



COMUNE DI FERRANDINA
PROVINCIA DI MATERA

PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE E
RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLE AREE URBANE
DENOMINATE SOTTO S. LUCIA E ZONA D'ONOFRIO
PER LA REALIZZAZIONE DI PARCHEGGI, AREE
CAMPER E MERCATALE

CUP: E42C22000120006 - CIG: 9343429985

STUDIO GEOLOGICO

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

Piazza P. Prosperino Gallipoli, 9
75024 - Montescaglioso (MT)
e-mail: antodibi71@gmail.com
tel/fax 0835404961 cell 3470957967/3287338268



GEOLOGO

Geol. Antonio DIBIASE

ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

TAV:

Scala:

Data:

GENNAIO
2023

REVISIONE

DATA

DESCRIZIONE

VERIFICATO

APPROVATO

0

DICEMBRE 2022

Prima emissione

A.V.

A.V.

1

2

3

1 PREMESSA

Lo studio geologico-tecnico in argomento, è volto ad accertare le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geologico-tecniche, di un'area situata nella parte NE del Comune di Ferrandina (MT), (**Tavola GE01**), su cui si prevedono **interventi di riqualificazione e rifunzionalizzazione delle aree urbane denominate sotto S. Lucia e zona D'onofrio, finalizzata alla realizzazione di parcheggi, aree camper e mercatale**. Attualmente gli areali, nell'ambito della classificazione a rischio idrogeologico, risultano classificati dall'Autorità di Bacino della Regione Basilicata come, area ASV (area soggetta a verifica) e area R2 (area a rischio medio) (**Tavola GE02**).

Tale lavoro ha consentito di analizzare ed approfondire, dal punto di vista geologico, le porzioni di territorio oggetto di interventi strutturali e per i quali è stato necessario accertare con maggior puntualità le condizioni giaciturali delle aree di sedime. L'esame di dette caratteristiche, permette di esprimere una serie di considerazioni in relazione alle opere previste, si da valutare il comportamento dei terreni affioranti dopo la realizzazione delle costruendo fabbricato.

1

L'acquisizione dei dati tiene conto:

- *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);*
- *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)*
- *Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture (GU n.29 del 04/02/2008)*
- *Legge Regionale n. 38/99 e succ. int.*
- *dell'Ordinanza del P.C.M 3274/2003*
- *(NTC 2018) di cui al DECRETO 17 gennaio 2018 "Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni" (GU n. 42 del 20-03-2018- Suppl. Ordinario)*
- *D.C.R. n. 575 del 04/08/09*
- *in ottemperanza alle norme dell'Autorità di Bacino della Basilicata riguardanti le Aree a Rischio Esondazione.*
- *nonché quanto indicato dal Gruppo Nazionale di Protezione Civile negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" e nei relativi contributi per l'aggiornamento (2008).*
- *in ottemperanza alla Legge Regionale n. 38 del 24 novembre 2020*

Al riguardo è stato svolto un rilevamento geologico e geomorfologico dell'area nonché delle indagini dirette ed indirette nei luoghi specifici eseguendo:

- *N. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo della profondità di 30.00 m;*
- *N. 2 prelievi di campioni indisturbati su cui sono state effettuate prove geotecniche di laboratorio;*
- *N. 2 prospezioni sismiche a rifrazione in onde P;*
- *N. 4 prospezioni sismiche MASW;*
- *N. 2 prove geoelettriche tipo HVRS;*

L'analisi dei dati restituiti dalle sopraindicate indagini, ha permesso di definire la geometria dei corpi affioranti, i parametri geotecnici, utili sia per le calcolazioni delle analisi di stabilità del versante, ma anche per gli ingegneri progettisti delle future opere di infrastrutturazione. I risultati dello studio, qui di seguito esposti e commentati, sono corredati, inoltre, dalle tavole ed elaborati seguenti:

ELENCO TAVOLE

❖TAVOLA GE01 COROGRAFIA	(scala 1:25000)
❖TAVOLA GE02 PIANO STRALCIO PER LA DIFESA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO	(scala 1:2000)
❖TAVOLA GE03 CARTA UBICAZIONE INDAGINI	(scala 1:2000)
❖TAVOLA GE04 CARTA GEOLOGICA	(scala 1:2000)
❖TAVOLA GE05 SEZIONI GEOLOGICHE	(scala 1:1000)
❖TAVOLA GE06 CARTA DELLE PENDENZE	(scala 1:2000)
❖TAVOLA GE07 CARTA GEOMORFOLOGICA	(scala 1:2000)
❖TAVOLA GE08 CARTA IDROGEOLOGICA	(scala 1:2000)
❖TAVOLA GE09 SEZIONI LITOTECNICHE	(scala 1:1000)

ELENCO ELABORATI

❖ELABORATO GEL01 STRATIGRAFIE	(scala 1:100)
❖ELABORATO GEL02 ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO	
❖ELABORATO GEL03 INDAGINI GEOFISICHE	
❖ELABORATO GEL04 ANALISI DI STABILITA' DEI VERSANTI	

2 PIANO STRALCIO PER LA DIFESA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico, redatto ed adottato dall'Autorità di Bacino Interregionale della Basilicata (aggiornamento novembre 2021), riporta nel territorio del Comune di Ferrandina varie aree a Rischio Idrogeologico a differente pericolosità di rischio frana.

Queste aree interessano estesamente i terreni di sedime, così come risulta dalla **Tavola GE02** Carta del Rischio Idrogeologico, in quanto rientrano nella categoria R2 ed ASV, ovvero quella a rischio medio e area soggetta a verifiche. Pertanto gli interventi che si andranno a prevedere, nel caso della **Zona sotto S. Lucia**, risulteranno indispensabili al fine di poter salvaguardare il versante dell'abitato in quella porzione di territorio riqualificando e rifunzionalizzando per gli interventi previsti (vedi figura 1). Mentre l'area **Zona d'Onofrio**, come è possibile vedere dalla figura 1, non presenta alcun tipo di rischio.

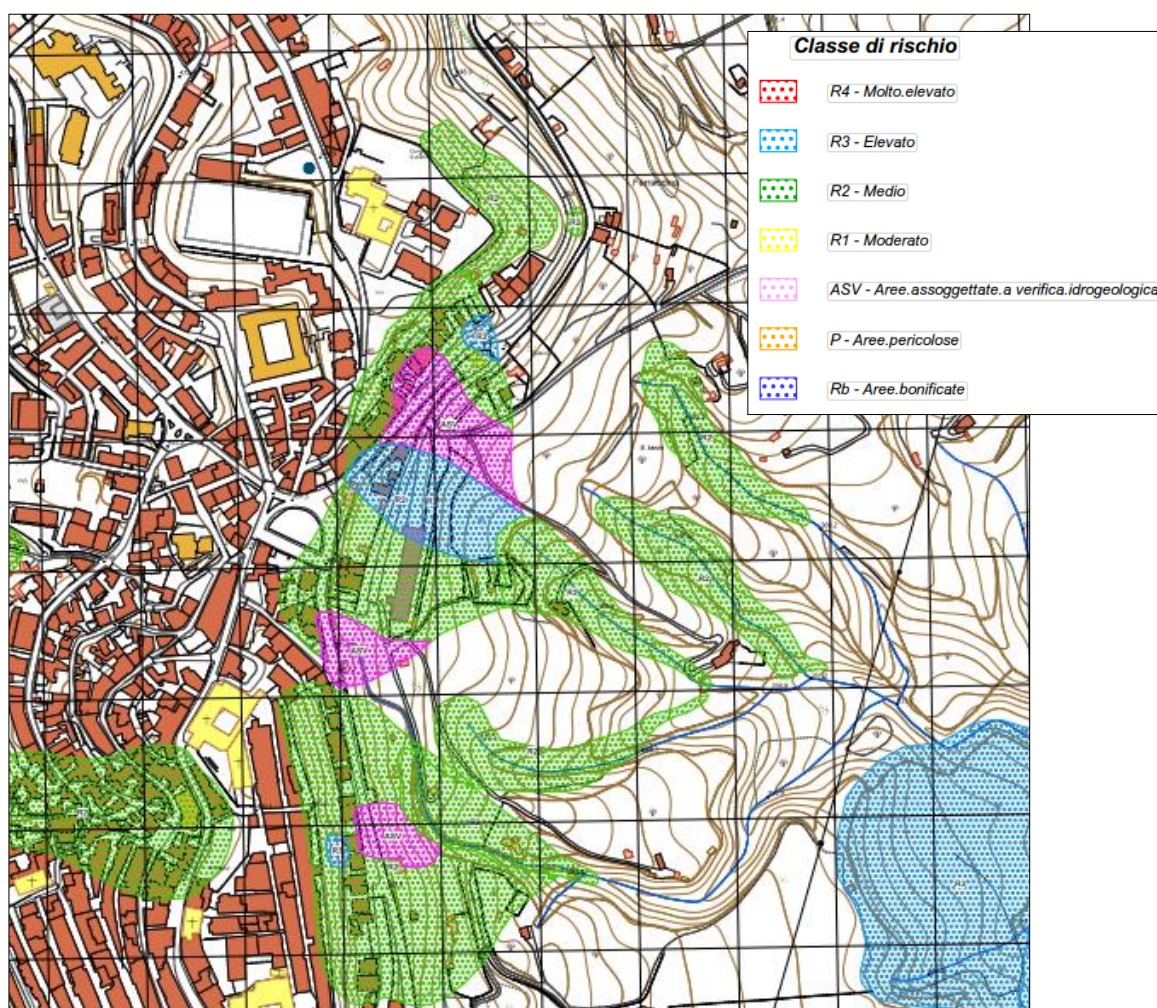


Figura 1 Stralcio Carta del Rischio Idrogeologico. In evidenza il versante oggetto di intervento

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di intervento si colloca in agro del Comune di Ferrandina (MT), ai margini del limite nord orientale del centro abitato (**Tavola GE01**). Il territorio di Ferrandina (MT) è situato nella porzione meridionale della Fossa Bradanica su di una collina contornata da forme morfologiche relativamente giovani in cui i fattori esogeni hanno contribuito e contribuiscono all'evoluzione del territorio e dei suoi versanti. I luoghi appena descritti presentano una predisposizione naturale al dissesto idrogeologico, che ha origine proprio dalla facile erodibilità dei terreni, in cui le sabbie, vengono facilmente erose dall'acqua, dal vento, dagli agenti atmosferici in genere, dall'accentuata pendenza dei versanti, dalla irregolarità delle precipitazioni atmosferiche, dalla presenza della falda acquifera a piccola profondità che fa da lubrificante sugli strati argillosi dando origine a movimenti franosi.

Inoltre, su questa situazione, **in particolare nella Zona sotto S. Lucia**, già precaria per fattori naturali, ha agito ed agisce, molto spesso, l'uomo che, spinto purtroppo dalla necessità della sussistenza ha messo a coltura tutti i terreni operando dissodamenti e disboscamenti spesso irrazionali, abbandonando successivamente gli stessi terreni, attratto dalla civiltà industriale. In questo contesto, l'area di intervento si sviluppa sul versante NE del Centro abitato di Ferrandina su cui sono presenti due firrenti zone: la zona del vecchio campo sportivo un antico corpo di frana quiescente generatosi per meccanismi rototraslazionali e che oggi si possono riattivare minando la stabilità non solo delle pendici ma anche delle infrastrutture ivi presenti; delle abitazioni e di interi settori dell'abitato.

Completamente diversa la situazione **Zona D'Onofrio**. In questo caso l'area ricade all'interno del primetro urbano e non mostra alcun segno di rischio, ovviamente le opere che si intendono realizzare, dovranno tener presente della attuale morfologia esistente nonché della presenza di numerose cavità, adibite a locali cantina attualmente presenti nella zona sottostante via Lanzillotti.

Le foto che seguono mostrano le due aree con evidenziate alcune delle zone interessate dagli interventi.

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE



5



3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE



Studio Tecnico di Geologia

Dott. Antonio Dibiase

Piazza P.P. Gallipoli, 9 – 75024 Montescaglioso (MT)

Tel/Fax 0835404961 cell. 32877338268 e-mail: antodibi71@gmail.com

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE



Foto 5 panoramica dell'area sotto zona D'Onofrio



Foto 6 lato destro sotto Zona D'Onofrio
(con ubicazione cantine)



Foto 7 lato sinistro Zona D'Onofrio
(con ubicazione cantine)

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO TETTONICO

La configurazione geologica odierna della Basilicata è il risultato di imponenti deformazioni tettoniche orogenetiche dell'appennino meridionale che hanno determinato accavallamenti e traslazioni di masse rocciose e terrigene, anche di notevolissime proporzioni, da Ovest verso Est, con complessiva contrazione spaziale. I tre domini del sistema orogenico sono:

- la Catena rappresentata dall'Appennino Campano-Lucano
- l'Avanfossa rappresentata dall'Avanfossa Adriatica
- l'Avampaese rappresentata dalla regione Apulo-Garganica

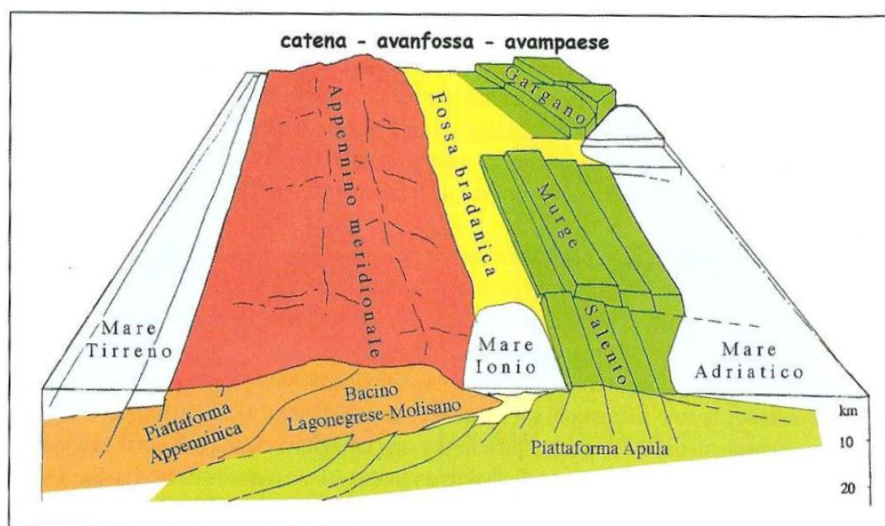
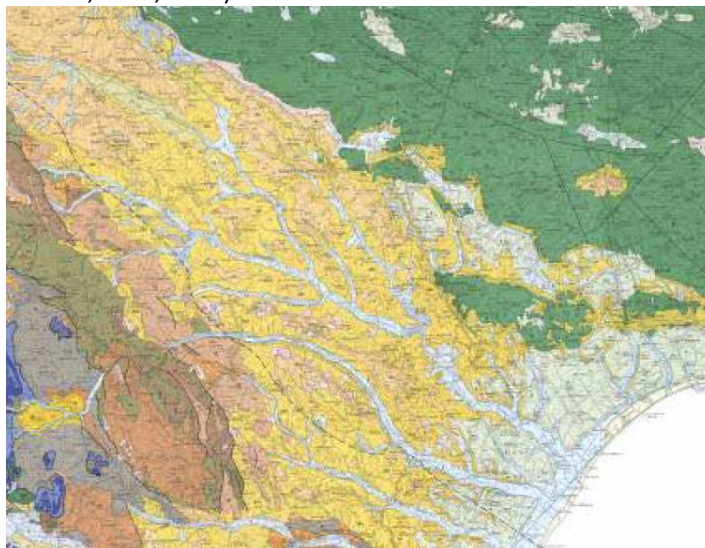


Figura 2 Schema Geologico tridimensionale ed in pianta dell'Italia meridionale (da Funciello ed al., 1991, mod.)



4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

Il territorio comunale di Ferrandina ricade lungo il fronte dell'appennino nella zona di passaggio fra le coltri appenniniche e il dominio di avanfossa. Si tratta pertanto di una zona caratterizzata dalla presenza di una serie di trust tettonici che si interpongono ai sedimenti plio-plestocenici.

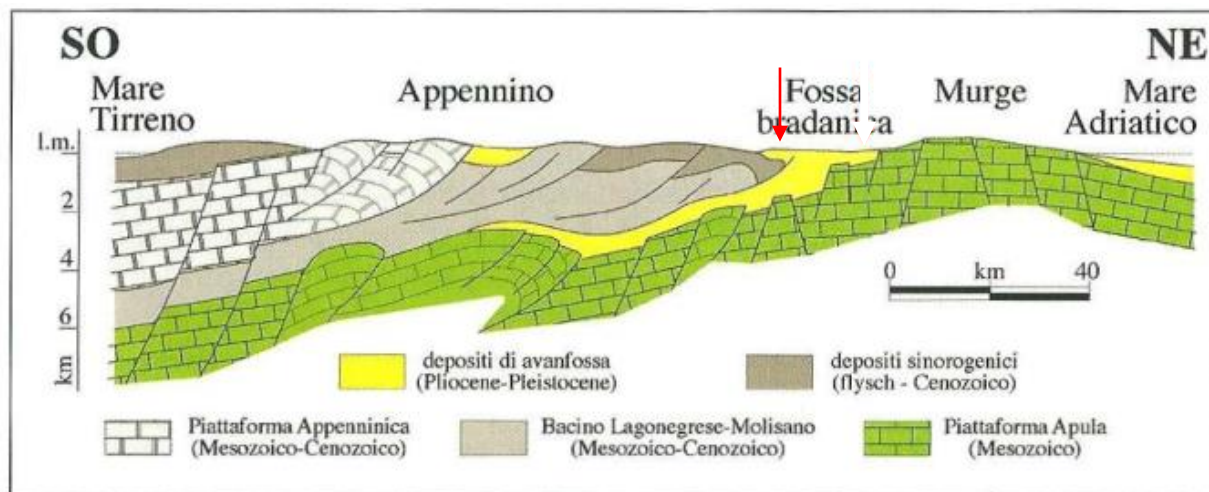


Figura 3 Sezione verticale del sistema Catena-Avanfossa-Avampaese dell'Appennino Meridionale con ubicazione del comune di Ferrandina

La zona oggetto del presente lavoro è situata nel settore meridionale della Fossa Bradanica.

La Fossa Bradanica è un bacino di sedimentazione terrigena plio-pleistocenica compresa ad ovest dalla catena appenninica meridionale e ad est dal Gargano e dalle Murge: costituisce una vasta depressione allungata da NO a SE.

La sua storia tettonico- sedimentaria va inquadrata nel più ampio contesto evolutivo catena –avanfossa –avampaese che, sviluppatosi a causa della subduzione con retroflessione verso E della placca adriatica (per trazione gravitativa secondo Royden et alii., 1987; per opposizione al flusso nel mantello secondo Doglioni, 1991), attraverso successive fasi deformative migra progressivamente verso E-NE durante il Plio-Pleistocene (Ciaranfi et alii., 1979; Casnedi, 1988).

La *Fossa Bradanica* inizia ad individuarsi nel Pliocene inferiore (Ciaranfi, et alii. 1979), prima in Abruzzo poi, via via fino in Lucania (Casnedi,1988); in tale periodo essa è sede di un bacino di sedimentazione marino, di cui non è possibile valutare l'ampiezza a causa della contemporanea e successiva traslazione delle coltri appenniniche nel bacino.

L'avanzamento delle coltri appenniniche verso oriente si realizza contemporaneamente alla migrazione verso est dell'asse dell'Avanfossa (Casnedi, 1988); sulle coltri in movimento possono venirsi ad

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

individuare tipici bacini di “*piggy-back*” caratterizzati da sedimentazione silico-clastico.(Boccaletti et alii.,1990).

La sedimentazione marina, che interessa l’avanfossa nel pliocene, si interrompe in seguito ad una intensa fase tettonica “medio-pliocenica”, per riprendere alla fine del pliocene medio, in seguito ad una forte subsidenza provocata da una serie di faglie distensive, di direzione NW-SE, nel substrato carbonatico dell’avampaese.

Durante il Pleistocene medio e superiore una serie di ripetute regressioni, succedutesi a brevi intervalli, conduce il mare verso le attuali linee di costa adriatiche e ioniche, come documentato dalla presenza dei vari ordini di terrazzi marini e fluviali nell’entroterra del golfo di Taranto.

Dal Siciliano in poi la *Fossa Bradanica* subisce un generale sollevamento dovuto ad aggiustamenti isostatici e agli effetti smorzati dell’orogenesi appenninica; ciò porta alla sedimentazione della parte regressiva del ciclo bradanico e a quella dei depositi marini terrazzati.

L’entità del sollevamento subito dal settore di avanfossa si aggira in media sui 700 mt. presso il bordo appenninico e sui 350 mt. presso quello murgiano.

La *Fossa Bradanica*, ormai delineata, risulta limitata ad ovest dal fronte dei *thrust* appenninici, ad est da depositi della piattaforma apula; essa, solo marginalmente interessata dalla tetto-genesi appenninica, è ribassata verso SW da sistemi di faglie distensive.

Nell’Italia meridionale, nel settore che comprende Campania, Basilicata e Puglia, sono presenti i tre domini di un sistema orogenico adriatico-vergente: la catena, rappresentata dall’Appennino campano-lucano; l’avanfossa adriatica meridionale, rappresentata dalla fossa bradanica e l’avampaese apulo, rappresentato dalla regione apulo-garganica.

La successione marina più estesa e più recente della *Fossa Bradanica*, è riferibile al Plio-Pleistocene; poggia in trasgressione sui calcari mesozoici, sui depositi di catena ed in parte anche sui depositi di avanfossa più antichi.

Tra i depositi del più recente dei cicli deposizionali vengono riconosciute due successioni: una che affiora lungo il margine appenninico e una lungo il margine murgiano.

La prima è imbasata su termini di coltri alloctone, messe in posto durante la fase tettonica “mediopliocenica”.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

Vi si distinguono depositi riferibili a due cicli sedimentari, separati da una lacuna stratigrafica evidenziata da una netta discordanza angolare, di cui quello basale in posizione parautoctona. Quest'ultimo, riferito al pliocene inferiore, è costituito dal basso verso l'alto da marne ed argille sabbiose e da sabbie ed argille siltose azzurre, con lenti conglomeratico-sabbiose (Ciaranfi et alii., 1979).

Il secondo ciclo, riferito al pliocene superiore –Pleistocenica medio è costituita dalla successione della fossa bradanica in senso stretto.

I terreni di apertura di questo ciclo sono rappresentati dai “sabbioni di Garaguso” sul lato appenninico e dalle “*Calcareni di Gravina*” sul lato murgiano.

I primi sono costituiti da sabbioni calcarei scarsamente coerenti in banchi, a luoghi stratificati, macrofossiliferi. Presentano conglomerati poligenici alla base e a varie altezze.

Le “*Calcareni di Gravina*” sono di colore bianco giallastre fossilifere più o meno cementate ; possono presentare alla base un letto conglomeratico calcareo debolmente cementato.

Il ciclo è completato dalle “*Argille Subappennine*” , dalle “*Sabbie di Monte Marano*” e si chiude con il “*Conglomerato d'Irsina*”, nella parte appenninica e con le “*Calcareni di Monte Castiglione*” in una ristretta area pedemurgiana.

Le argille risultano marnose e siltose di colore grigio azzurre. La frazione sabbiosa è però sviluppata nella parte più recente della formazione dove può dar luogo ad alternanze sabbioso-argillose o cospicui letti di sabbie. E' la formazione più sviluppata di questo ciclo (oltre 1000 m.)

Le “*Sabbie di Monte Marano*” sono costituite da sabbie gialle quarzose calcarifere, a luoghi cementate; hanno una grana media e fine e la stratificazione in sottili letti cementati (spessore qualche centimetro) è riscontrabile solo in alcuni casi. In corrispondenza del passaggio al soprastante “conglomerato d'Irsina” la frazione grossolana aumenta fino ad avere dei veri e propri livelli ghiaiosi.

Il “*Conglomerato di Irsina*” si presenta poligenico di colore rossastro con intercalazioni sabbiose. La matrice è sabbioso –calcareo; la frazione sabbiosa a volte forma lenti o orizzonti intercalati ai termini conglomeratici.

