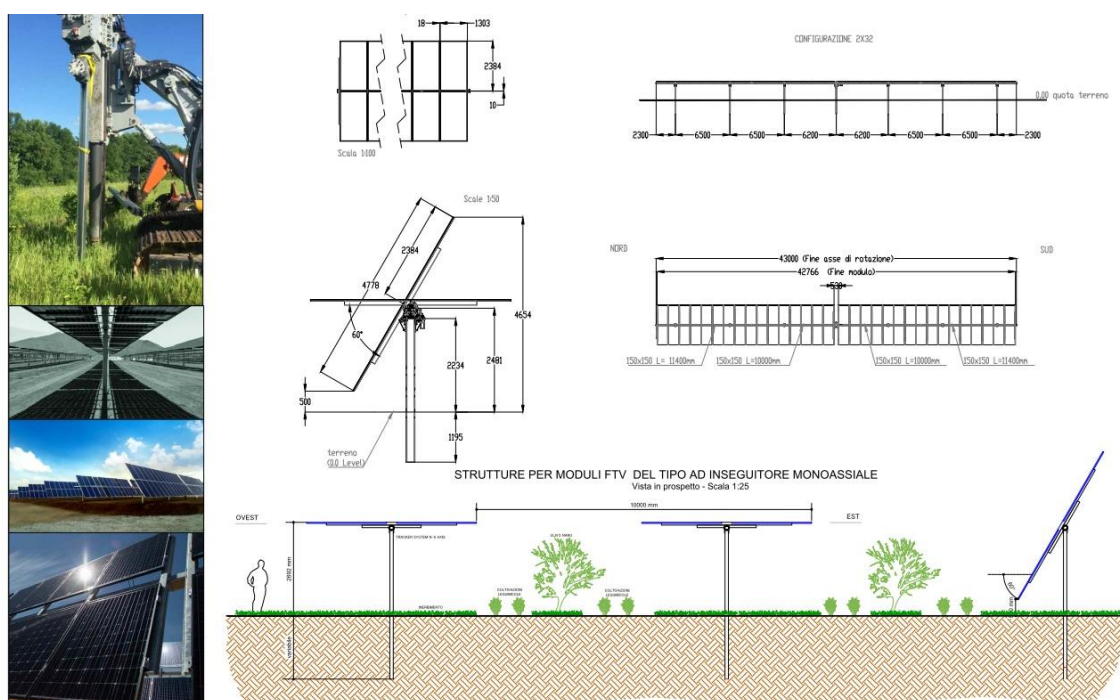


Fig. 10.1 immagini esemplificative dei moduli di montaggio dell'impianto di progetto

Gli unici scavi che risulteranno necessari saranno quelli utili al posizionamento dei cavidotti.

Alla luce di queste considerazioni si evince che le lavorazioni previste non si ripercuotono in alcun modo sulla stabilità generale dei versanti e non modificano assolutamente l'attuale distribuzione delle acque meteoriche salvo considerare la necessità di dotare gli impianti di opportuni fossi di guardia opportunamente scaricati nei canali naturali adiacenti.

11. CONCLUSIONI

Con il presente studio, sono state verificate le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e di stabilità generale dei terreni caratterizzanti un'area sita in agro di Pomarico (Potenza), in località Trincinaro, su cui è previsto UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI POTENZA NOMINALE PARI A 19.994,88 kWp

Il sito individuato si colloca in un'area censita in catasto ai fogli di mappa nn. 63 e 68

Lo studio è quindi finalizzato alla definizione delle implicazioni che le lavorazioni che si intendono realizzare avranno rispetto all'equilibrio generale dell'area su cui si esse si svilupperanno.

Sulla base di quanto riportato ai paragrafi precedenti, si evince quanto segue:

- I terreni caratterizzanti il substrato del sedime di interesse si caratterizzano essenzialmente per litologia prevalentemente psammitica, dotata di buone caratteristiche reologiche
- Le morfologie, risultano abbastanza dolci e regolari e non denotano situazioni tali da far presupporre la presenza di dissesti in atto o potenziali.
- Le lavorazioni previste in progetto consistono essenzialmente nel posizionamento su terreno di pannelli fotovoltaici supportati da moduli metallici, pertanto non prevedono in alcun modo sbancamenti o importanti movimentazioni di terreno che determinino variazioni della morfologia dei luoghi.
- La verifica di stabilità condotta per l'analisi delle condizioni di equilibrio dei versanti che dipartono in prossimità del limite settentrionale del sedime di progetto hanno evidenziato un sostanziale equilibrio dei versanti.