Le “*Calcareni di Monte Castiglione*” hanno granulometria grossolana, compatta e sono di colore giallo rosata. Nella serie sedimentaria della *Fossa Bradanica* si trova intercalata una colata a forma di cuneo inserita nei depositi argillosi, che non è altro che un complesso alloctono indifferenziato comprendente lembi di formazioni pre-plioceniche. Questo complesso presenta anche una copertura alloctona,

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

rappresentata dal conglomerato di Tempa San Lorenzo e dalle “Argille Subappennine”. Il primo ad elementi marnoso-arenaci con lenti di sabbia; ha matrice sabbioso-argilloso. Le seconde presentano invece sottili livelli sabbiosi e probabilmente sono eteropiche con il conglomerato sopra citato.

Nella parte sud-orientale della Fossa Bradanica si osservano sette ordini di depositi marini terrazzati trasgressivi sulle “Argille Subappennine”, di età pleistocenica medio-superiore.

Seguono spostandosi verso il mare prima la piana costiera, formata da limi e limi sabbioso olocenici, e poi la spiaggia sabbiosa caratterizzata da vari cordoni dunari.

Infine, sui fianchi e sul fondo delle principali valli fluviali, sono presenti depositi alluvionali pleistocenici ed olocenici.

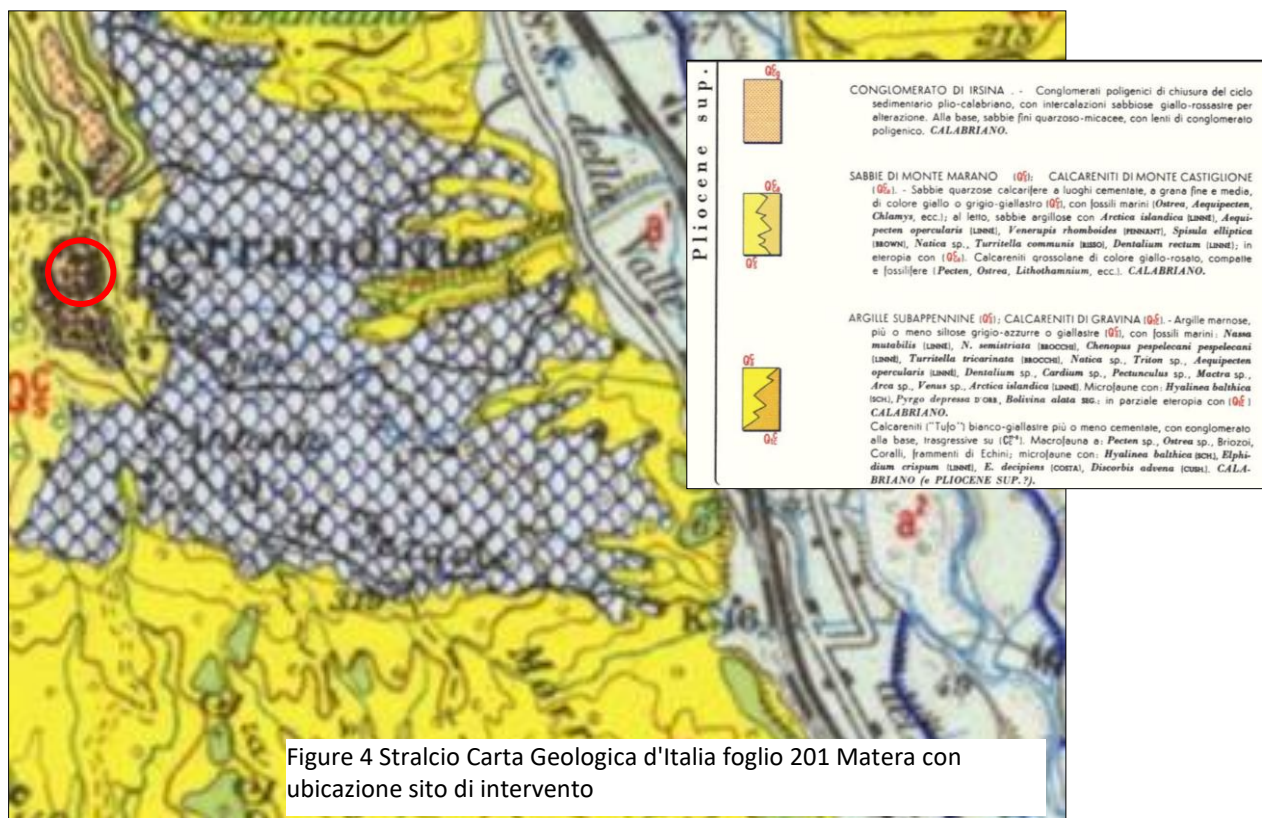


Figure 4 Stralcio Carta Geologica d'Italia foglio 201 Matera con ubicazione sito di intervento

L'evoluzione della Fossa Bradanica può essere descritta attraverso le sezioni palinspastiche rappresentate dalla figura n. 2 e 3. Queste nel loro complesso mostrano la successione degli eventi geologici (fasi tettoniche-sedimentarie e concomitanti migrazioni di bacini) di importanza regionale che hanno interessato l'area studiata dal Pliocene ad oggi (Ciaranfi N., Maggiore M., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G., Walsh N., 1979).

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

All'inizio del Pliocene si verificò un abbassamento del substrato carbonatico nel settore sud-occidentale dell'area, che provocò una ingressione marina che successivamente estesa verso NE. In tal modo si creò un bacino subsidente caratterizzato da sedimentazione terrigena con apporti appenninici, su fondali poco profondi. L'abbassamento fu provocato da un sistema di faglie, prodottesi nel substrato carbonatico, ad andamento appenninico con rigetti modesti a SW; queste faglie furono attive anche durante la sedimentazione. Nel pliocene medio seguì una breve fase di sollevamento che portò all'emersione di gran parte dell'area precedentemente sommersa

Alla fine del pliocene medio, per tutto il pliocene superiore e parte del pleistocene inferiore, una importante fase tettonica di abbassamento del substrato carbonatico (connessa ad una riattivazione delle faglie preesistenti ed alla formazione di nuove faglie) provocò una estesa migrazione del bacino e della relativa linea di costa verso NE. Il bacino fu caratterizzato da notevole subsidenza, compensata da sedimentazione terrigena. Verso la fine del pleistocene inferiore) gran parte dell'area è emersa per effetto di un sollevamento a scala regionale, più intenso sul lato appenninico. L'intero territorio iniziò ad assumere l'attuale assetto tettonico e la parte emersa a mostrare l'aspetto fisiografico odierno.

13

Dal pleistocene superiore ad oggi è continuato il generale sollevamento, anche in questo periodo più intenso sul lato appenninico. Tale sollevamento è stato accompagnato da riattivazione di faglie nonché da formazioni di nuove dislocazioni di minor rilievo; queste ultime sono rappresentate di norma da faglie dirette. Il sollevamento è avvenuto in più fasi ed ha determinato stasi nella generale regressione del mare Pleistocenico verso l'attuale linea di costa.

I maggiori eventi tettonici, di cui si accennava prima, si sono avuti sul margine appenninico dove i depositi della *Fossa Bradanica* raggiungono quote di 600 m.

Un altro basculamento è avvenuto da NO verso SE, concomitante con la regressione marina avvenuta nella stessa direzione. I depositi marini terrazzati tirreniani situati a differenti quote lungo la costa ionica sono una prova evidente del sollevamento differenziale E-O della Fossa Bradanica.

Dal punto di vista tettonico l'area della Fossa Bradanica meridionale può essere divisa in due parti:

- la murgia di Matera e di Laterza dove prevalgono per estensione di affioramento i calcarei cretacei,
- la zona collinosa interna, nella quale affiorano quasi esclusivamente depositi clastici plio-pleistocenici.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

La zona oggetto di studio ricade in questa seconda area ove l'assetto tettonico risulta relativamente semplice. La natura prevalentemente argillosa dei depositi della Fossa Bradanica, non favorisce il riconoscimento delle formazioni da cui i depositi stessi sono interessati.

Soltanto in alcuni luoghi è possibile osservare le inclinazioni delle *Argille Subappennine*, nonché i contatti fra le argille e le calcareniti di Gravina. Dove questo è possibile le formazioni mostrano un assetto monoclinale debolmente immerso verso S.E dell'intera successione.

Tutta l'area è stata, comunque, interessata da un graduale sollevamento (più intenso al bordo appenninico, e subordinatamente anche quello murgiano) che si è protratto fino ai tempi recenti. Con la fine del Calabriano (fine della deposizione del ciclo marino bradanico) è iniziata l'emersione del fondo della Fossa Bradanica a causa forse di un sollevamento in blocco dell'area.

In questo periodo, in cui si sono succeduti brevi fasi di arresto nel sollevamento (combinato con le oscillazioni eustatiche del livello del mare), si è deposta la serie dei terrazzi marini e di quella alluvionale. I terrazzi postcalabrianici hanno subito modesti sollevamenti differenziali più marcati nella parte sud-occidentale (lungo il margine appenninico). In conseguenza di questo movimento i depositi plio-calabrianici (in origine debolmente inclinati a S.E. verso il mare) mostrano oggi una leggera inclinazione Nord orientale. Queste differenti inclinazioni dei terrazzi marini fa pensare che lungo il fondovalle del Bradano passa quindi l'asse di una molto blanda sinclinale asimmetrica.

14

4.1 CARATTERI GEOLOGICI LOCALI

Al fine di comprendere l'esatta distribuzione areale dei litotipi affioranti, si è eseguito un rilievo geologico di dettaglio, sono state analizzati ed interpretati gli studi presenti sull'area ed infine è stata eseguita una indagine diretta ed indiretta utile a definire i rapporti stratigrafici fra le diverse formazioni affioranti, le cui ubicazioni sono riportate nella **Tavola G03**.

Infine i risultati ottenuti dalla campagna di indagini sono stati restituiti in forma cartografica nelle **Tavole G04, G05 e G06**.

Di seguito invece vengono meglio esplicitati i terreni rilevati nell'area di sedime, dal basso verso l'alto:

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

4.1.1 – ARGILLE MARNOSE E SILTOSE DI COLORE GRIGIO-AZZURRE (ARGILLE SUBAPPENNINE)

Sono i termini che con maggiore potenza hanno contribuito al colmamento della Fossa Bradanica. Affiorano prevalentemente lungo tutte le pendici dell'abitato di Ferrandina.

La sedimentazione delle argille è avvenuta in gran parte su fondali marini di bacino e/o di scarpata.

Le suddette argille poggiano, in continuità di sedimentazione, sulle sottostanti “*Calcareni di Gravina*”, rappresentando quest'ultimo il termine batimetricamente più profondo del ciclo della Fossa Bradanica.

Dal punto di vista litologico sono costituite da argille marnose e siltose di colore grigio-azzurro nei termini più bassi e giallastro-grigio nei termini di passaggio alle sovrastanti “sabbie di Monte Marano”, con presenza di fossili marini. In genere non presentano una stratificazione distinta, per cui a volte è difficile individuarne gli assetti. A luoghi è possibile osservare dei livelli argillosi giallognoli più cementati e più resistenti agli agenti erosivi: si tratta dei livelli marnosi che sono intercalati nella successione argillosa.

La formazione argillosa raggiunge in affioramento uno spessore di qualche centinaio di metri (Jaboli & Roger, 1952; Migliorini, 1952; Crostella & Strocchi, 1969). La parte affiorante delle argille è riferita, in letteratura, al Pliocene inferiore-Calabriano (Moroni, 1967; Lentini, 1971) per la presenza di abbondante fauna sia micro che macro; le associazioni a microfossili più significative, *Hyalinea* (*Anomalina*) *Balthica* (Schroeter) *Arctica islandica* (Linnè) e *Globorotalia truncatulinoides* indicano età compresa tra il Pliocene superiore e la parte bassa del Pleistocene inferiore. Il paesaggio della zona in cui affiora questa formazione si presenta con dolci rilievi collinari allungati da NW a SE che si abbassano verso il mar Ionio, separati dal fiume Bradano e dai corsi minori.

Questi rilievi assumono forma tabulare, con fianchi a pendenze variabili per influssi litologici e strutturali. Le forme a gobbe arrotondate sono invece tipiche delle zone in cui i fenomeni erosivi hanno asportato la copertura. Le aree a calanchi costituiscono dei particolari morfologici non essendo molto diffuse. Osservazioni di campagna hanno mostrato che i fianchi di alcuni rilievi sono coperti da lembi residui di un manto detritico sabbioso-conglomeratico dello spessore di qualche metro.

Queste coperture detritiche, provenienti dallo smantellamento delle parti sommitali dei rilievi o anche dai vecchi accumuli di frana, sono incise da solchi calanchivi che raggiungono e scavano profondamente le sottostanti “Argille Subappennine”.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

4.1.2 – SABBIE GIALLE QUARZOSO MICACEE/SABBIE FINI ARGILLOSE (SABBIE DI MONTE MARANO)

Rappresentano il primo termine regressivo del ciclo della *Fossa Bradanica*. La loro deposizione è legata a fenomeni di superficializzazione regionale. Dal punto di vista litologico si tratta di sabbie a grana medio e fine quarzose calcaree incoerenti di colore bruno-giallastre con numerosi frammenti di fossili marini. All'interno, talvolta, possono esserci livelli arenacei centimetrici. In concordanza con le "Argille Subappennine", giacciono in assetto orizzontale e sono riferibili al Pleistocene inferiore (Ricchetti 1965).

Il passaggio da argille a sabbie indica l'evoluzione da ambiente di piattaforma a neritico-litorale. Dove le sabbie sono di natura calcareo-silicatiche ci può essere stato per la parte calcarea un contributo della sedimentazione locale, con deposizione di granuli calcarei di origine biochimica, invece la componente silicatica deriva, quasi certamente, da apporti provenienti dalla catena appenninica similmente alle "Argille Subappennine".

Affiorano nella parte medio-sommitale del rilievo e rappresentano,

unitamente ai conglomerati di Irsina, le litofacies regressive del ciclo sedimentario plio-pleistocenico.

La litofacies di cui si compone la formazione sono molto variabili e vanno dalle sabbie calcareo-quarzose alle sabbie argillose giallastre ed ocracee, per finire a livelli arenitici e conglomeratici. Lo spessore complessivo risulta mediamente valutabile intorno ad 80 m.

La stratificazione risulta in genere abbastanza marcata, specie nei punti dove sottili intercalazioni argilloso-marnose e livelletti di arenarie tenere (sabbie cementate) separano le bancate sabbiose.

Le sabbie sono interessate, inoltre, da accentuati fenomeni di stratificazione incrociata e di discordanze angolari tra strati litologicamente differenti (sabbie-arenarie), appartenenti alla medesima formazione sabbiosa.

Tali strutture sedimentarie sono in genere ben esposti ovunque affiori la roccia sana e non coperta o alterata dagli agenti erosivi, come nelle scarpate di frana, negli scavi e nelle cavità artificiali che circondano l'abitato di Ferrandina.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

4.1.3 - DEPOSITI GHIAIOSI IN MATRICE SABBIOSO-LIMOSA (CONGLOMERATI DI IRSINA)

Il ciclo regressivo Bradanico, che produce strutture sedimentarie tabulari, è completato, generalmente, da un livello topograficamente più elevato costituito da terreni grossolani di natura ghiaiosa in matrice sabbioso-limosa rossastra per alterazione molto intensa, fino quasi alla ferrettizzazione.

Nella zona dove il livello conglomeratico risulta integro nelle sue strutture deposizionali, si presenta in concordanza angolare con le sottostanti sabbie. I materiali grossolani, pur non avendo tutte le caratteristiche tessiturali e stratigrafiche dell'unità tipo, possono essere associati ai conglomerati di chiusura del ciclo regressivo della Fossa Bradanica (Conglomerati di Irsina) che occupano le zone alte dei rilievi collinari. I conglomerati presentano ancora la struttura tabulare dei sedimenti appartenenti al ciclo sedimentario già citato. L'età dei conglomerati è comunemente ritenuta Calabriana, e la loro composizione è poligenica con ciottoli da sub-arrotondati ad appiattiti di dimensioni variabili.

I ciottoli appiattiti si presentano iso-orientati evidenziando una stratificazione inclinata con immersione SE SSE. All'interno sono presenti lenti di arenaria sub-orizzontali, con spessori decimetrici e lenti di sabbia debolmente limose con spessori anch'essi decimetrici.

17

Trattasi di conglomerati poligenici ed eterometrici, in strati e/o banchi. I clasti, ben arrotondati e provenienti dal disfacimento di formazioni appenniniche, risultano immersi in una matrice sabbioso-calcareo. A luoghi si rinvencono orizzonti o lenti di sabbie. Il grado di cementazione è medio, il colore è giallo bruno-marroncino. Lo spessore massimo affiorante del conglomerato non supera localmente i 4-6 metri..

Presentano assetto giaciturale suborizzontale con debole inclinazione verso NE. Essi caratterizzano, come accennato, la parte intermedia del versante in esame e rappresentano il termine di chiusura del ciclo sedimentario della Fossa Bradanica.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

4.1.4 - DETRITI DI FRANA

I prolungati processi di smantellamento, dovuti a processi erosivi e

franosì che hanno interessato la porzione sommitale conglomeratico- sabbiosa, hanno determinato il formarsi di un'ampia e spessa coltre detritica, rastremata lungo i fianchi ed accumulata a valle dove può raggiungere spessori molto forti.

Tali coltri rappresentano, in genere, un ammasso eterogeneo a componente sabbioso-limosa prevalente, con aliquote dei due termini variabili da punto a punto; non mancano nell'insieme blocchi conglomeratici di grosse dimensioni, staccatisi dalla sommità della collina.

L'accumulo, in genere sciolto o dotato di scarso addensamento, include sempre un abbondante scheletro ghiaioso ad elementi con spigoli arrotondati e, localmente, come detto, grandi blocchi di conglomerato.

Lo spessore massimo di tali accumuli non supera i 5 m, così come verificato attraverso i sondaggi integrativi ubicati in prossimità del deposito in parola. Per maggior approfondimenti si rimanda alle

Tavole GE04 E GE05

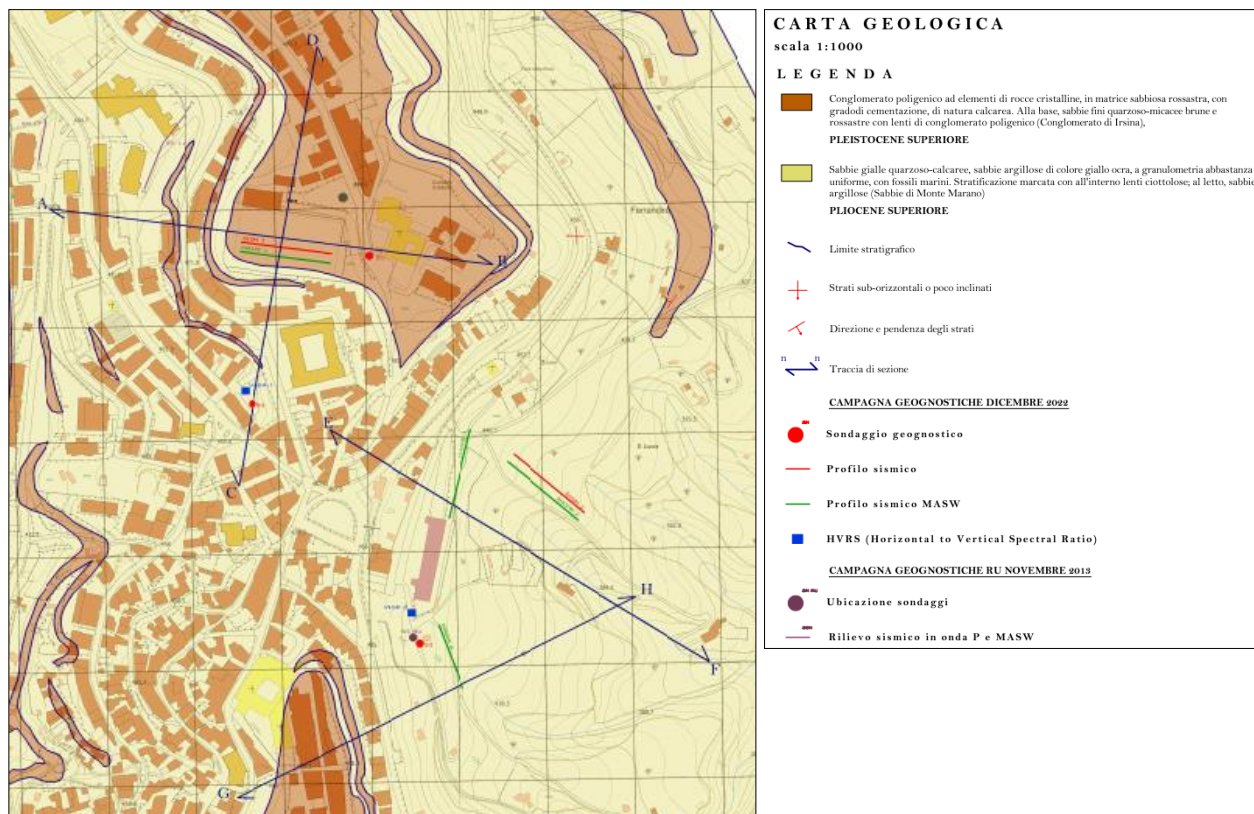


Figura 5 Stralcio carta geologica

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

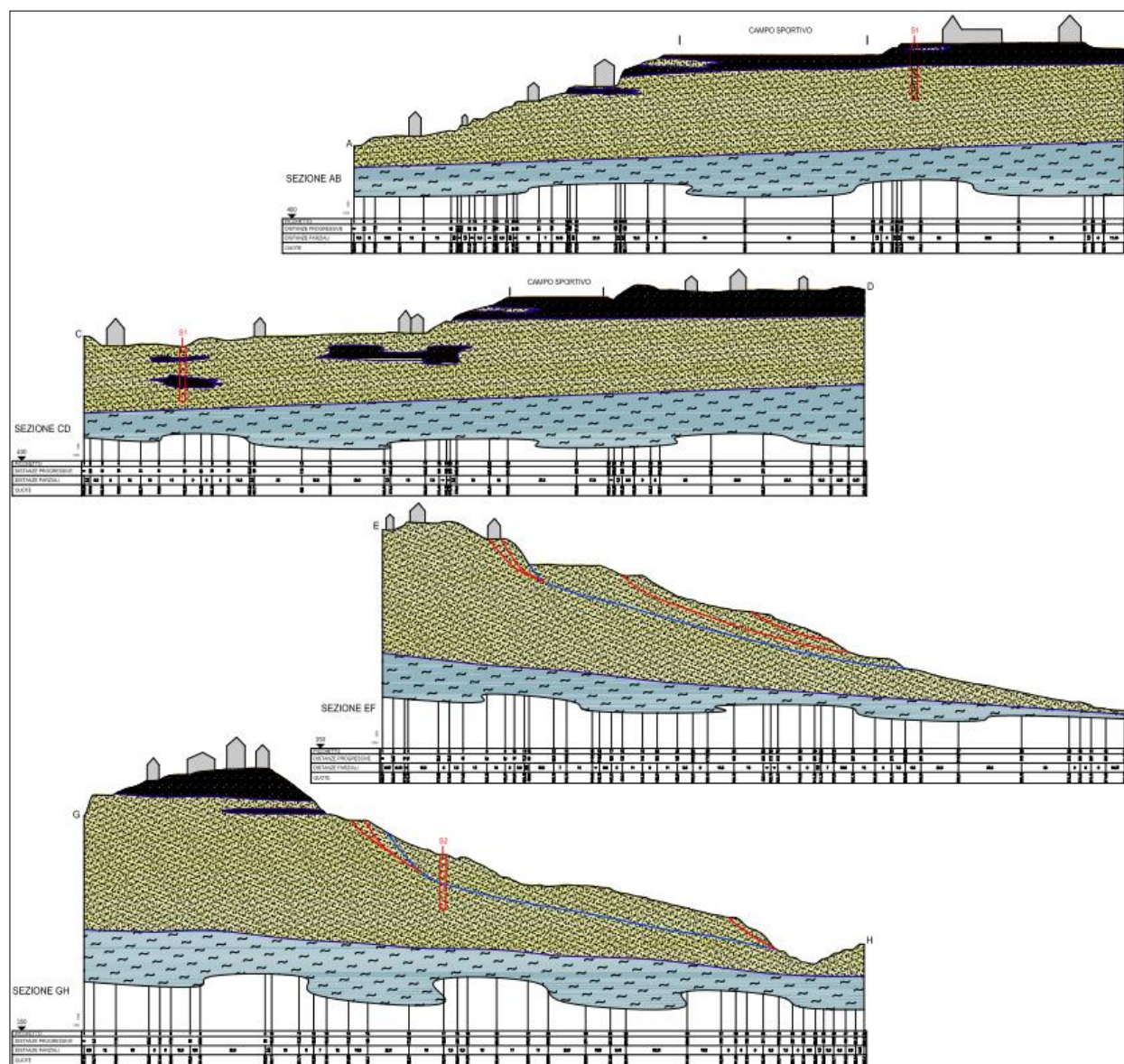


Figura 6 Stralcio sezioni geologiche

5 INDAGINI DIRETTE

A corredo del presente studio, sono state programmate e realizzate delle indagini geognostiche consistite in n. 3 sondaggi a carotaggio continuo a secco, di cui n. 2 spinti fino alla profondità di 30 m dal p.c. ed uno fino a 25 m dal p.c., per una lunghezza complessiva di m 85.00. Sono stati prelevati n. 2 campioni indisturbati sui quali sono state condotte analisi di laboratorio. Le indagini geognostiche sono state interamente subappaltate alla ditta **Trivelterre sas** da Matera.

Durante le manovre terebrative, sono state annotate le operazioni eseguite e la descrizione delle litologie estratte durante l'avanzamento. Per il punto esplorativo, è stata realizzata la scheda di sintesi utilizzata per la rappresentazione grafica (**Elaborato GEL01**).

Sui campioni indisturbati, prelevati nel corso della terebrazioni, sono state condotte prove di caratterizzazione fisiche e meccaniche i cui risultati sono sintetizzati nel prospetto analitico **Elaborato GEL02**.

L'analisi dei dati analitici (Fig. 6) mostra nel sondaggio S1 due terreni con caratteristiche litologiche e geotecniche differenti: sabbie limose alla base e conglomerati poligenici di chiusura. Mentre nel S2 affiorano esclusivamente depositi sabbioso limosi con minime differenze tra gli strati (Fig. 7). Infine nel S3 alla prevalenza di strati sabbiosi, si riscontrano livelli e strati conglomeratici (Figura 8).

E' utile anche evidenziare come i valori geotecncici dei campioni indisturbati non si discostano molto dai valori medi caretterisitici di detti terreni (figura 9).

Studio Tecnico di Geologia

Dott. Antonio Dibiase

Piazza P.P. Gallipoli, 9 – 75024 Montescaglioso (MT)

Tel/Fax 0835404961 cell. 32877338268 e-mail: antodibi71@gmail.com

5 INDAGINI DIRETTE

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

dr. Antonio Dibiase

P. P. Gallipoli, 9 - 75024 Montescaglioso (MT) -

tel/fax 0835404961 P.DNA 60706328777

e-mail: antodibi71@gmail.com

Committente :

Comune di Ferrandina (MT)

Lavoro:

Progetto di riqualificazione e rifunzionalizzazione delle aree urbane denominate sotto S. Lucia e Zona D'onofrio per la realizzazione di parcheggi, aree camper e mercatale

Impresa Esecutrice:

Trivelterre s.r.l. - Matera -

STRATIGRAFIA

Pagina 1 di 3

Sondaggio:

Quota s.l.m. mt.:

Data:

Redattore

Scala:

Tipo di Perforazione:

Numero 1

495.00

14/11/2022

dr. Antonio Dibiase

1:100

Continua a secco $\phi = 101$ mm.

Profondità (mt.)	Potenza (mt.)	Litologia	Descrizione Litologica	CH	Campioni		Carotaggio		FOTO			
					Tipo	Materiale	% Prelievo					
							10	30	50	70	90	100
1			Da 0.00 a -0.50 m massicciata stradale									
2	1.7		Da 0.50 a -2.20 m terreno vegetale di colore marrone scuro, con microconglomerato in matrice sabbiosa di colore avano									
3	2.8		Sabbie limose di colore da marrone chiaro a giallo ocra. All'interno dell'accumulo sono evidenti i resti di frammenti di microconglomerato									
4												
5												
6												
7												
8	7.3		Conglomerato poligenico eterometrico ed eterogeneo, immerso in matrice sabbiosa di colore marrone scuro. Presenza di livelli esclusivamente sabbiosi di colore avano scuro									
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15	14.9		Sabbie dolomitiche limose di colore avano scuro. All'interno delle strati sono presenti ciottoli arrotondati.									
16												
17												
18												
19												
20												

S.P.T. - 4.60

S.P.T. - 18.40

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

ASSENTI

</

Studio Tecnico di Geologia

Dott. Antonio Dibiase

Piazza P.P. Gallipoli, 9 – 75024 Montescaglioso (MT)

Tel/Fax 0835404961 cell. 32877338268 e-mail: antodibi71@gmail.com

5 INDAGINI DIRETTE

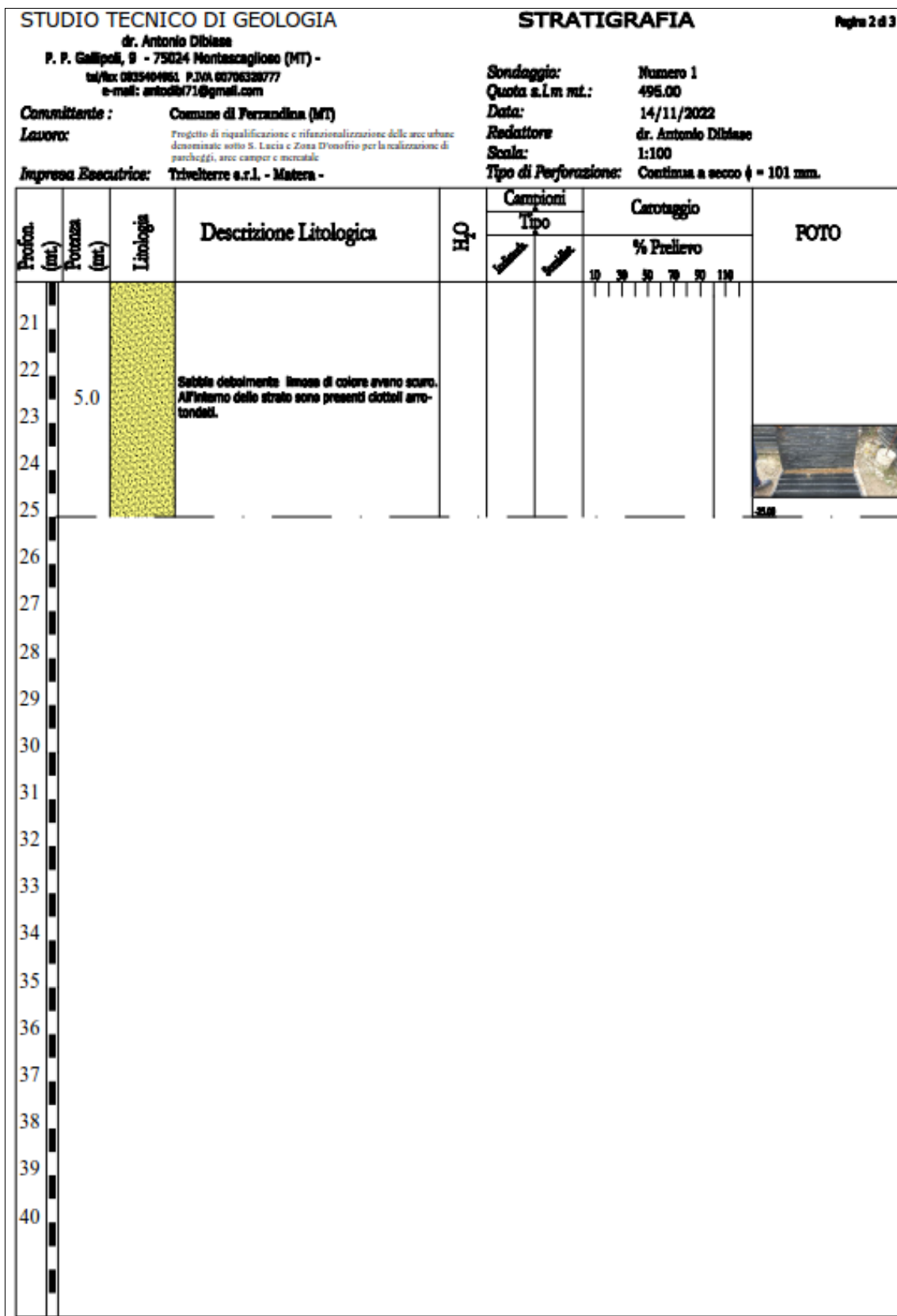


Figura 6 Stralcio colonna stratigrafica Sond. N. 1

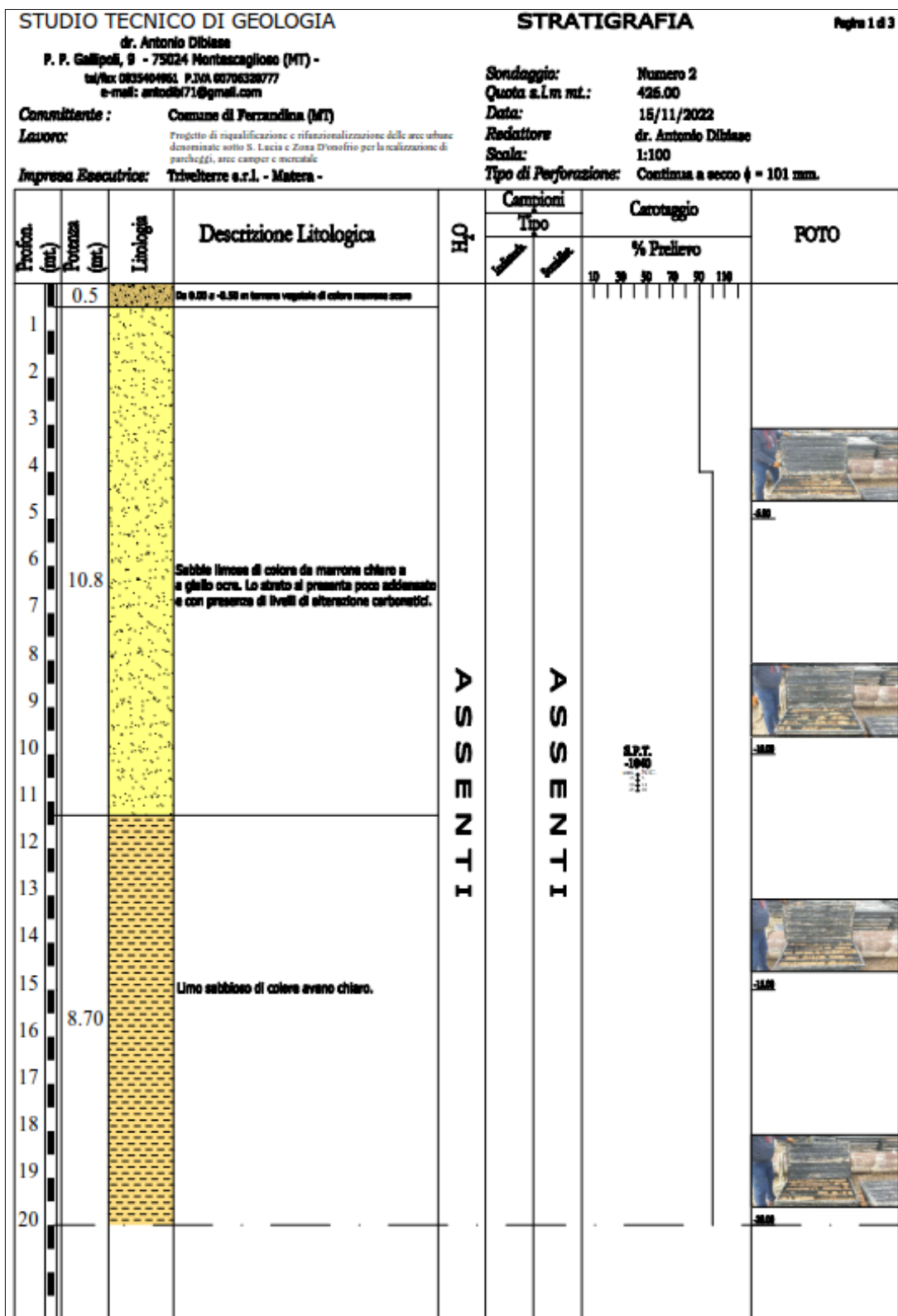
Studio Tecnico di Geologia

Dott. Antonio Dibiase

Piazza P.P. Gallipoli, 9 – 75024 Montescaglioso (MT)

Tel/Fax 0835404961 cell. 32877338268 e-mail: antodibi71@gmail.com

5 INDAGINI DIRETTE



Studio Tecnico di Geologia

Dott. Antonio Dibiase

Piazza P.P. Gallipoli, 9 – 75024 Montescaglioso (MT)

Tel/Fax 0835404961 cell. 32877338268 e-mail: antodibi71@gmail.com

5 INDAGINI DIRETTE

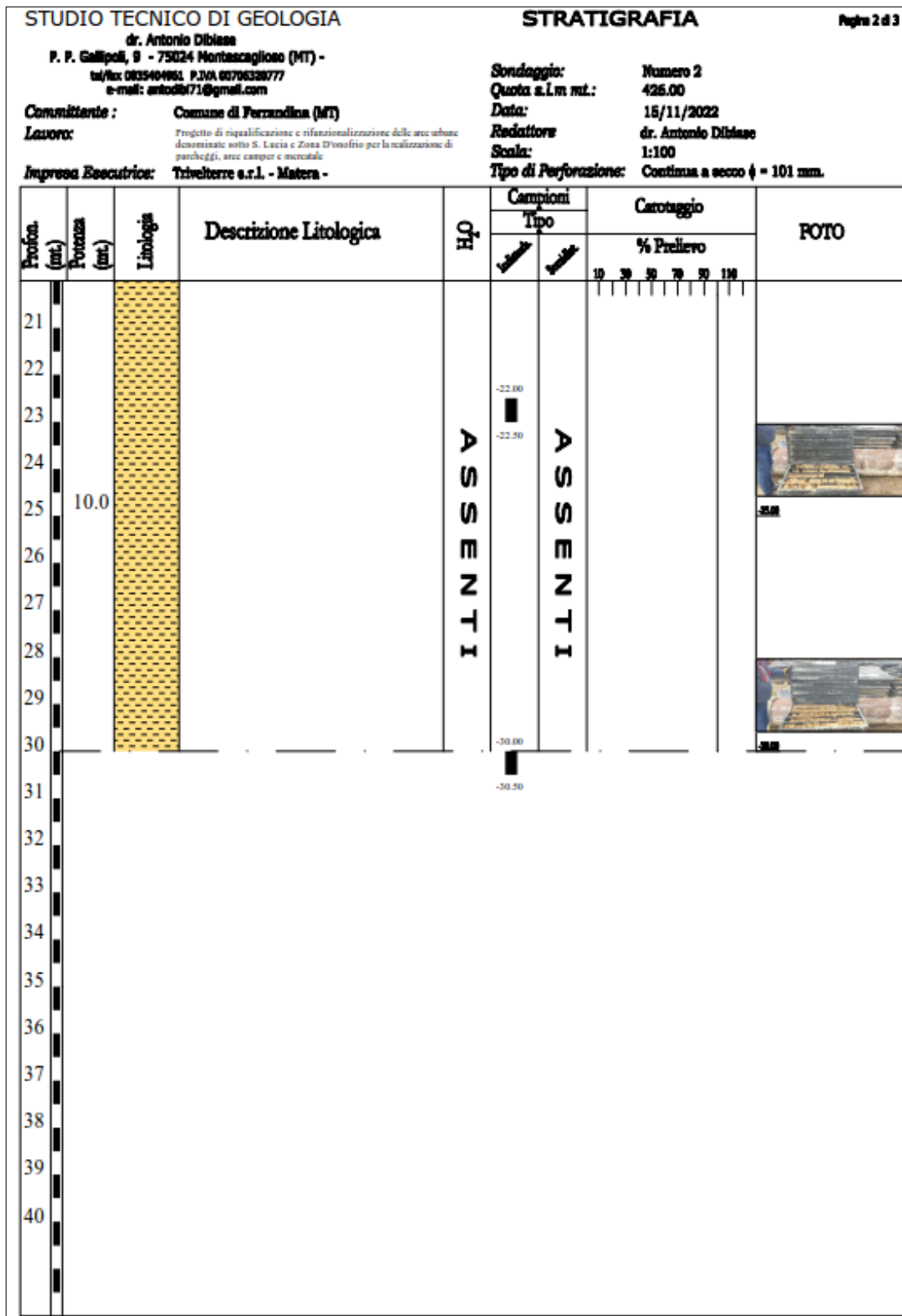


Figura 7 Stralcio colonna stratigrafica Sond. N. 2

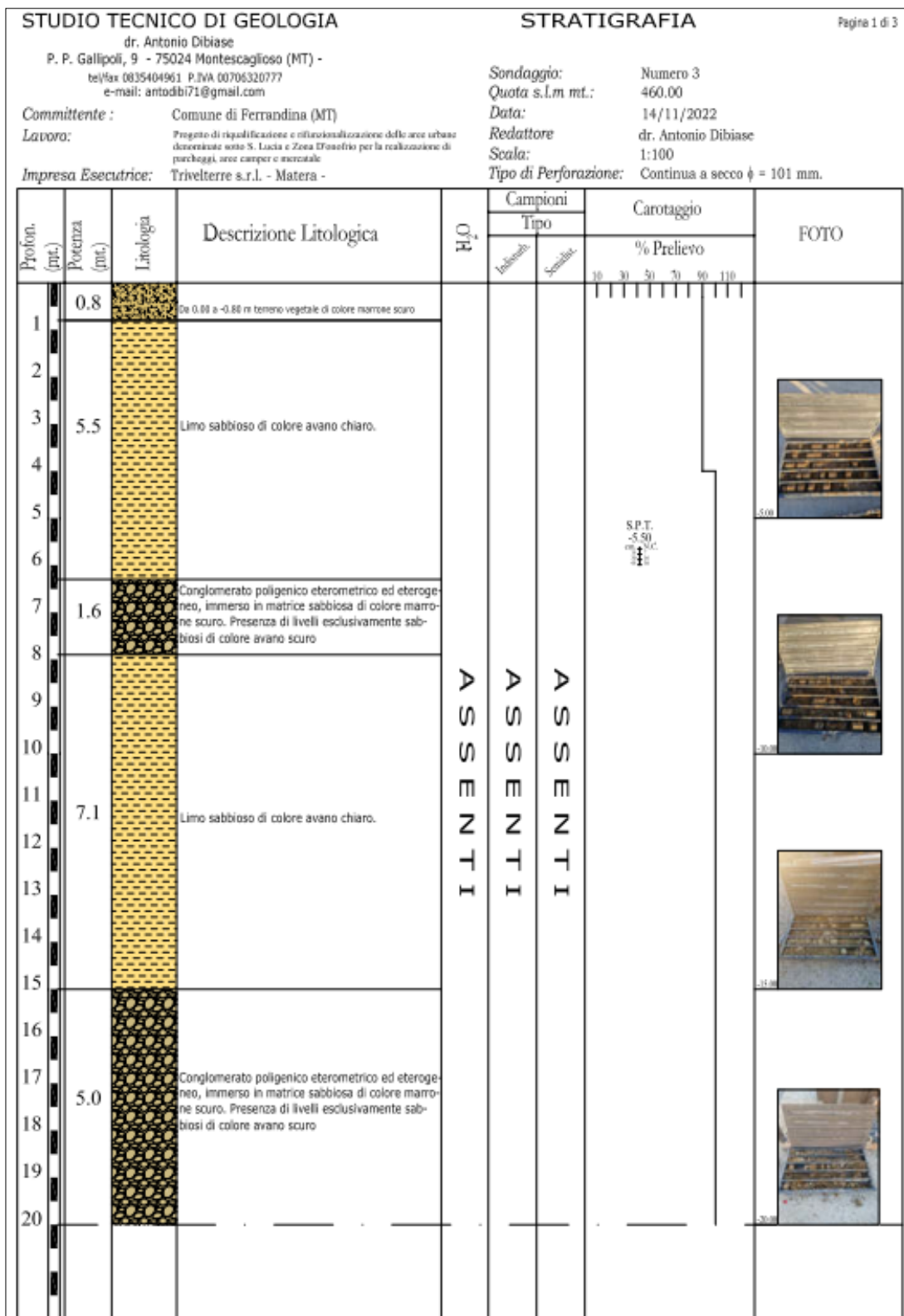
Studio Tecnico di Geologia

Dott. Antonio Dibiase

Piazza P.P. Gallipoli, 9 – 75024 Montescaglioso (MT)

Tel/Fax 0835404961 cell. 32877338268 e-mail: antodibi71@gmail.com

5 INDAGINI DIRETTE



Studio Tecnico di Geologia

Dott. Antonio Dibiase

Piazza P.P. Gallipoli, 9 – 75024 Montescaglioso (MT)

Tel/Fax 0835404961 cell. 32877338268 e-mail: antodibi71@gmail.com

5 INDAGINI DIRETTE

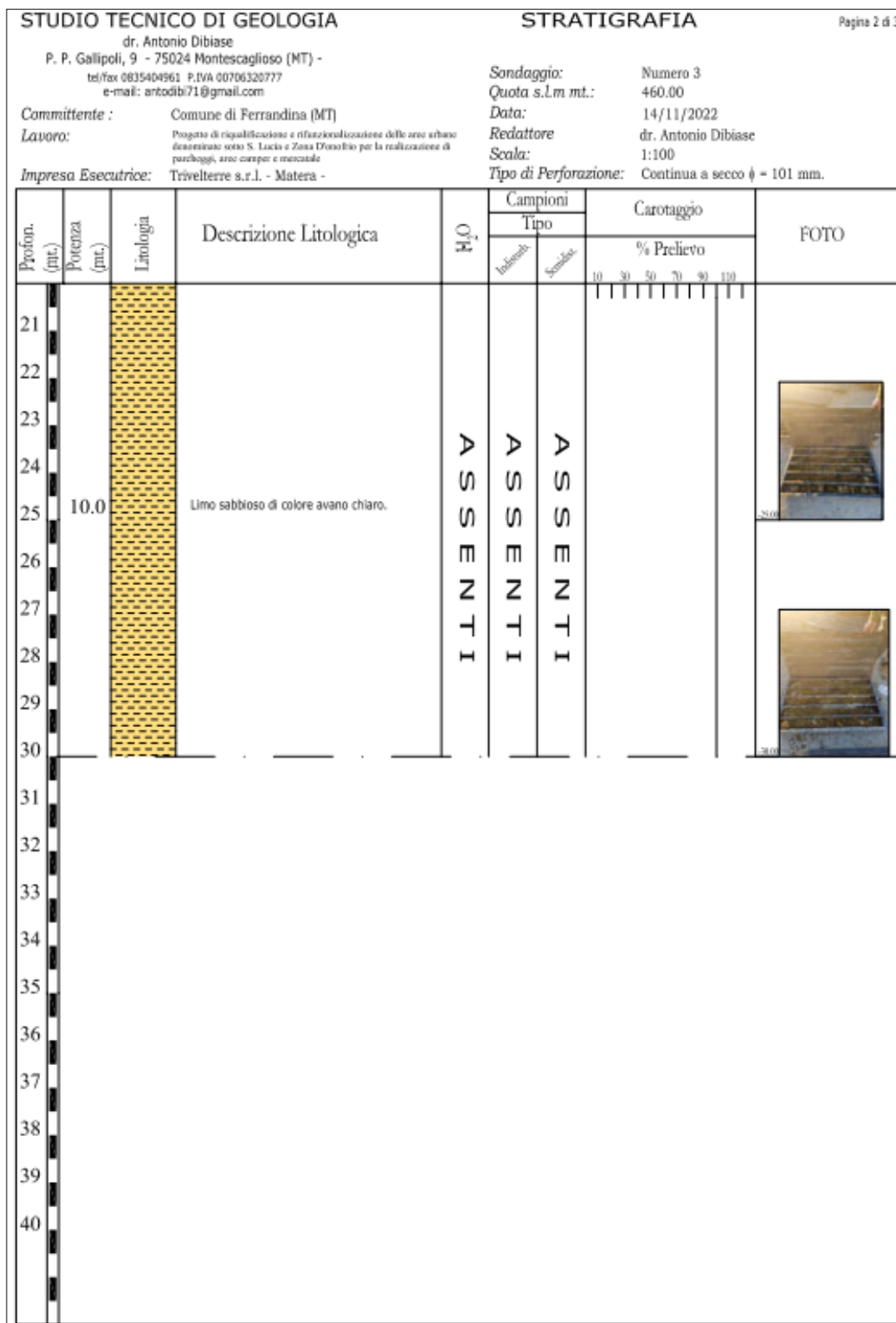


Figure 8 Stralcio colonna stratigrafica Sond. N. 3

Studio Tecnico di Geologia

Dott. Antonio Dibiase
Piazza P.P. Gallipoli, 9 – 75024 Montescaglioso (MT)
Tel/Fax 0835404961 cell. 32877338268 e-mail: antodibi71@gmail.com