Pertanto, alla luce di queste considerazioni e sulla scorta di quanto detto in precedenza, si ritiene che il sito sia idoneo a garantire la fattibilità di quanto previsto nel progetto purché le opere siano realizzate tenendo conto della caratteristiche fisico meccaniche dei terreni interessati così come indicati nell'apposito capitolo precedentemente esposto e si provveda alla realizzazione di opportuni fossi di guardia a protezione degli impianti di progetto e alla sistemazione dei fossi interferenti con gli stessi attraverso il rivestimento dei canali di scolo con

Committente
AMBRA SOLARE 20 S.r.l.
Via XX Settembre, 1
0 187 ROMA
Società del gruppo POWERGIS s.r.l.
ambrosolare20srl@legalmail.it

Nuova Atlantide soc. coop. a r.l.
Località Palazzo snc
75011 Accettura (MT)
Geol. TOMMASO SANTOCHIRICO
Direttore Tecnico Geol. Antonio Dibiase
progettazione@nuovaatlantide.com

pietrame, o mediante altra soluzione capace di abbattere la capacità erosiva delle acque incanalate che potrebbe determinare danni all'impianistica di progetto.

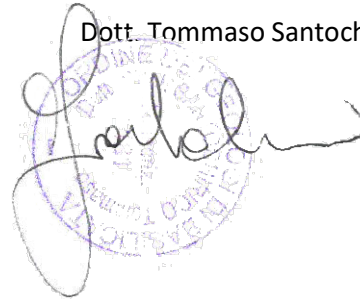
Accettura, novembre 2021



I geologi

Dott. Antonio Dibiase

Dott. Tommaso Santochirico



12. BIBLIOGRAFIA

- Carta geologica 1:50.000 - F° 507 – Pisticci (Servizio Geologico d'Italia, 2005-2006)

- Note illustrative della Carta geologica 1:50.000 - F° 507 – Pisticci (Servizio Geologico d'Italia, 2005-2006)

- Note illustrative della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 F° 201 Matera (Servizio Geologico d'Italia, 1971

- Manuale d'uso software SSAP 4.9.8 - Slope Stability Analysis Program (2018)
WWW.SSAP.EU - Build No. 10520 – BY Dr. Geol. LORENZO BORSELLI

13. SOMMARIO

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	4
3. STRATIGRAFIA GENERALE	8
3.1 Argille Subappennine	9
3.2 Coperture alluvionali recenti	10
4. GEOMORFOLOGIA GENERALE	11
5. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA DELL'AREA ...	14
6. IDROLOGIA ED IDROGEOLOGICI	16
6.1 Considerazioni sull'idrografia della zona	16
6.2 Considerazioni sull'idrogeologia della zona	20
7. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREALE DI SEDIME	21
8. SISMICITÀ DELL'AREA	24
8.1 STORIA SISMICA DELL'AREALE DI INTERESSE	28
8.2 PERICOLOSITÀ SISMICA	30
8.3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SEDIME	35
8.3 PARAMETRI SISMICI	38
9. ANALISI DI STABILITÀ'	41
9.1 Normativa di riferimento	42
9.2 Introduzione all'analisi di stabilità	42
9.3 Procedure e metodi di calcolo utilizzati	46
9.4 Pendii in falda	51
9.5. Analisi in presenza di sisma (in ambito normativa NTC2018)	53
9.6 Sezioni di verifica	59
10. CONSIDERAZIONI TECNICHE SULLE LAVORAZIONI E ANALISI DELLE INTERAZIONI CON IL SUBSTRATO.....	62
11. CONCLUSIONI	63
12. BIBLIOGRAFIA.....	65
13. SOMMARIO	66

Committente
AMBRA SOLARE 20 S.r.l.
Via XX Settembre, 1
0 187 ROMA
Società del gruppo POWERIS s.r.l.
ambrosolare20srl@legalmail.it

Nuova Atlantide soc. coop. a r.l.
Località Palazzo snc
75011 Accettura (MT)
Geol. TOMMASO SANTOCHIRICO
Direttore Tecnico Geol. Antonio Dibiasi
progettazione@nuovaatlantide.com

Allegati

Allegato A.2.2: CARTA GEOLOGICA

Allegato A.2.3: SEZIONI GEOLOGICHE

Allegato A.2.4: CARTA GEOMORFOLOGICA

Allegato A.2.5: CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Allegato A.2.6: CARTA IDROGEOLOGICA

Allegato A.2.7: SCHEDE DI CALCOLO VERIFICHE DI STABILITA' DEI PENDII

Allegato A.2.8: REPORT INDAGINI GEOFISICHE