5 INDAGINI DIRETTE

QUADRO RIASSUNTIVO E INTERPRETATIVO DELLE ANALISI GEOTECNICHE

LAVORO: Indagini geognostiche relative alla qualificazione e rifunzionalizzazione delle aree urbane denominate Sotto S. Lucia e zona D'Onofrio per la realizzazione di parcheggi, aree camper e mercato via San d'Iotti - Progettazione definitiva ed esecutiva - CUP: E40C2300.01.00006 - Comune di Serravallo (MT)

Sond.	Campione	Profondità (m)	W (%)	γ_n (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	e	n (%)	Se (%)	Argilla (%)	Limo (S)	Sabbia (%)	Chiazza (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IC	IL	TOCD c (kN/m ²) ϕ_p ° ϕ_r °			Edometrica P (kPa) Me (MN/m ²) Cv (mm ² /s)			σ (kN/m ²)	Cu (kN/m ²)	Classif. USCS	Classif. UNI 11538-1
2	1	22-22.5	26.2	19.34	15.17	26.57	39.38	0.75	42.90	94.60	14.30	61.56	20.23	4.11	38.1	21.0	17.2	0.693	0.307	7.7	34.3	32.4	800	21.08	2.48E-01	n.r.	n.r.	CL	A6
2	2	30-30.5	21.0	20.09	36.60	26.44	20.25	0.59	37.21	95.48	21.30	51.72	25.71	1.27	43.3	19.0	24.3	0.917	0.083	22.8	28.3	27.6	800	20.71	4.15E-02	n.r.	n.r.	CL	A7-6

Legende:
W=Umidità naturale - γ_n =Peso di volume naturale - γ_d =Peso di volume secco - γ_s =Peso specifico - γ_{sat} =Peso di volume saturo - e=Indice dei vuoti - n=Porosità - Se=Grado di saturazione - LL=Limite liquido - LP=Limite plastico - IP=Indice plastico - IC=Indice di consistenza - IL=Indice di liquidità - UR=Limite di ritiro - R=Indice di ritiro - c=Coesione - ϕ_p =Angolo di attrito plastico - ϕ_r =Angolo di attrito residuo - P=Pressione sul provino - Me=Modulo edometrico - Cv=Coefficiente di consolidazione - σ =resistenza a rottura - Cu=coesione non drenata - ϕ_{pe} =Angolo di attrito p. efficace - ϕ_{tot} =Angolo di attrito p. totale - n.d. non determinabile - n.r. non richiesti - I valori di c e Cu in grassetto sono stati ricavati da prove triassiali tipo UU valore medio

Figure 9 Quadro riassuntivo analisi di laboratorio

6 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

L'aspetto morfologico dell'intera area, come ogni altro luogo, è direttamente influenzata da diversi fattori che concorrono all'alterazione, disgregazione e demolizione dei materiali affioranti. I fattori principali sono il clima (piovosità, venti dominanti, ecc.), l'esposizione rispetto al Nord, la presenza di vegetazione e l'azione antropica (urbanizzazione, scavi, riporti).

Essi agiscono, in maniera più o meno importante e quasi sempre in concomitanza, sui terreni che offrono una minore o maggiore resistenza; la natura litologica, la stratificazione e la consistenza dei terreni agiscono da controllo sull'evoluzione morfologica, determinandone la velocità d'avanzamento.

In linea generale i versanti possono essere sede di fenomenologie di dissesto con modalità diverse. I materiali argillosi, cui competono parametri meccanici più scadenti, danno luogo a versanti meno pendenti rispetto ai tratti sommitali, dove affiorano le sabbie cui compete una migliore consistenza.

Nelle argille, comunemente, si riscontrano colamenti, fenomeni di creep e soliflusso che coinvolgono limitate porzioni superficiali di versante in senso verticale, mentre in senso areale risulta anche abbastanza esteso.

Nelle sabbie d'alto topografico sono possibili distacchi di blocchi con successivo crollo, per effetto dello spiedamento ad opera delle testate dei principali fossi rimontanti.

Questa particolare configurazione, in connessione agli eventi erosivi scatenati dal progressivo ritiro del mare, ha portato alla formazione di spianate sommitali di altezza di circa 280 m s.m.l., dissecate da ampie e profonde vallate fluviali con pendii di raccordo ad andamento parabolico. Questi pendii e gli stessi bordi delle spianate sono soggetti continuamente ad arretramenti per erosione e per frane. Tale situazione è dimostrata dalla presenza di numerosi corpi di frana rinvenibili presso i bordi e lungo i pendii, dell'abitato.

Le aree investigate sono molto distinte una dall'altra:

1. La **zona sotto S. Lucia** occupa la parte NE dell'abitato di Ferrandina ed è situata ad una quota compresa tra i 330 e 470.00 m circa sul s.l.m. E' caratterizzata da fenomeni di erosione e da frane (nella parte bassa) che, innescatesi sin dall'emersione post-calabriana, sono risalite lungo i versanti, andando a coinvolgere porzioni sempre più elevate in quota.

I fenomeni erosivi, essenzialmente legati ad erosione lineari dovute ai corsi d'acqua, si individuano soprattutto alle medie e basse quote, laddove le argille risultano affioranti, dando origine a morfologie spesso di tipo calanchivo. La demolizione di rilevanti volumi di materiale, ad opera di tali processi, ha generato geometrie del versante fortemente instabili, andando ad asportare le zone al piede, sia di vecchi fenomeni di dissesto, sia di porzioni fino ad oggi non coinvolte in fenomeni di frana.

2. **La zona D'Onofrio, invece**, è ubicata all'interno del centro abitato ad una quota compresa tra 470 e 455 m circa sul s.l.m. L'area è priva di qualsiasi rischio in quanto confinata tra una zona fortemente urbanizzata e in una situazione in cui le acque di precipitazione non agiscono in maniera efficace, in quanto le stesse sono soggette a ruscellamento con conseguente coinvolgimento nelle reti delle acque bianche cittadine. Ciò nonostante, l'area su cui è previsto l'intervento è caratterizzata da una parete verticale (come dimostrato nelle foto precenti) e dalla presenza di numerose cavità adibite a cantine, che si dovrà tenere in debita considerazione durante la fase progettuale.

La configurazione attuale della dorsale su cui si sviluppa l'abitato è funzione della litologia affiorante e delle modificazioni subite, nel tempo, a seguito dei fenomeni franosi.

Il profilo dei versanti è caratterizzato da una porzione sommitale fortemente acclive, data la presenza di affioramenti della sequenza conglomeratico-sabbiosa in posto, mentre la restante parte si adagia su pendenze minori, legata alla presenza di tipi litologici argillosi e da accumuli di frana (**Tavola GE06**).

I fenomeni franosi, che hanno interessato porzioni rilevanti della dorsale, sono riconducibili a due tipi principali: scorrimenti traslazionali e crolli.

La loro distribuzione è legata allo stadio evolutivo del versante che può essere così riassunto:

- i fenomeni erosivi, scalzando al piede il versante, creano le condizioni perché si verifichi o si siano verificati scorrimenti traslazionali; a seguito di questo fenomeno, il versante assume una nuova conformazione morfologica, caratterizzata da una scarpata subverticale in corrispondenza della sua porzione più elevata, laddove si sviluppa il ciglio del franamento e da pendenze varie, ma sempre minori di quelle delle zone di ciglio, all'interno del corpo di frana.

- La fenomenologia di cui sopra fa sì che si verifichino "crolli" in corrispondenza del piastrone conglomeratico sommitale, in corrispondenza delle scarpate subverticali, e rimobilizzazione, in seno al corpo franoso, sotto forma di "scorrimenti traslativi".

Sono stati cartografati settori dell'abitato interessati da processi franosi pregressi (paleofrane) riconducibili a movimenti di tipo roto-traslato, oblitterati (o parzialmente mascherati) dalla urbanizzazione intensiva nel tempo.

Questa situazione è ben visibile nella Zona S.Lucia (versante orientale), area su cui si sono maggiormente concentrate le osservazioni ed i rilievi di dettaglio. In essa, la presenza di numerose aste torrentizie con testate prossime a pareti fortemente acclivi può ingenerare, in un prossimo futuro, fenomeni di ampliamento ed arretramento delle stesse testate, tenuto conto della alta erodibilità degli affioramenti.

Da quanto sopra detto emerge la necessità di preservare le pareti subverticali, prive di qualsivoglia protezione, in ambedue i settori, al fine di evitare che il processo di smantellamento possa interessare da vicino il tessuto urbano esistente.

Inoltre una particolare attenzione verrà posta alla sistemazione delle aste torrentizie principali, al fine di limitare l'azione erosiva che esplicano nei materiali sabbioso-limosi

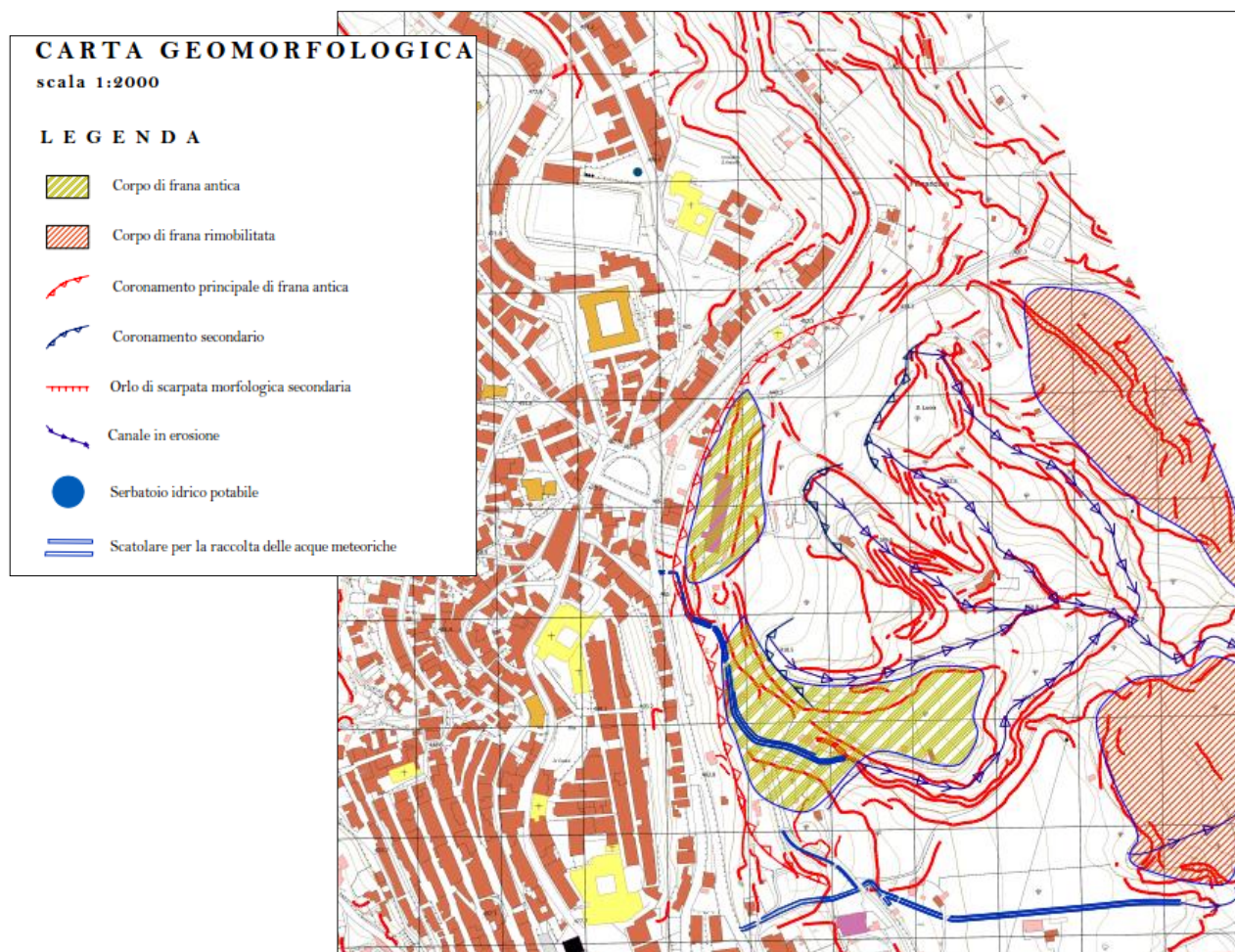


Figura 10 Stralcio della carta geomorfologica

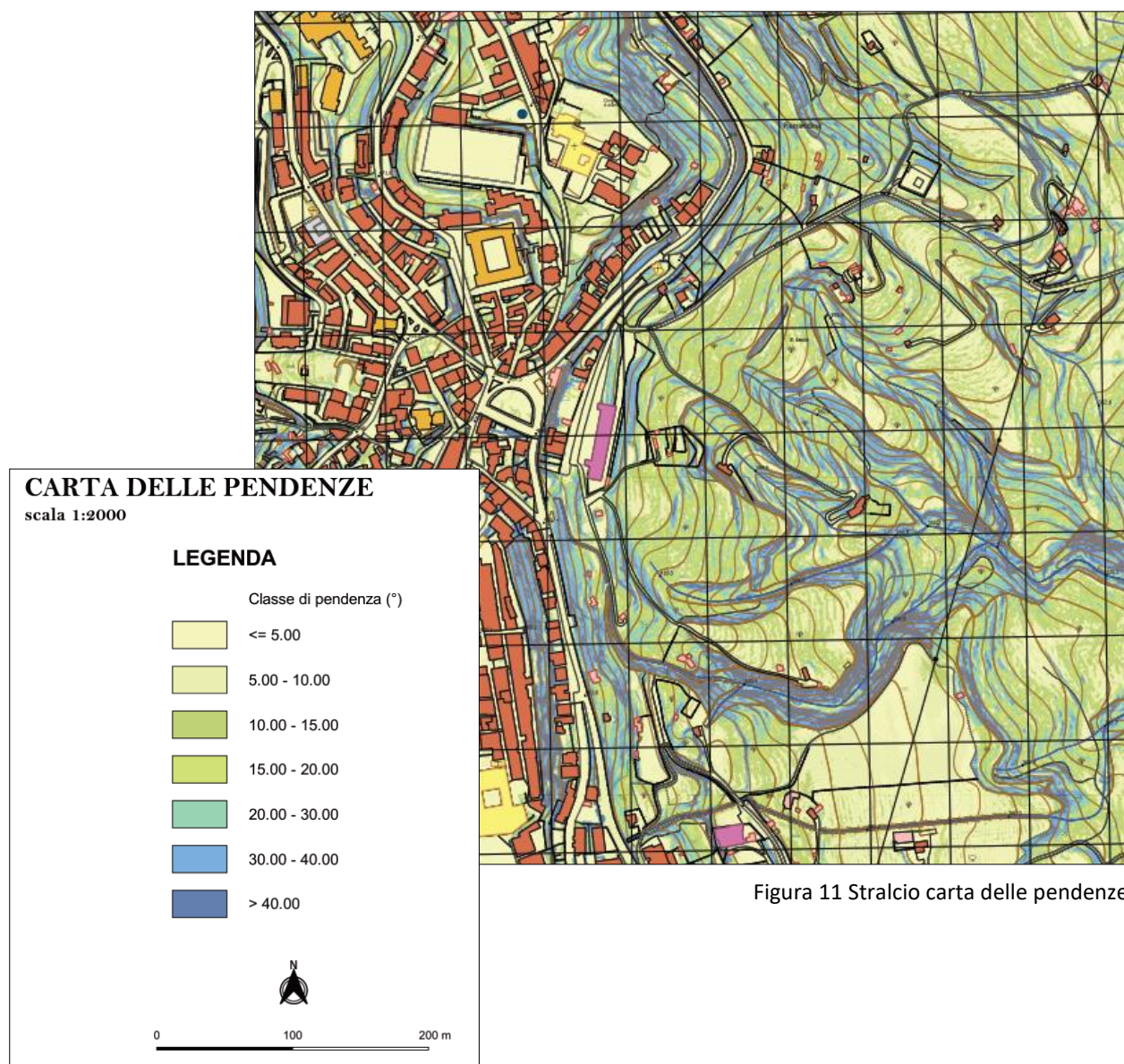


Figura 11 Stralcio carta delle pendenze

7 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico, le acque di precipitazione che raggiungono il suolo sono ripartite in aliquota di scorrimento superficiale e d'infiltrazione nel sottosuolo, secondo il grado di permeabilità dei terreni affioranti. Pertanto, in corrispondenza degli affioramenti argillosi impermeabili, le acque seguono traiettorie superficiali con produzione di fossi aventi un'asta principale, un ventaglio di testata e profilo del fondo piuttosto pendente in costante arretramento. Nel caso specifico, le caratteristiche granulometriche e litologiche degli strati superficiali permettono l'infiltrazione di acqua di precipitazione meteorica favorendo una circolazione sub-superficiale con formazione di falda acquifera trattenuta alla base dai terreni impermeabili argillosi di base.

Nella **Tavola GE08** sono riportate indicazioni riguardanti i caratteri idrogeologici dei terreni cartografati, con particolare attenzione al tipo, al loro grado di permeabilità, definito sulla scorta di dati riportati nella cospicua letteratura, pubblicazioni e lavori scientifici. Si tratta, ovviamente, di valori indicativi che, in ogni caso, evidenziano il comportamento idrologico dei vari litotipi.

33

Per quanto riguarda le considerazioni sulle direttrici di flusso della circolazione idrica sotterranea, queste si basano su evidenze, su rilievi di campagna, nonché deduzioni che scaturiscono dal riconoscimento delle situazioni stratigrafiche locali.

Tutti i corsi d'acqua dell'area indagata subiscono variazioni di portata stagionali di una certa entità ed in talune linee di drenaggio, di basso ordine gerarchico, l'acqua è presente solo periodicamente. Le acque superficiali vengono convogliate in linee di drenaggio subordinate, dando origine ad un tipico "Pattern" idrografico di tipo dendritico, caratterizzato dalla presenza di rami tributari più o meno paralleli.

E' evidente come l'andamento, la forma dei corsi d'acqua ed il modo in cui confluiscono gli uni negli altri, risultino condizionati dalla litologia affiorante e dai caratteri strutturali dell'area.

Le principali linee di drenaggio, soprattutto nella porzione medio-bassa dei fianchi del costone che ospita l'abitato di Ferrandina, presentano alvei incassati e tipico carattere torrentizio, caratterizzato da un lungo periodo di "sterilità", durante la stagione estivo-autunnale, e da un periodo di maggiori deflussi (inverno-primavera), in cui si concentrano le precipitazioni.

La notevole variazione di deflussi, nell'anno, con fenomeni di prosciugamento estivi e piene, spesso abbondanti ed improvvise, in inverno, condiziona la morfologia dei corsi d'acqua che tende a modificarsi, approfondendosi con processi di erosione accelerata nell'ambito, soprattutto, dei terreni riferibili alle Argille Subappennine.

I circuiti idrici sono alimentati dai terreni clastici della dorsale collinare (sabbie, arenarie, conglomerati, detriti di versante s.l.), che consentono una elevata filtrazione; la circolazione idrica sotterranea avviene all'interno della copertura detritica rastremata lungo i fianchi della stessa dorsale.

La presenza di una circolazione idrica sotterranea, non trascurabile, è evidenziata da sorgenti ed emergenze idriche presenti, a varie quote, lungo i fianchi della dorsale.

Le sorgenti rilevate possono essere considerate tutte di "strato con giacitura suborizzontale" secondo la classifica proposta da GORTANI (3) che, come è noto, tiene conto soprattutto dei fattori che sono causa diretta della scaturigine. Questo tipo di sorgente trova spiegazione nei caratteri geologici della zona, in cui si rinvenivano terreni permeabili (Sabbie di Monte Marano e Conglomerato d'Irsina) su sedimenti pelitici (Argille subappennine) praticamente impermeabili. La giacitura suborizzontale degli strati fa sì che i punti di emergenza si trovino quasi tutti approssimativamente alla stessa quota in corrispondenza del contatto affiorante sabbie-argille.

Circa il modo di scaturigine delle acque, non sempre sono stati individuati punti di emergenza ben definiti. Il tipo di scaturigine è infatti quasi sempre molto diffuso a causa della presenza di accumuli di frana, che disperdono in molti rivoli la iniziale unica emergenza. Questo crea dei problemi per la regolare captazione delle sorgenti specie quando, come è avvenuto finora, le opere di presa sono realizzate in maniera molto rudimentale ed approssimata, senza la conoscenza delle modalità di scaturigine e delle principali caratteristiche idrogeologiche delle sorgenti.

Le rocce presenti nel settore indagato ed in quelli contermini si possono dividere in due gruppi fondamentali:

- rocce permeabili per "porosità", per "fratturazione"
- rocce impermeabili.

Nelle rocce permeabili per "porosità" si parla di permeabilità "primaria": la circolazione idrica è diffusa e la velocità di filtrazione diminuisce all'aumentare dell'addensamento.

I detriti, le ghiaie in matrice sabbiosa ed il complesso sabbioso- conglomeratico sono caratterizzati da comportamento ideologico pressochè simile, con una con valori di permeabilità elevati $K > 10 \text{ cm/sec}$. Fra le rocce permeabili per “fratturazione”, si inseriscono le bancate conglomeratiche, cementate, ed i livelli arenacei; in questo caso si parla di permeabilità “secondaria” e la circolazione idrica avviene lungo percorsi preferenziali.

Le Sabbie di Monte Marano hanno una permeabilità da discreta a buona e la sovrapposizione stratigrafica di questa unità sulle argille impermeabili, determina condizioni favorevoli all'esistenza di un acquifero sotterraneo.

La presenza nell'ambito delle sabbie di orizzonti di materiale più fine conferisce a luoghi alla formazione un minor grado di permeabilità che determina delle irregolarità nella morfologia della superficie piezometrica della falda e nella modalità di deflusso delle acque.

I litotipi appartenenti a questa formazione presentano un coefficiente di permeabilità $10^{-1} < K > 10^{-4} \text{ cm/sec}$.

Da quanto esposto, si evince chiaramente come l'idrogeologia delle aree studiate, sia condizionata dal carattere decisamente permeabile degli affioramenti sommitali (conglomerati, sabbie, ghiaie e detriti), tamponati dalla formazione di base, argillosa, impermeabile.

Ciò determina alti valori di filtrazione delle acque meteoriche e modesti scorrimenti superficiali.

La dorsale funge da spartiacque con direzione NW-SE, determinando, per la parte E uno scorrimento verso il fiume Basento e per la parte W un drenaggio verso il T. Vella.

In generale, l'elevato grado di permeabilità degli affioramenti non permette l'instaurarsi, a breve distanza, dal piano campagna, di falde idriche importanti.

Infatti, nel settore elevato della dorsale (abitato), è possibile intercettare soltanto modeste manifestazioni idriche “sospese”, legate alla presenza di interstrati argillosi.

Per contro, lungo i fianchi della stessa dorsale, al contatto tra i terreni clastici e le argille di base, si rinvenivano sorgenti anche di portata cospicua.

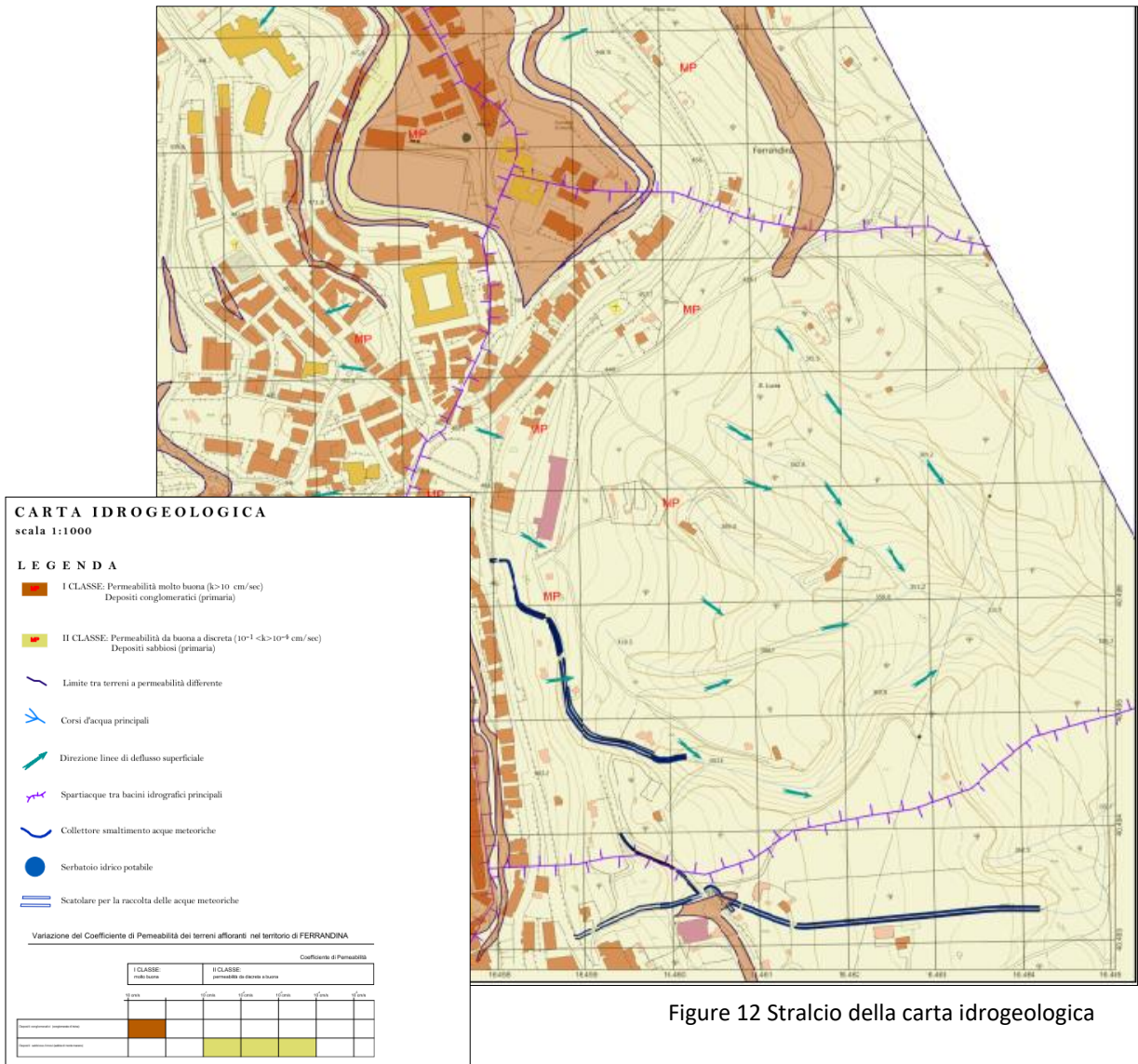


Figure 12 Stralcio della carta idrogeologica

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, stazione Lago di San Giuliano, e consultabile online al seguente indirizzo:

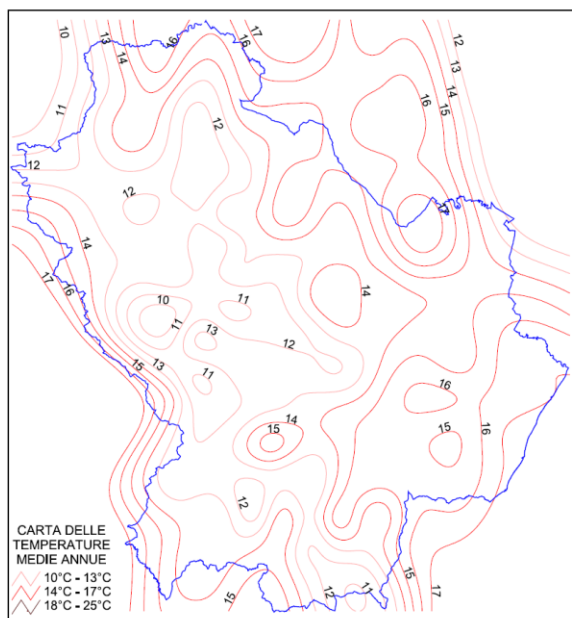
www.adb.basilicata.it/adb/.../Serie_Storiche_dati_pluvio-metrici.pdf

Stazione : S. Giuliano

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Y
2001	47.56	50.88	57.02	43.11	23.76	36.50	28.43	16.87	53.73	45.71	86.82	103.92	594.31
2002	15.40	17.20	39.60	111.40	66.84	27.35	90.00	40.40	43.60	66.38	36.60	182.60	737.36
2003	33.75	50.88	57.02	43.11	23.76	36.50	28.43	16.87	53.73	45.71	86.82	103.89	580.46
2004	47.56	50.88	57.02	43.11	23.76	36.50	28.43	16.87	53.73	45.71	86.82	103.89	594.28
2005	47.56	50.88	57.02	28.81	15.94	53.20	10.40	30.80	119.80	59.00	80.60	115.00	669.01
2006	47.80	93.20	44.60	43.00	16.80	37.00	47.00	51.00	98.60	18.80	14.60	106.00	618.40
2007	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	42.62	2.00	64.62
2008	23.60	13.40	73.40	20.00	4.60	37.00	18.60	63.00	55.80	15.40	105.20	410.20	840.20
2009	80.80	13.40	43.20	56.40	10.00	36.80	34.50	8.10	52.70	40.70	13.60	27.60	417.80
2010	134.20	36.20	51.80	53.60	39.00	68.00	51.20	0.00	87.40	139.60	131.80	14.00	806.80
2011	52.60	83.40	203.00	61.00	63.60	29.20	8.40	1.40	33.00	21.60	66.20	11.80	635.20
2012	37.40	126.40	40.60	39.40	23.20	8.40	13.40	0.00	42.80	80.60	139.60	57.00	608.80
2013	40.60	44.40	42.80	4.20	14.40	64.00	58.20	6.00	11.80	45.40	177.80	185.20	694.80
2014	41.20	79.20	29.20	108.40	40.20	29.40	40.60	6.40	33.40	34.00	102.20	31.40	575.60
Medie	46.57	50.88	57.02	46.97	26.27	35.85	32.83	18.55	53.01	47.19	83.66	103.89	602.69

Figura 13 dati pluviometrici stazione di San Giuliano

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 16° e i 17° C.

Figura 14 Distribuzione delle isoterme in Basilicata (piano adb 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.

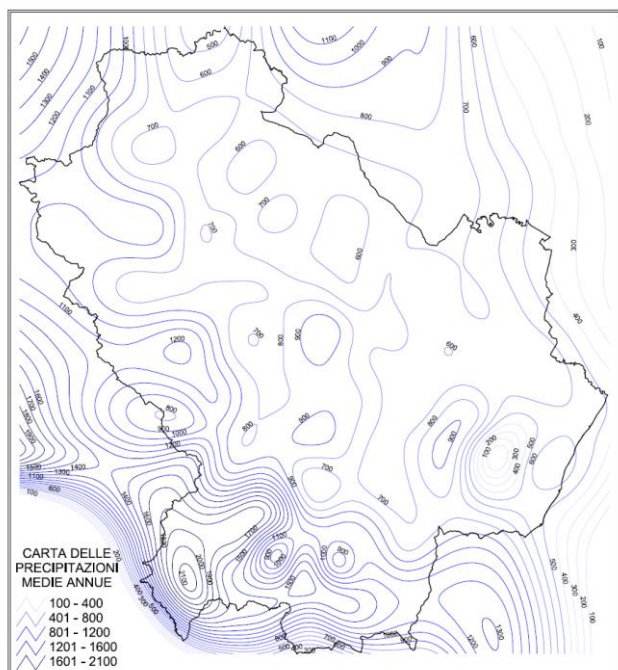


Figura 15 Distribuzione delle isopiethe in Basilicata (piano adb Regione Basilicata anno 2011)

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 500 e 700 (fig. 15). Un resoconto più dettagliato ci è fornito dal grafico riportante i millimetri di pioggia registrati alle stazioni pluviometriche site nelle vicinanze di Ferrandina: Matera, San Giuliano, Pomarico.

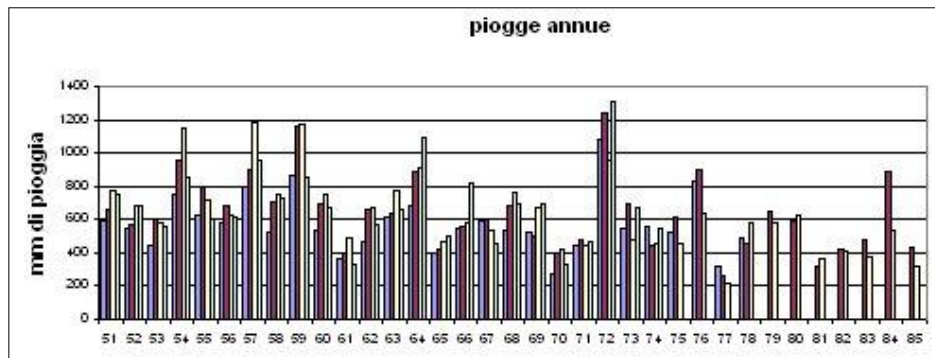


Figura 16 precipitazioni totali annue per le quattro stazioni di riferimento

La maggior parte delle precipitazioni annue si verificano nei mesi autunno-invernali, generalmente da ottobre a febbraio, con valori medi mensili che non superano i 100 mm (Fig 16); 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.

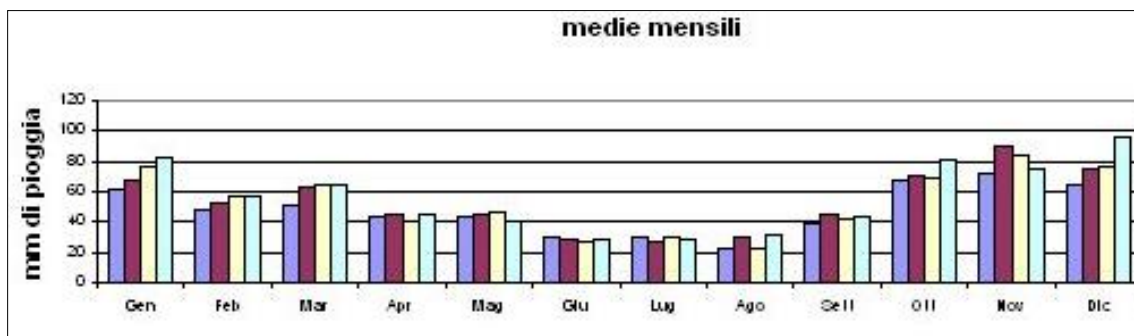


Figura 17 precipitazioni medie mensili per le quattro stazioni di riferimento

Il dato ricavato è abbastanza rappresentativo dell'area studiata in quanto le stazioni pluviometriche sono posizionate nella zona in cui essa si sviluppa.

Osservando le precipitazioni mensili riportate nei soprastanti grafici si ha una conferma di quanto già detto in precedenza, cioè che le piogge risultano concentrate nei mesi invernali, mentre in quelli estivi si ha un netto calo delle precipitazioni.

Dal rapporto mm/giorni piovosi è possibile avere una stima approssimata della intensità delle precipitazioni. L'approssimazione è legata all'incertezza riguardo al fattore temporale. Infatti il tempo in cui si contiene un evento piovoso non è lo stesso tutti i giorni, ed in particolare si può verosimilmente affermare che risulterà certamente più ristretto nei mesi estivi rispetto a quelli autunnali o invernali, per cui la stima ricavata in base ai dati disponibili risulterà in difetto rispetto al dato reale. Questo dato è di fondamentale importanza in quanto legato alla capacità di immagazzinamento delle rocce del substrato. Infatti piogge brevi ed intense favoriscono il ruscellamento e quindi l'allontanamento dal bacino di alimentazione dell'acquifero delle acque meteoriche, mentre precipitazioni deboli e prolungate incentivano l'infiltrazione e quindi la ricarica dell'acquifero

8 MODELLO GEOLOGICO DELL'AREALE DI SEDIME

In questo paragrafo, si ritiene opportuno descrivere i parametri geotecnici di riferimento, utili alla determinazione della scelta tipologico-dimensionale degli interventi previsti. Questi sono stati estratti dai dati in possesso dallo scrivente e ricavati dalle analisi di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nelle terebrazioni del sondaggio S2. 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 affioranti e che verranno direttamente interessati dalle opere di progetto.** I valori derivanti dalle analisi dei campioni analizzati, non si discostano in maniera indicativa dai valori medi prelevati dalla bibliografia ufficiale. Di seguito, si riportano i valori dei parametri geotecnici caratterizzanti i depositi sabbiosi e conglomeratici. La restituzione cartografica è stata riportata nell'**Allegato GE09** con l'elaborazione delle sezioni litotecniche:

Depositi conglomeratici

➤ Peso di volume naturale	18.80 kN/m ³
➤ Peso di volume saturo	19.20 kN/m ³
➤ Angolo d'attrito interno	34°
➤ Coesione drenata	0.00 kN/m ²

Sabbie limose

➤ Peso di volume naturale	19.10 kN/m ³
➤ Peso di volume saturo	19.30 kN/m ³
➤ Angolo d'attrito interno	26°
➤ Coesione drenata	0.00 kN/m ²

Argille marnose

➤ Peso di volume naturale	20.00 kN/m ³
➤ Peso di volume saturo	20.34 kN/m ³
➤ Angolo d'attrito interno	22°
➤ Coesione drenata	10.20 kN/m ²

8 MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI SEDIME

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 indicare valori tipici per terreni tipici. Per completezza di informazione si riporta una tabella di riferimento di valori indicativi della costante di Winkler – K (Kg/cm^3):

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 $q_u < 2 \text{ Kg}/\text{cm}^2$	1.20	2.40
Terreno argilloso con $2 < q_u < 4 \text{ Kg}/\text{cm}^2$	2.20	4.80
Terreno argilloso con $q_u > 2 \text{ kg}/\text{cm}^2$	>4.80	

8 MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI SEDIME

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 argille sabbiose 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.

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

9.1. SISMICITÀ 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.

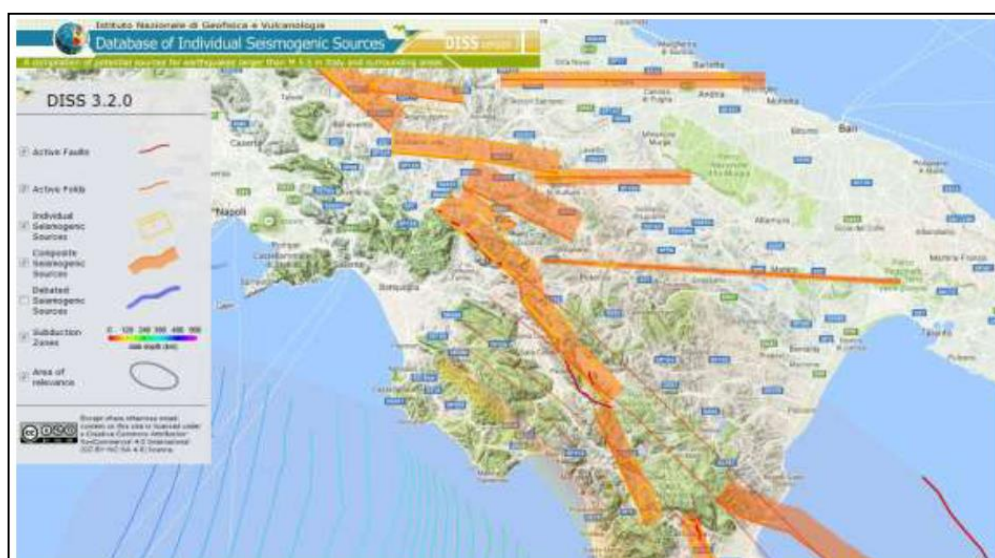


Figura 18 - Distribuzione delle maggiori strutture sismogenetiche riconosciute nell'Appennino Meridionale FONTE: <http://diss.rm.ingv.it/dissGM/>

Queste ultime sono state responsabili di numerosi eventi di più bassa energia, ma con periodi di ritorno più brevi.

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

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 Crotone) 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. 18) (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 state tratte 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'Arsenio (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.

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

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.

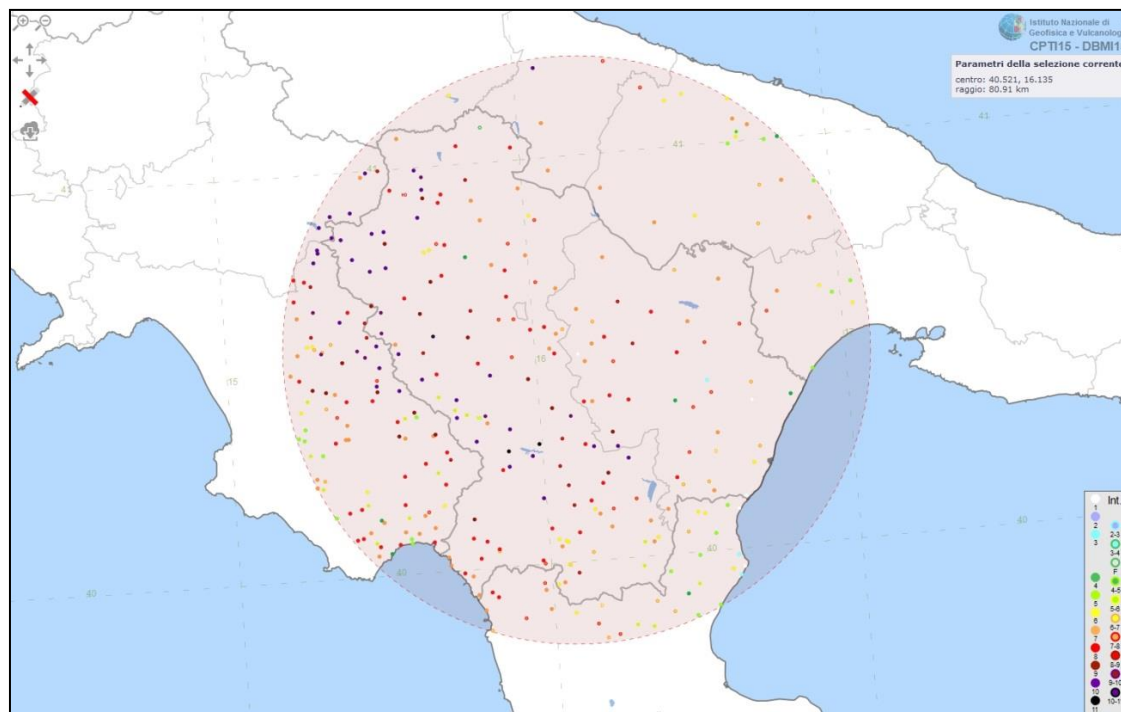
Il 23 novembre del 1980 un terremoto d'intensità pari al X-XI grado MCS e di magnitudo Ms6.8 colpì gravemente, alle 20:34 italiane, l'Irpinia e la Basilicata. Questo movimento tellurico causò poco meno di tremila vittime, diecimila feriti e i senzatetto si avvicinarono ai 300.000. Una trentina di paesi, 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.

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA



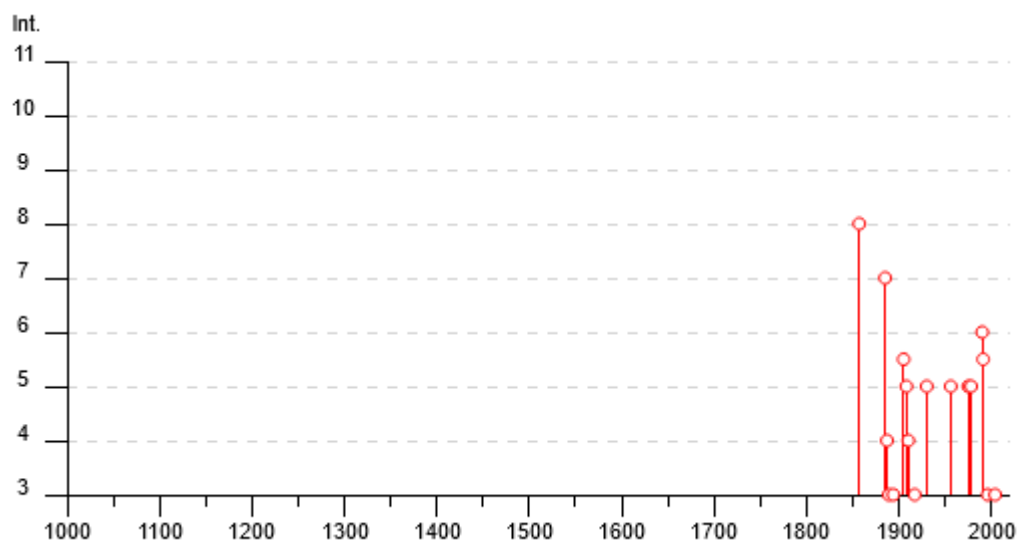
48

Epicentri dei maggiori terremoti avvenuti lungo la catena appenninica e che hanno interessato la regione

9.2 STORIA SISMICA DI FERRANDINA

Ferrandina

PlaceID	IT_63413
Coordinate (lat, lon)	40.495, 16.457
Comune (ISTAT 2015)	Ferrandina
Provincia	Matera
Regione	Basilicata
Numero di eventi riportati	20























Studio Tecnico di Geologia

Dott. Antonio Dibiase

Piazza P.P. Gallipoli, 9 – 75024 Montescaglioso (MT)

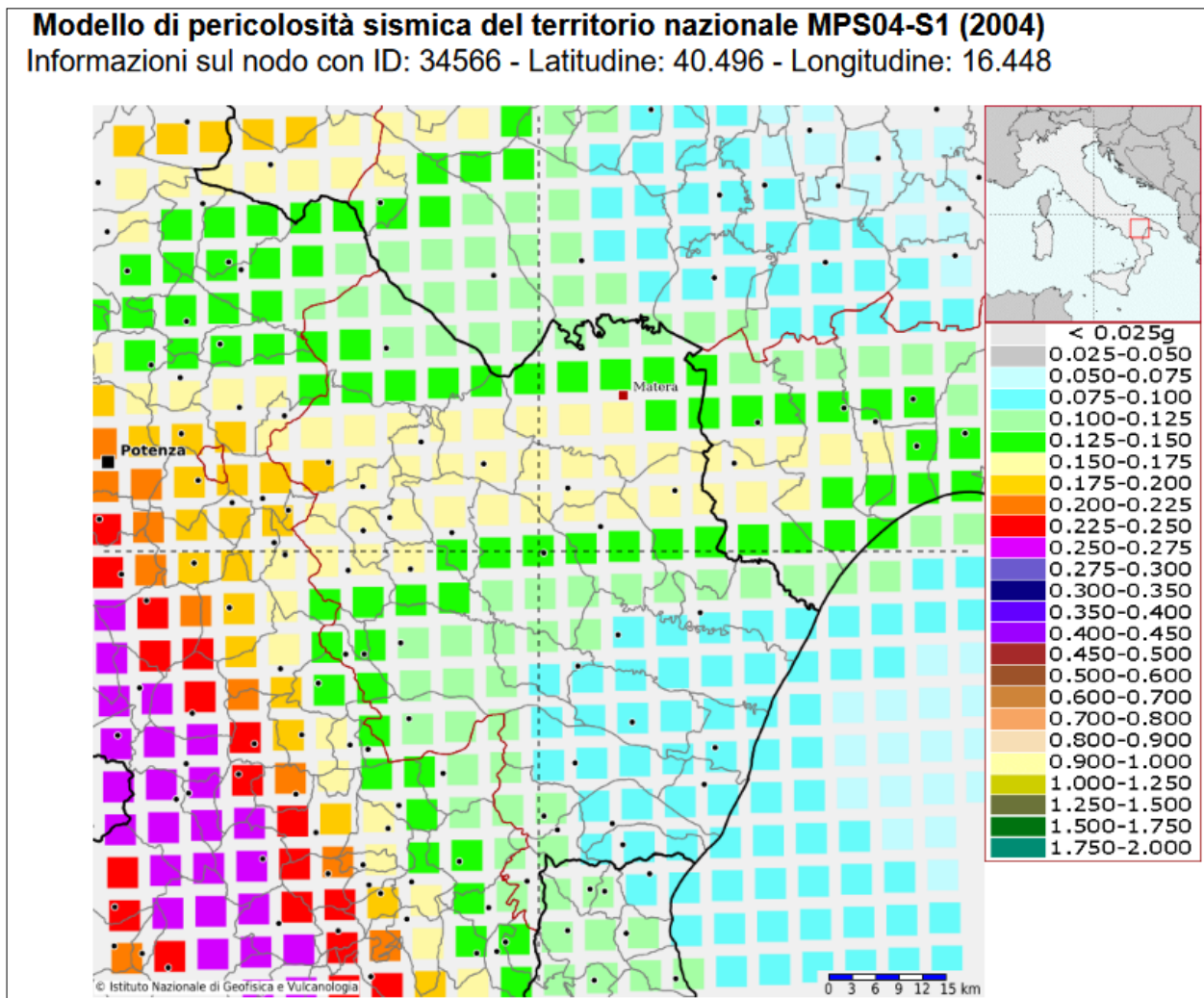
Tel/Fax 0835404961 cell. 32877338268 e-mail: antodibi71@gmail.com

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8		1857	12	16	21	15	Basilicata	340	11	7.12
7		1885	12	24	10	50	Basilicata	7	6-7	5.09
4		1887	12	03	03	45	Calabria settentrionale	142	8	5.55
3		1889	12	08			Gargano	122	7	5.47
3		1894	05	28	20	15	Pollino	122	7	5.01
5-6		1905	09	08	01	43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
5		1908	03	26	13	49	Materano	21	5	4.31
4		1910	06	07	02	04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
2		1913	06	28	08	53 0	Calabria settentrionale	151	8	5.64
3		1917	06	12	18	44	Golfo di Taranto	11	4-5	5.35
5		1930	07	23	00	08	Irpinia	547	10	6.67
2		1932	03	30	09	56 2	Bassa Murgia	28	5	4.54
5		1956	01	09	00	44	Materano	45	6	4.72
5		1975	06	19	10	11	Gargano	61	6	5.02
5		1978	09	24	08	07 4	Materano	121	6	4.75
6		1990	05	05	07	21 2	Potentino	1375		5.77
5-6		1991	05	26	12	25 5	Potentino	597	7	5.08
3		1996	04	03	13	04 3	Irpinia	557	6	4.90
3		2004	09	03	00	04 1	Potentino	156	5	4.41
NF		2006	06	22	19	34 5	Costa calabra settentrionale	161		4.70

9.3. PERICOLOSITÀ SISMICA

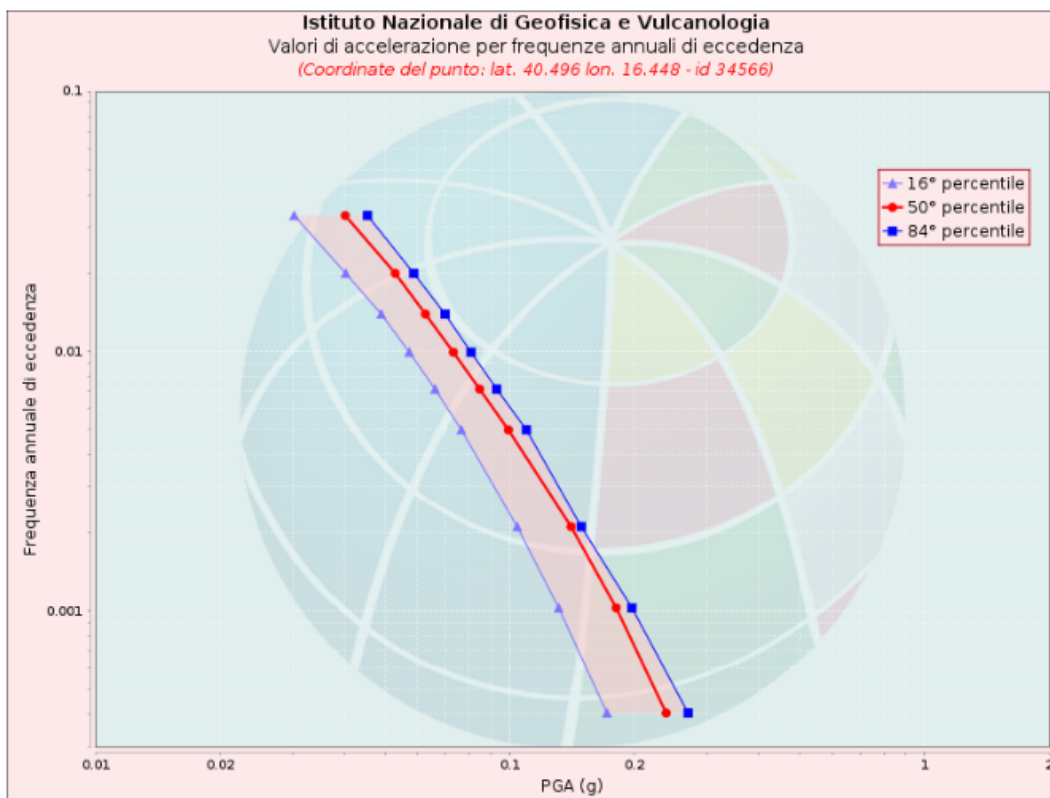
La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante. Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'**ID 34566** (posto al centro della mappa) con Latitudine: 40.541 e Longitudine: 16.648. Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.



In figura è la mappa dell'areale in cui si colloca l'areale di intervento con i valori di pericolosità sismica (dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA**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.

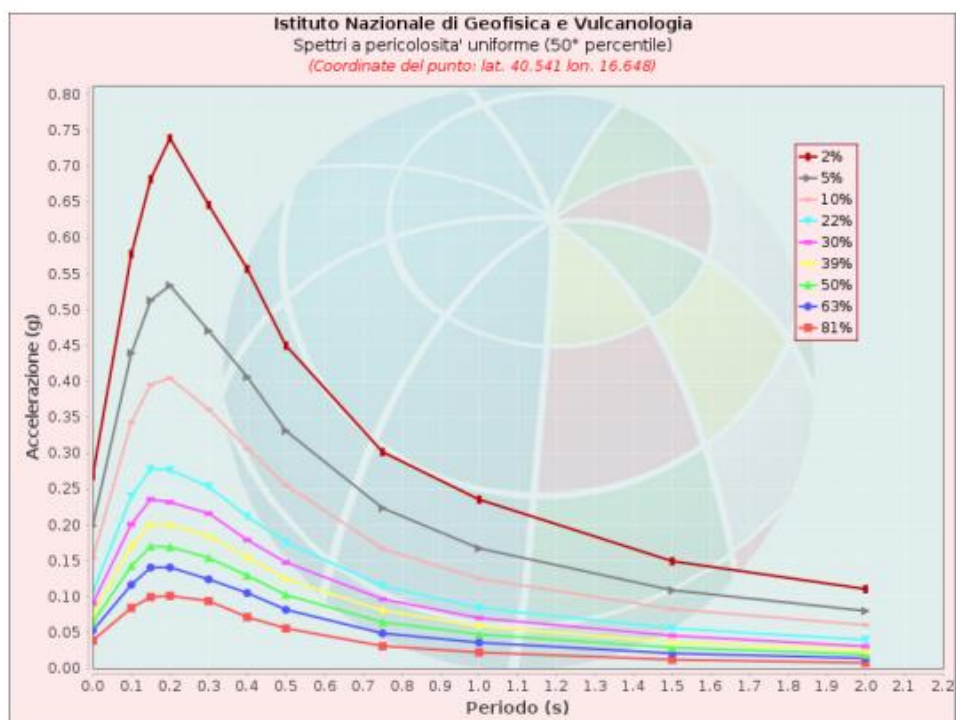


Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.172	0.239	0.269
0.0010	0.131	0.181	0.197
0.0021	0.104	0.141	0.149
0.0050	0.076	0.099	0.110
0.0071	0.066	0.085	0.093
0.0099	0.057	0.073	0.081
0.0139	0.049	0.063	0.070
0.0199	0.040	0.053	0.059
0.0332	0.030	0.040	0.045

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA**Spettri a pericolosità uniforme**

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

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



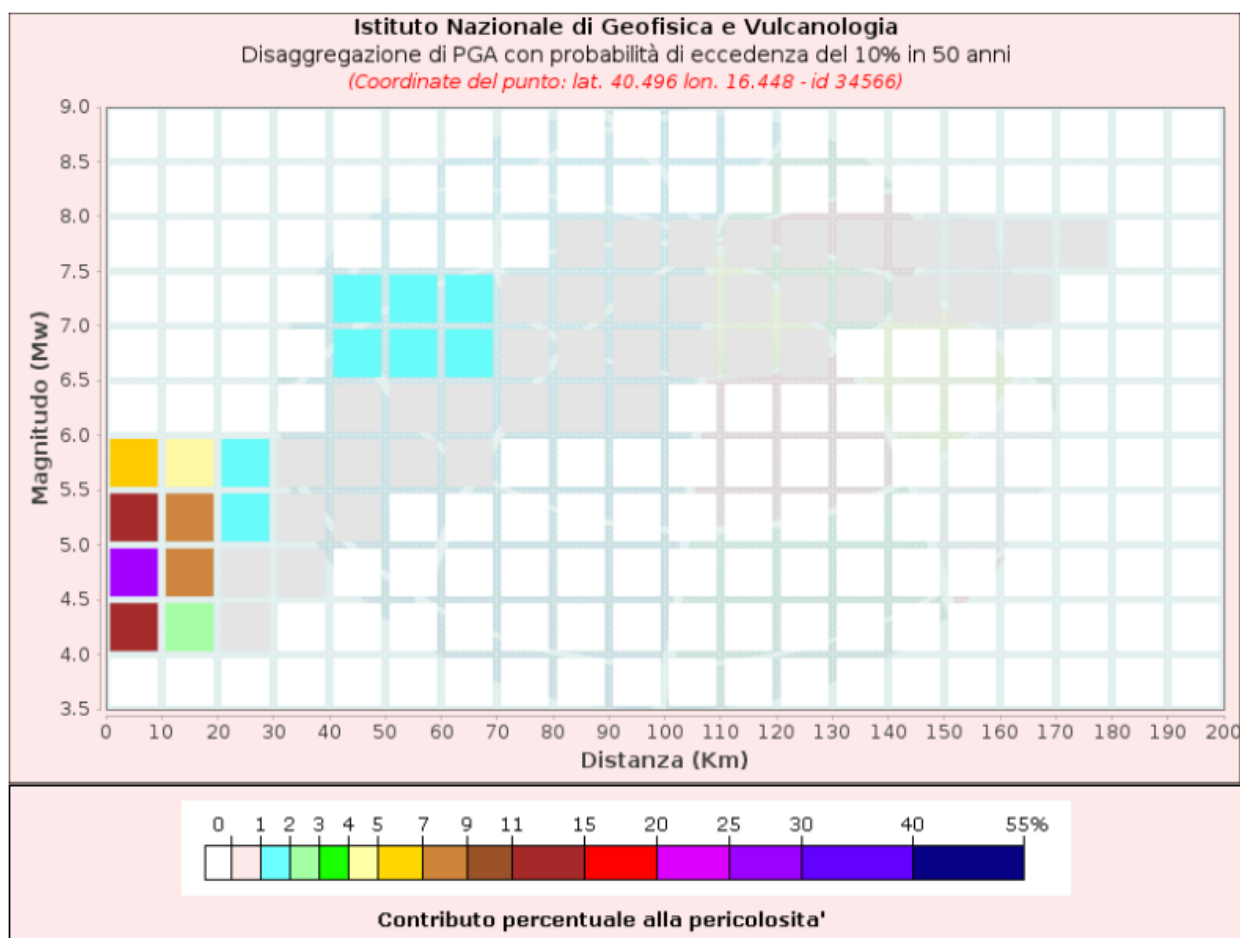
Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE	Accelerazione (g)										
in 50	Periodo (s)										
anni	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.268	0.578	0.682	0.739	0.646	0.557	0.450	0.302	0.235	0.149	0.111
5%	0.199	0.440	0.513	0.534	0.471	0.406	0.331	0.223	0.167	0.109	0.080
10%	0.154	0.343	0.396	0.405	0.361	0.307	0.255	0.167	0.125	0.083	0.061
22%	0.107	0.240	0.278	0.277	0.254	0.212	0.176	0.115	0.084	0.056	0.040
30%	0.090	0.201	0.236	0.232	0.216	0.179	0.148	0.097	0.070	0.046	0.031
39%	0.076	0.171	0.201	0.200	0.184	0.155	0.124	0.081	0.059	0.037	0.025
50%	0.064	0.143	0.170	0.169	0.154	0.130	0.102	0.065	0.048	0.029	0.020
63%	0.053	0.117	0.141	0.141	0.124	0.105	0.082	0.049	0.036	0.021	0.014
81%	0.039	0.084	0.100	0.101	0.094	0.072	0.056	0.031	0.022	0.012	0.008

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

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.



Studio Tecnico di Geologia

Dott. Antonio Dibiase

Piazza P.P. Gallipoli, 9 – 75024 Montescaglioso (MT)

Tel/Fax 0835404961 cell. 32877338268 e-mail: antodibi71@gmail.com

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni											
Distanza	Magnitudo										
in Km	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	14.9000	26.5000	14.2000	5.1200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	2.9800	8.3900	7.7700	4.2200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0687	0.7760	1.4600	1.1400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0065	0.1670	0.2350	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0084	0.1970	0.5400	1.0500	1.0200	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0721	0.6510	1.6100	1.4300	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023	0.3310	1.2400	1.2100	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0927	0.7030	0.7490	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0100	0.2910	0.3240	0.0029	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0949	0.1700	0.0238	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0282	0.1040	0.0201	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0054	0.0572	0.0133	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0280	0.0086	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0120	0.0053	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0033	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0018	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0008	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Valori Medi: magnitudo = 5.15 ; distanza = 14.8 ; epsilon = 0.921											

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

9.4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SEDIME – INDAGINE INDIRECTE -

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, eseguite nell'ambito della stessa area, consente inoltre di definire i rapporti di giacitura, ed i caratteri geotecnici 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 VsEq.

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 Vs nei primi 30 metri di profondità.

Per l'acquisizione dei dati sono stati utilizzati sismografi modulari a 24 canali della Geometrix con intervallo di campionamento 125μ - 2ms e rapporto segnale rumore a 24 bit, i ricevitori utilizzati sono geofoni verticali con frequenza propria di 14 Hz., 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'**Elaborato GELO3** sono riportate, foto, sismogramma e spettro di velocità, profilo verticale onde S.

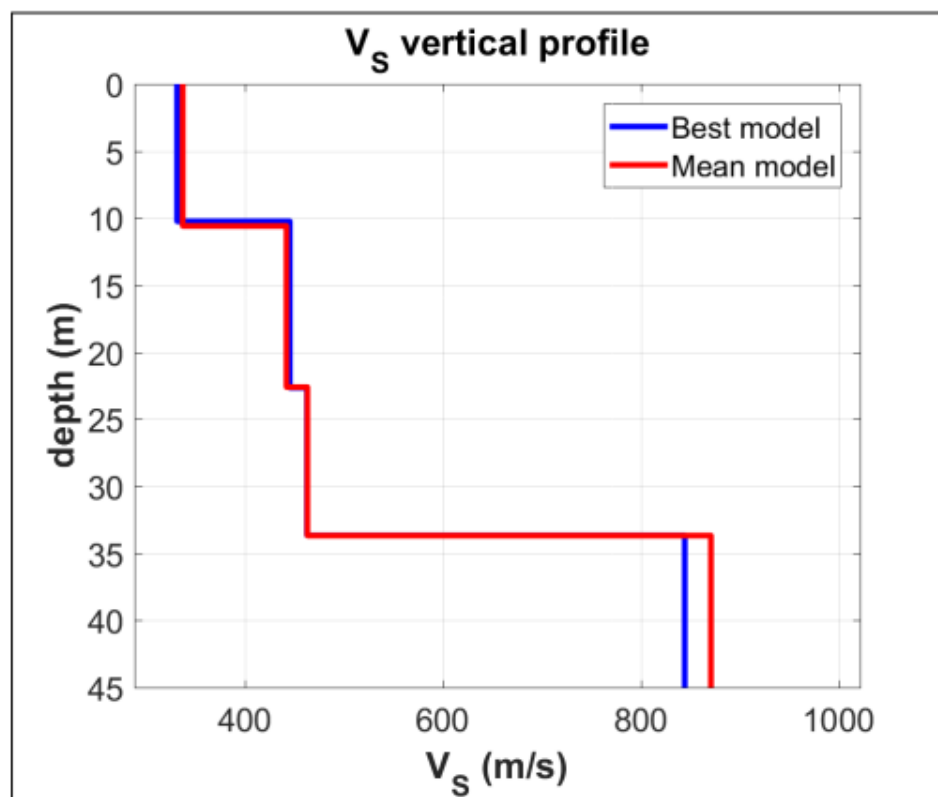
In maniera riassuntiva si riportano i valori delle di velocità delle onde di taglio risultante dall'indagine MASW 1, MASW 2, MASW 3 e MASW 4, evidenzia la presenza di due unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

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 due differenti categorie :

MASW 1 - $V_{S,30} = 410$ m/s – Categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

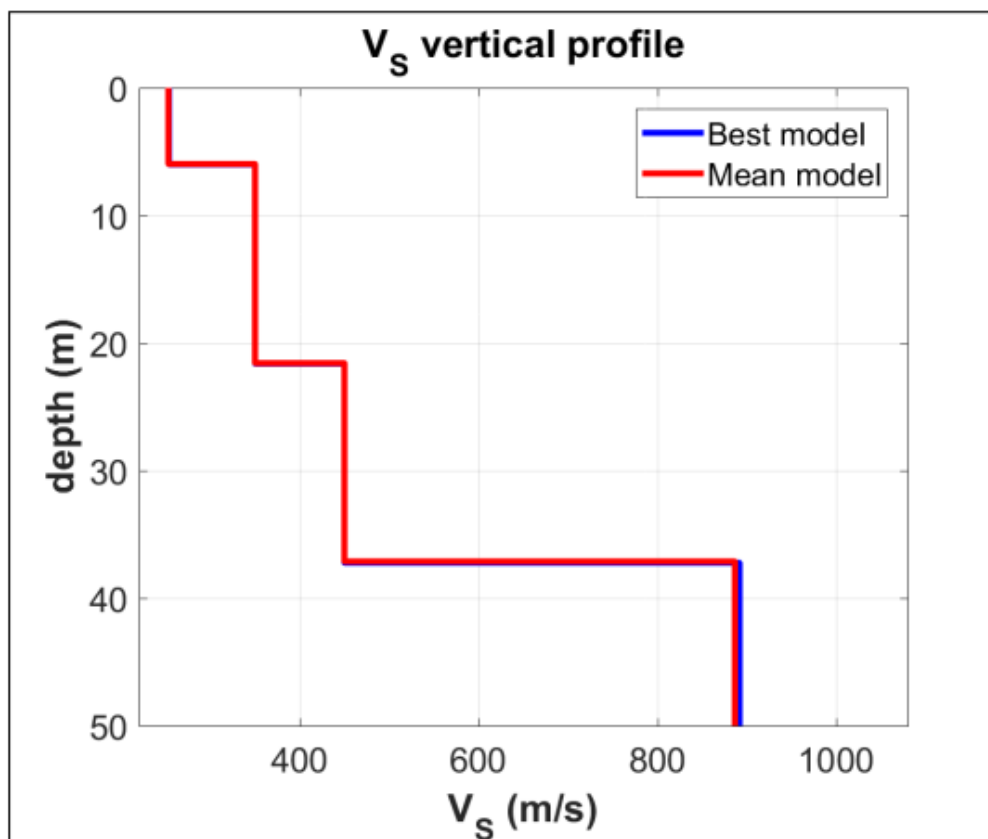
Mean model
Vs (m/s): 337, 442, 463, 871
Standard deviations (m/s): 12, 8, 15, 53
Thickness (m): 10.6, 12.0, 11.1
Standard deviations (m/s): 0.6, 0.8, 1.0

STRATIGRAFIA

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

MASW 2 - $V_{S,eq} = 345$ m/s – Categoria C: *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*

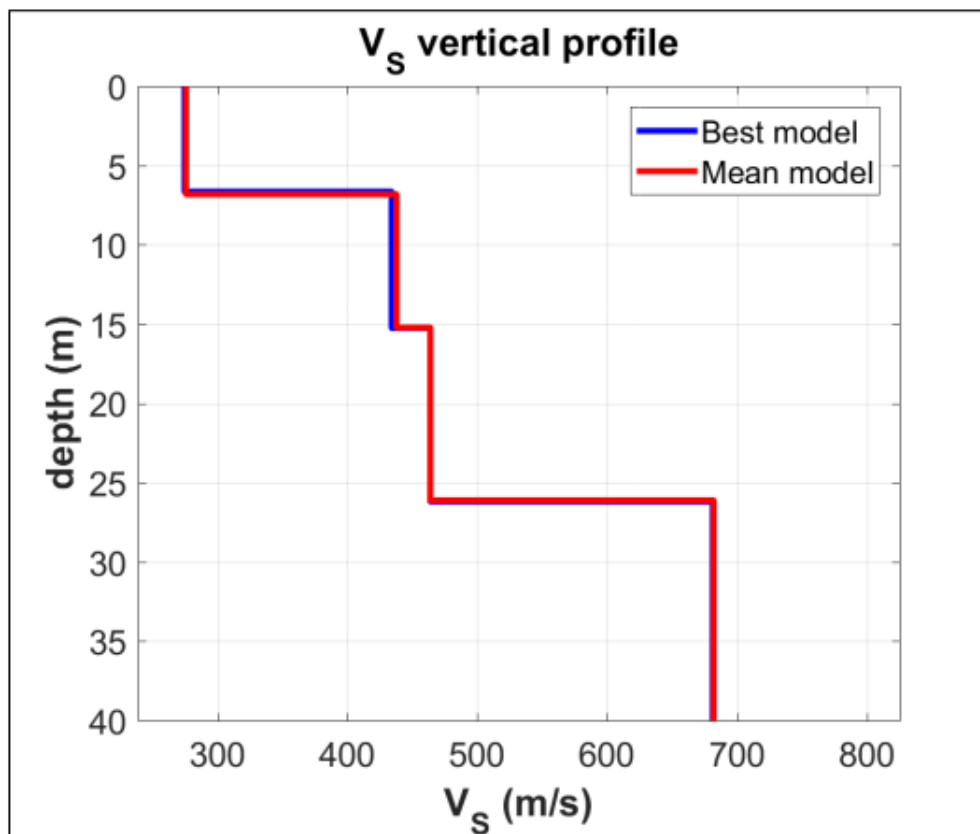
Mean model
V_s (m/s): 253, 350, 450, 887
Standard deviations (m/s): 3, 1, 2, 28
Thickness (m): 6.0, 15.6, 15.5
Standard deviations (m/s): 0.1, 0.0, 0.3

STRATIGRAFIA

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

MASW 3 - $V_{S,30} = 410$ m/s – Categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

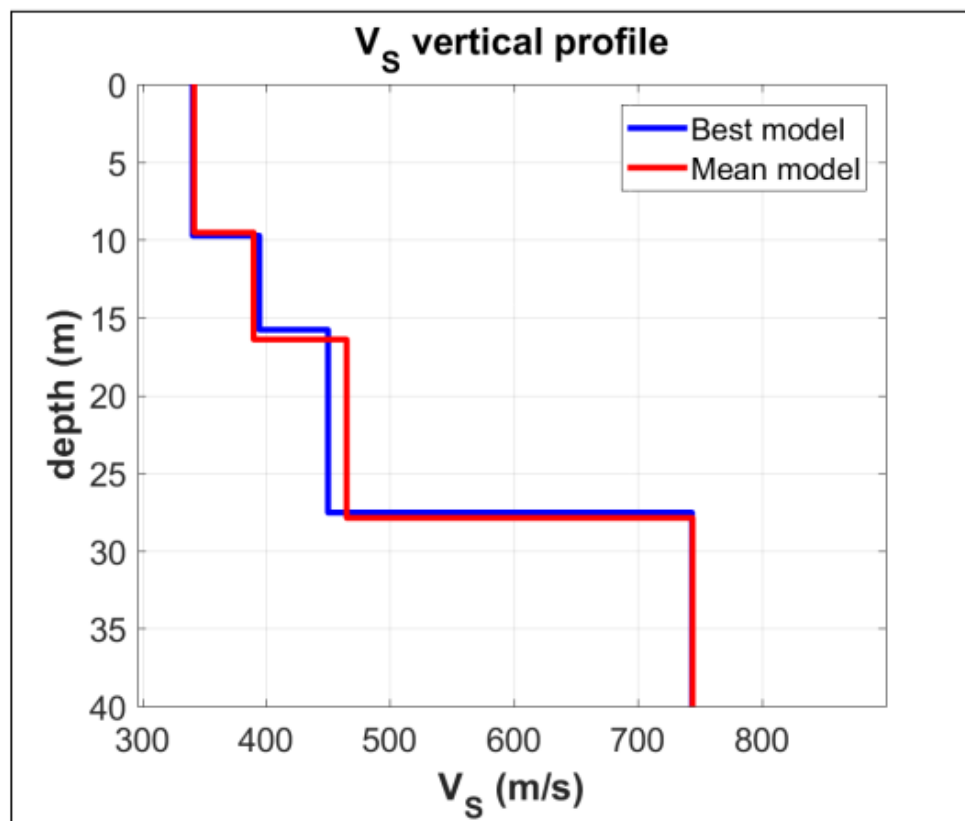
Mean model
Vs (m/s): 276, 438, 464, 682
Standard deviations (m/s): 10, 11, 7, 11
Thickness (m): 6.8, 8.4, 10.9
Standard deviations (m/s): 0.7, 0.9, 0.2

STRATIGRAFIA

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

MASW 4 - $V_{S,30} = 409$ m/s – Categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Mean model
Vs (m/s): 342, 390, 465, 744
Standard deviations (m/s): 13, 15, 30, 7
Thickness (m): 9.5, 6.9, 11.5
Standard deviations (m/s): 1.2, 1.8, 1.2

STRATIGRAFIA

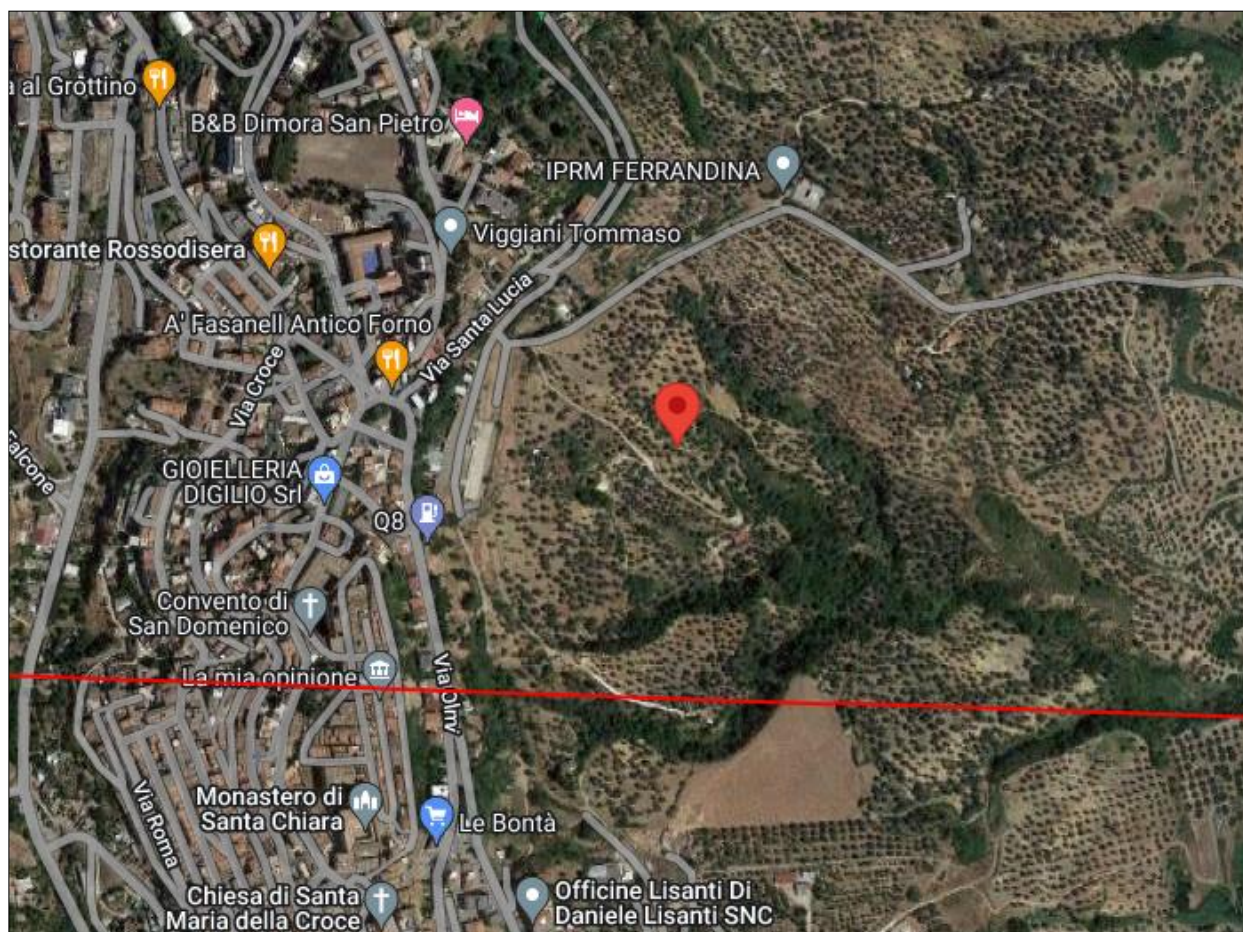
Studio Tecnico di Geologia

Dott. Antonio Dibiase
Piazza P.P. Gallipoli, 9 – 75024 Montescaglioso (MT)
Tel/Fax 0835404961 cell. 32877338268 e-mail: antodibi71@gmail.com

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

9.5 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.

WGS84: Lat 40.497053 Lng 16.461118

ED50: Lat 40.498043 Lng 16.461936

Stati limite



Classe Edificio

I. Presenza occasionale di persone, edifici agricoli...



Vita Nominale

50



Interpolazione


Media ponderata

CU = 0.7


Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.040	2.458	0.290
Danno (SLD)	35	0.044	2.460	0.298
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.125	2.508	0.348
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.164	2.513	0.353
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35			

9 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

Coefficienti sismici


 Tipo **Stabilità dei pendii e fondazioni** ▼

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




H (m)

1




us (m)

0.1



Cat. Sottosuolo

B ▼




Cat. Topografica

T1 ▼

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,41	1,40	1,36	1,35
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	0.010	0.011	0.036	0.047
kv	0.005	0.005	0.018	0.024
Amax [m/s ²]	0.473	0.515	1.466	1.927
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

10 ANALISI DI STABILITA'

Al fine di verificare la fattibilità degli interventi progettuali, si è provveduto ad una analisi di stabilità condotta su n. 3 sezioni tracciata secondo il massimo declivio, lungo le aree oggetto di intervento **(Elaborato GEL04)**.

Il calcolo è stato effettuato con tre diverse metodologie proposte rispettivamente da da Morgestern – Price nel 1965, da Chen – Morgestern – Price (1983) e da Berselli (2016), ed è stato condotto con il software SSAP 2010 (release 4.9.9. del 2019). Di seguito una descrizione delle metodologie adottate.

10.1. 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)

10.2. 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).

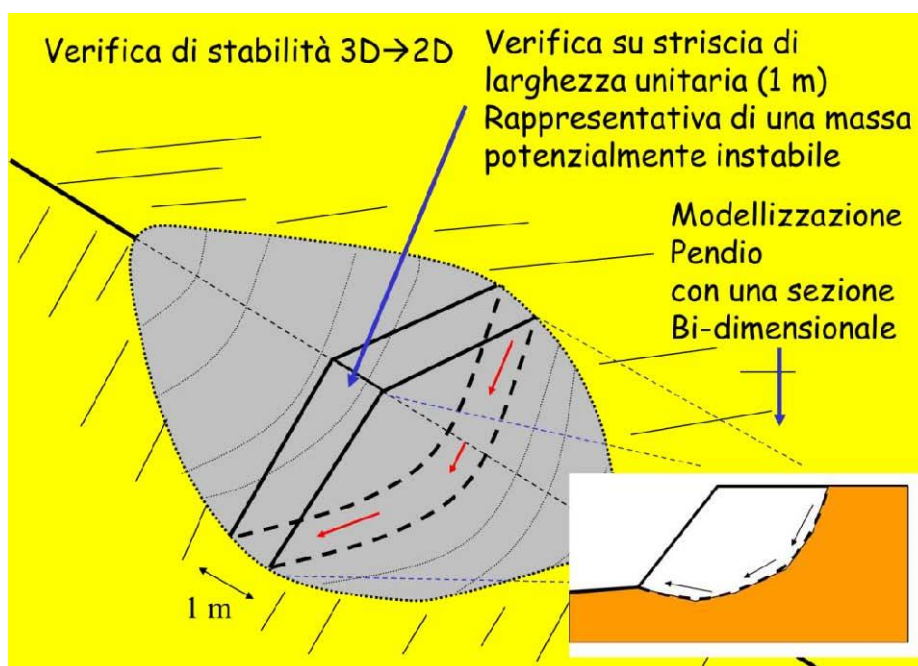


Fig. 10.1

Nei metodi LEM il calcolo di F_s 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 10.1).

Nella applicazione del metodo dell'equilibrio limite tale superficie (fig. 10.1) 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. Collapsi 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_f (capacità) e quindi è possibile definire F_s come:

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

66

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:

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

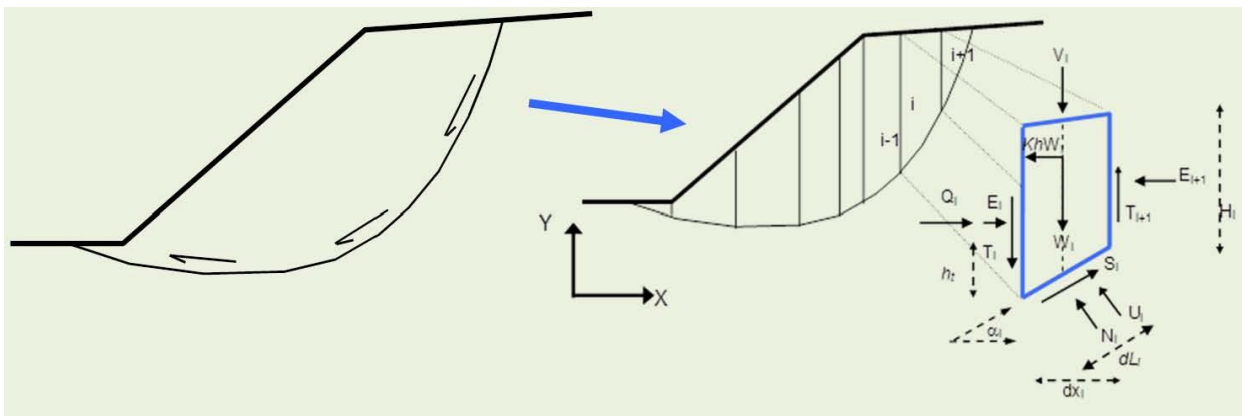
Che avverrà qualora sia verificata la condizione di eguaglianza tra sforzi mobilitati e disponibili, ovvero tra domanda e capacità.

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.

Fs 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, Fs 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 Fs più basso. Tale superficie è detta anche "SUPERFICIE CRITICA". Una superficie di scivolamento assunta divide in due parti distinte il pendio (fig.10.1).

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.

**Fig. 10.2**

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 Fs la massa potenzialmente instabile viene suddivisa in "Fette" detti Conci delimitate da superficie verticali (fig.10.2). Su ogni conco vengono valutate singolarmente le forze agenti e resistenti. L'insieme delle forze agenti sul conco singolo è presentato in figura 10.2. Queste forze sono W =Peso del conco, S =Forza di taglio mobilitata sulla base del conco, N =Forza peso normale

alla base del concio, U=Forza esercitata dal carico idraulico agente sulla base, T=Forza verticale interconcio, E=Forza orizzontale interconcio.

Fs 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:

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

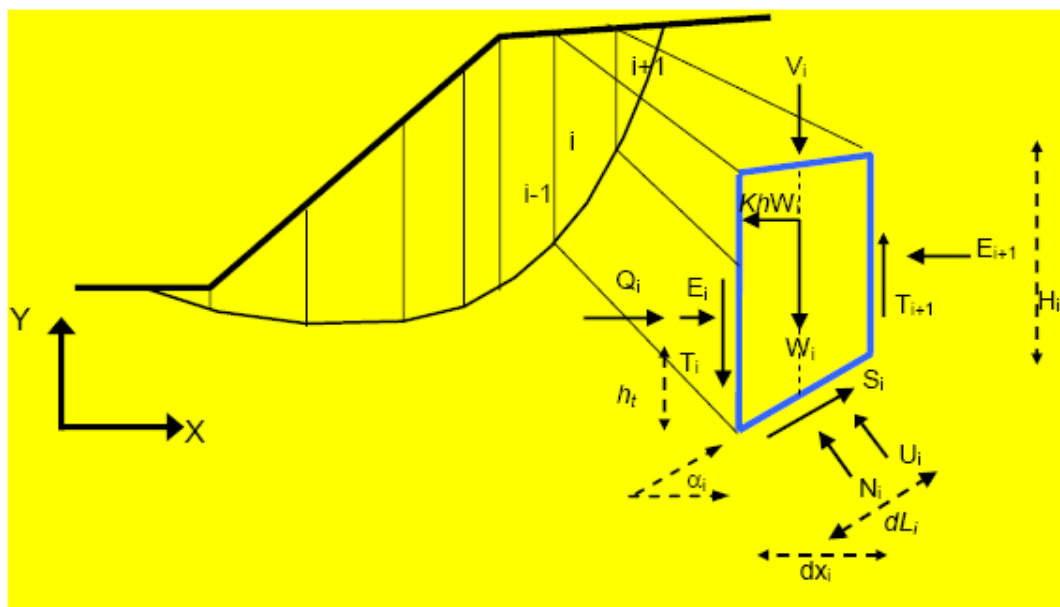
In pratica tutto il sistema di forze verticali, orizzontali e dei momenti devono garantire una somma 0 (eq. 2.3).

Quando tutti i parametri di interesse sono noti si passa al calcolo di Fs. 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 Fs 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 Fs verrà illustrato con maggior dettaglio nella sezione seguente.

10.3. 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 Fs 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. 10.3 è possibile visualizzare il sistema di forze che agiscono in un concio i-esimo.

**Fig. 10.3**

N.B.: Di seguito tutte le forze tutte le forze e le grandezze indicate nella fig. 10.3 , ad esempio le forze T ed E di interazione tra i concio, 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:

i = indice numerico del concio

α_i = angolo di inclinazione della base del concio

dl = lunghezza della base del concio

dx = larghezza del concio

H = altezza verticale del concio

h_i = altezza punto di applicazione delle forze interconco

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

Kh = 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 F_s . Tale sistema di due equazioni non lineari (eq. 2.4) è piuttosto complesso e deve essere risolto sempre in modo iterativo, risultando le incognite (F_s 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. 10.4) avremo che F_s e λ sono legati da:

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

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

Nell'eq. 2.4 , F_s 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 interconcio 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 F_s , implementati nella notazione unificata della eq. (2.4), si diversificano per la 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 F_s 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)	$T(x) = \frac{\lambda}{F_s} \left\{ \bar{c} H(x) + \left[(E(x) - P_w(x)) \tan \bar{\phi}' \right] \right\}$
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)	$T(x) = \frac{\lambda}{F_s} f(x) \left\{ \bar{c} H(x) + \left[(E(x) - P_w(x)) \tan \bar{\phi}' \right] \right\}$
3	Janbu Rigoroso (1973) ²	$T(x) = E(x) \tan \alpha_t + h_t \frac{dE(x)}{dx} - h_q \frac{dQ}{dx} + 0.5 K_c H \frac{dW}{dx}$

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, Morgenstern & 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.

10.4. 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):

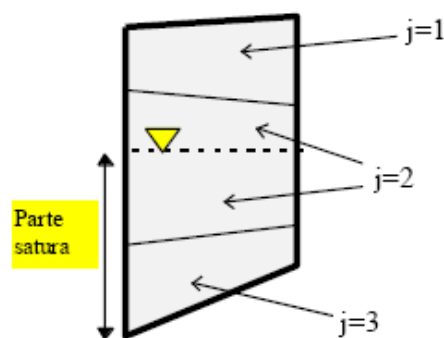


fig. 2.5

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

dove:

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

V_w = Volume della parte di concio satura

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):

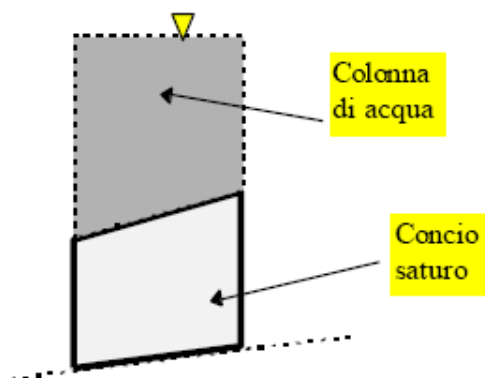


Fig. 2.6

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

dove:

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

10.5. 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 2.7

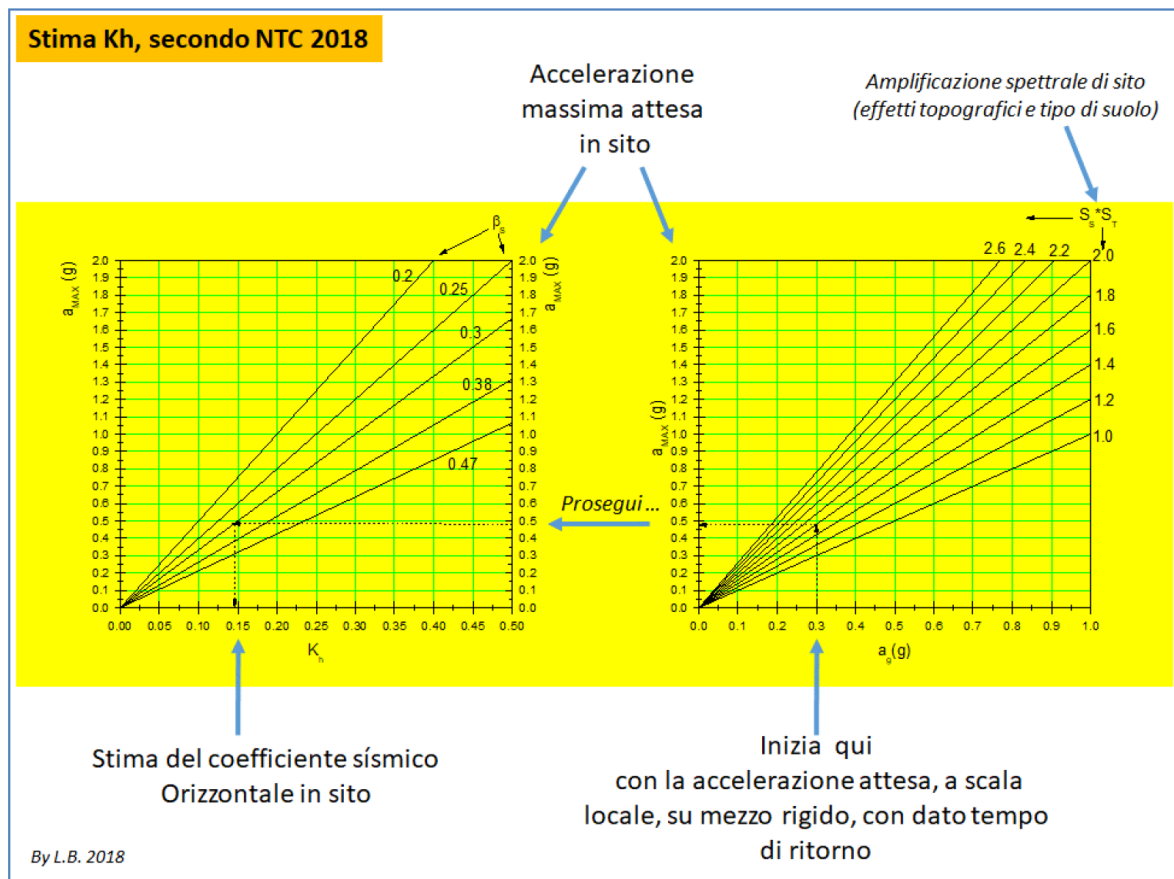


Fig. 10.7

Dal nomogramma in figura 10.7 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:

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

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.

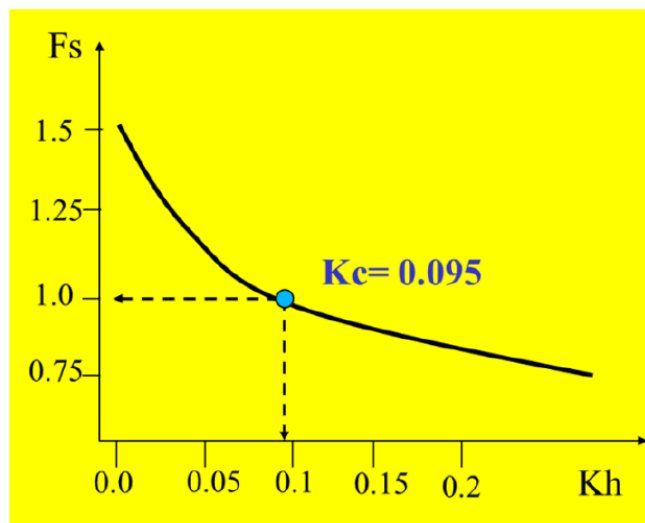
Metodo degli spostamenti

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 10.8).

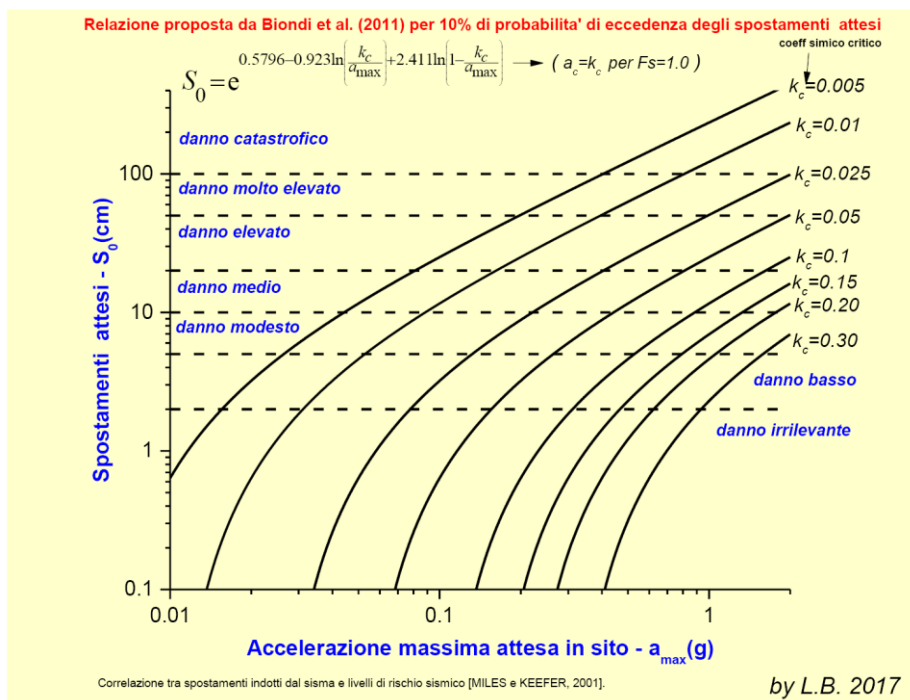
Secondo quanto indicato da Sarma (1973) è possibile esprimere il grado di stabilità del sistema mediante il valore del coefficiente Sismico orizzontale K_h che produce $F_s=1.0$.. Ovvero le condizioni al limite della stabilità quando si verifica che $K_h=K_c$.

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 $F_s>1.0$.

**Fig. 10.8**

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 2.9.

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}

**Fig. 10.9**

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

$$S = S_o S_r \quad (2.10)$$

dove:

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

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

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

10.6. SEZIONE DI VERIFICA

Come accennato innanzi, le sezioni di verifica utilizzate sono state tracciate secondo l'allineamento di massima pendenza nell'areale di interesse e ad ogni modo lungo le direttrici secondo le quali, a seguito del rilievo di dettaglio di campagna eseguito, dei risultati geologi e geotecnici rilevati, sono rappresentativi di un'area che necessita di interventi di mitigazione del rischio idrogeologico. Esse corrispondono alle sezioni geologica EF, GH e AREA D'ONOFRIO. Per quest'ultima la scelta della sezione su cui effettuare l'analisi di stabilità è stata molto più ristretta, valutando la sola condizione di presenza del salto morfologico presente tra via Lanzillotti e la parte sottostante con la presenza delle cantine.

I dati utilizzati per la costruzione del modello litotecnico (figura 10.6, 10.7, 10.8), sono quelli derivati dalle indagini condotte nella campagna di indagine e facente parte integrante del presente studio.

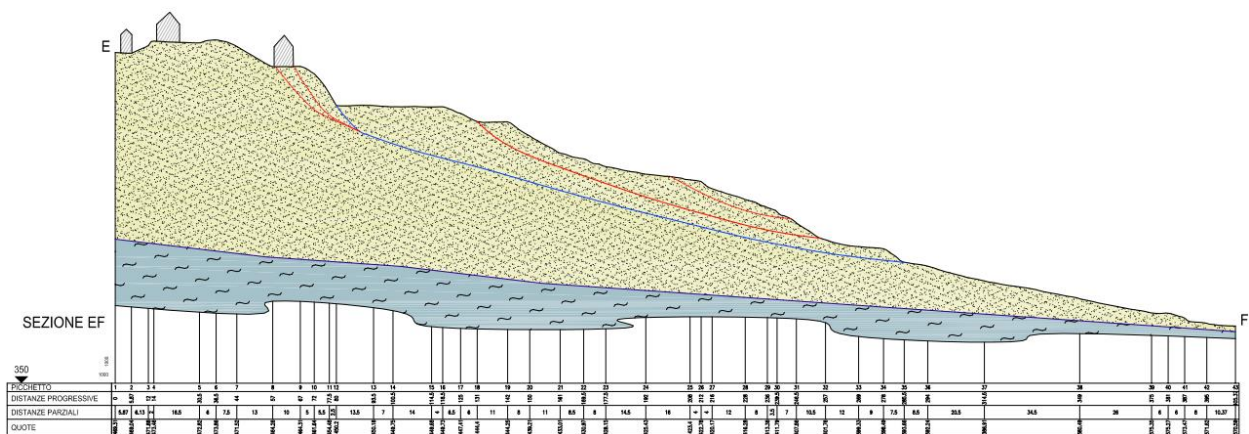


Figure 10.6 Sezione litotecnica EF

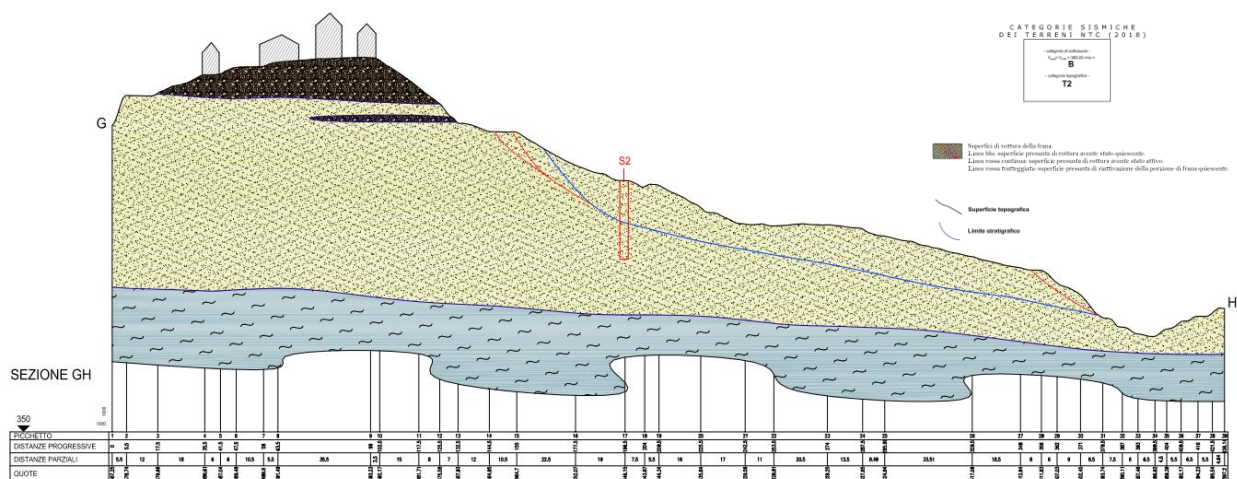


Figure 10.7 Sezione litotecnica GH



Figura 10.8 Sezione litotecnica AREA D'ONOFRIO

Si è esclusa la presenza di falde persistenti in quanto non sono consentiti fenomeni di imbibizione del substrato interessato dalle opere data l'elevata permeabilità dello stesso. La verifica è stata effettuata 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 (Elaborato GEL04). Di seguito la modellazione del pendio inputata nel programma di calcolo (fig. 10.9, fig. 10.10 e fig 10.11):

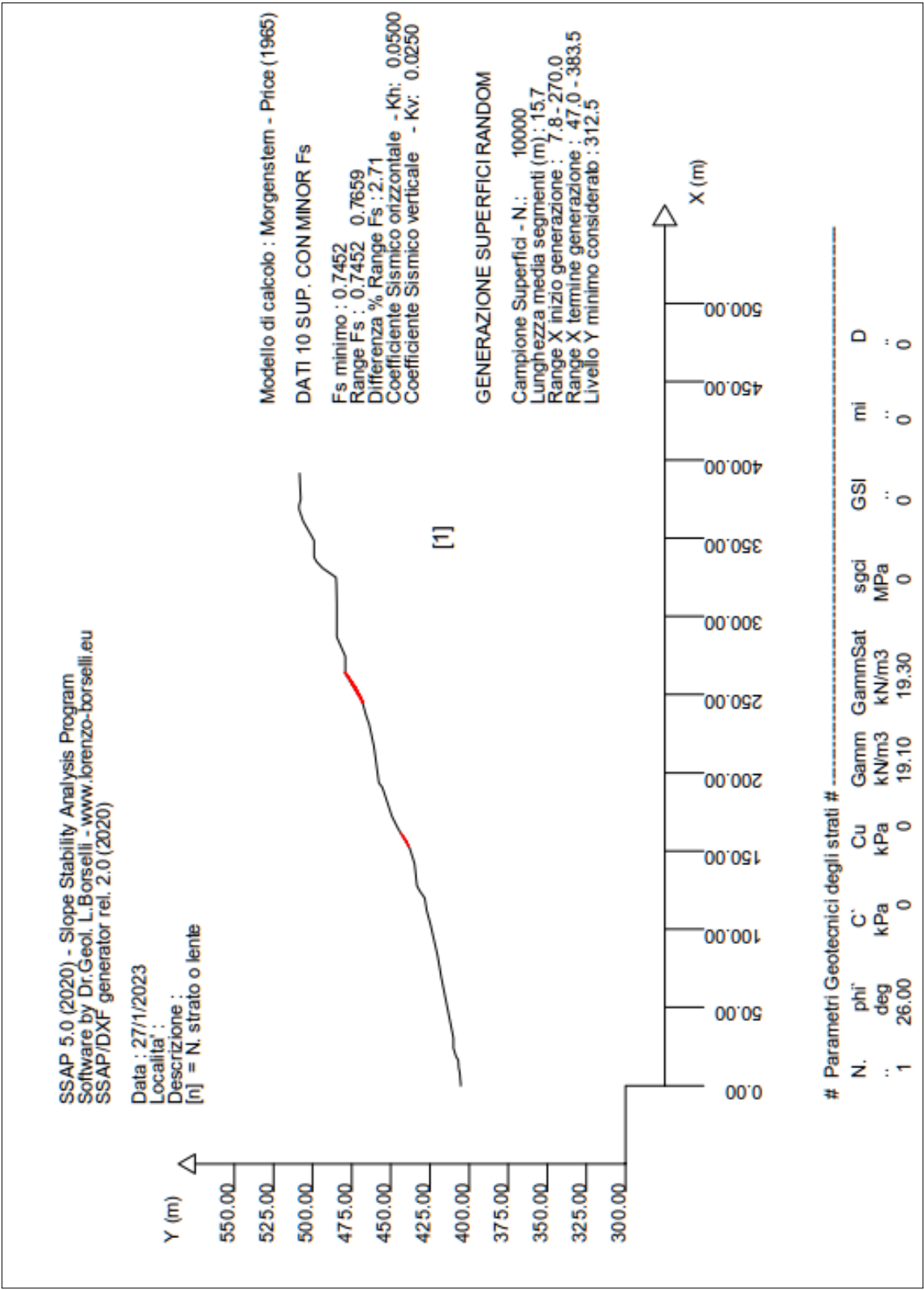


Figura 10.9 Modello di input della sezione di verifica nel programma di calcolo EF

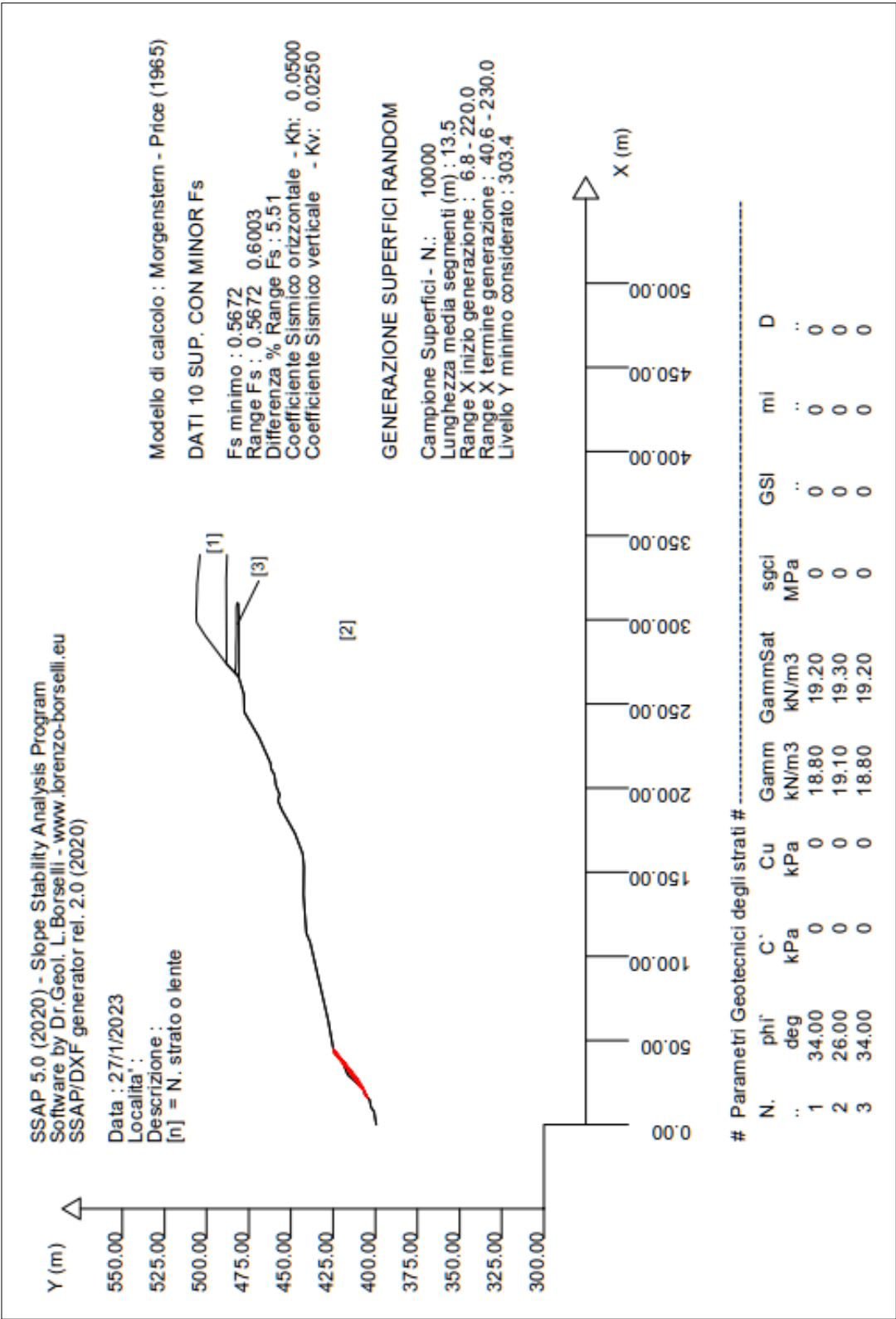


Figure 10.10 Modello di input della sezione di verifica nel programma di calcolo EF

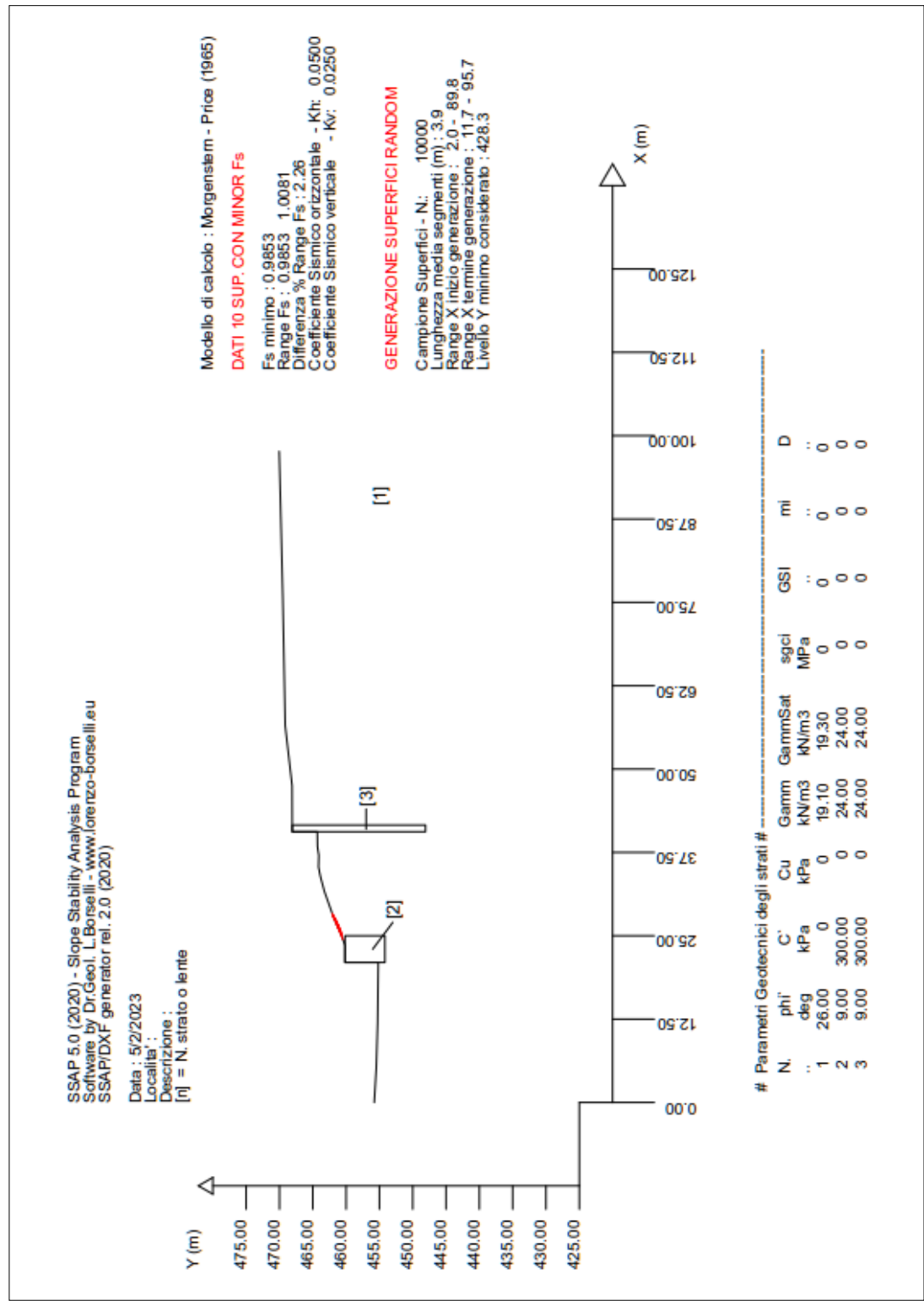


Figure 10.11 Modello di input della sezione di verifica nel programma di calcolo AREA D'ONOFRIO

10.7. RISULTATI DELLE VERIFICHE DI STABILITA'

Dalla lettura dei risultati dei calcoli di verifica, per le metodologie di analisi utilizzate, si evince che i coefficienti di sicurezza minimi calcolati risultano:

SEZIONE E-F	
Metodologia di calcolo	Coefficiente di sicurezza minimo individuato
MORGENSTERN & PRICE, 1965	0,7452
SARMA II, 1979	0,7466
BERSELLI (2013)	0,7332

SEZIONE G-H	
Metodologia di calcolo	Coefficiente di sicurezza minimo individuato
MORGENSTERN & PRICE, 1965	0,5672
SARMA II, 1979	0,5733
BERSELLI (2016)	0,5670

AREA D'ONOFRIO	
Metodologia di calcolo	Coefficiente di sicurezza minimo individuato
MORGENSTERN & PRICE, 1965	0,9853
SARMA II, 1979	0,9796
BERSELLI (2016)	0,9796

Come è facilmente desumibile dalla lettura dei coefficienti non risultano soddisfatti, in quanto il coefficiente minimo di sicurezza, calcolato in condizioni di sisma non risulti inferiore a 1,1.

In ogni caso vanno fatte delle dovute ed opportune precisazione rispetto alle aree investigate. In particolare modo l'area su si prevede la realizzazione del parcheggio, ovvero la **zona D'Onofrio**, ha valori del coefficiente di sicurezza prossimi a 1. Come è possibile notare dai tabulati di calcolo le superfici che non verificano gli standard minimi di sicurezza, sono confinate nella parte estremamente superficiale della porzione di terreno al di sopra del muro di contenimento. Questo dimostra la stabilità globale del sito, ciò nonostante in fase di progettazione sarà opportuno verificare ulteriori sezioni di analisi di stabilità le quali dovranno essere opportunamente definite in funzione degli interventi e delle opere da realizzare.

Ben diversa si presenta la situazione dell'area **sotto S. Lucia**. In questo caso le misure dei coefficienti di sicurezza risultano estremamente bassi per tutte e tre le metodologie adottate e per tutte le sezioni di calcolo.

Dall'osservazione delle superfici di scivolamento individuate, si evince che queste interessano esclusivamente la coltre superficiale di copertura, verificando quanto osservato direttamente in sito in fase di rilevamento geologico. Pertanto gli interventi di progetto dovranno necessariamente tener conto di dette situazione, ma in particolar modo dovranno contribuire ad aumentare un regolare deflusso delle acque meteoriche la cui disciplina sarà, a parere del sottoscritto, la priorità come fase di azione

Per un maggiore approfondimento sui dati di calcolo, si rimanda **all'Elaborato GEL04**, che rappresenta parte integrante della presente relazione.

11 INTERVENTI PREVISTI

Dalle indagini eseguite in sito è possibile individuare due categorie di terreni con caratteristiche litologiche e geotecniche differenti: sabbie limose e conglomerati poligenici di chiusura.

Lo scopo del presente progetto è pertanto quello di definire le problematiche geologiche di due siti ubicati nel Comune di Ferrandina (MT) su cui si intende intervenire per la **riqualificazione e rifunzionalizzazione delle aree urbane denominate sotto S. Lucia e zona D'onofrio, finalizzata alla realizzazione di parcheggi, aree camper e mercatale.**

Le due aree si presentano dal punto di vista geologico-geomorfologico ed idrogeologico, completamente differenti. La **zona D'Onofrio**, non mostra alcuna situazione di rischio o potenzialmente tale. Le analisi di stabilità, la conformazione morfologica e la litologia dei terreni affioranti, fanno sì che il sito sia idoneo ad ospitare le costruende opere, a condizione che però vengano soddisfatti tutti i criteri di verifica geologica fin qui esaminati.

87

Completamente diversa è la zona di versante denominata **sotto S. Lucia** dove la parte medio bassa del versante necessita di una **regimentazione delle acque provenienti da monte**, ovvero dalla zona urbanizzata e dalla zona di versante soprastante, consentendo quindi alle stesse di raggiungere la zona di fondo valle senza generare fenomeni di erosione al piede del versante, sia in destra che in sinistra idraulica delle incisioni presenti; ciò anche in considerazione della vicinanza con le abitazioni, poste subito a monte dell'area.

Un aspetto non trascurabile nella fase di progettazione è la **rivalutazione ambientale e paesaggistica della zona**. Si consiglia sin da questo momento di intervenire, nella parte che riguarda la regimentazione delle acque selvagge e della salvaguardia del versante medio basso, con opere di ingegneria naturalistica o comunque con interventi non necessariamente rigidi, in particolare si potranno utilizzare come metodi di intervento:

- Sistemazione dei fossi con realizzazione di briglie in legno e pietra locale e di un materasso in pietrame sul fondo alveo del canale;
- Grate con pali in legno;
- Sistemazione briglia esistente in cls con ricoprimento in pietra e rinverdimento delle gabbionate esistenti in sinistra idraulica.

12 CONCLUSIONI

E' stato condotto uno studio per la definizione delle caratteristiche geologico-tecniche di un'area, situata nella parte Nord Orientale del Comune di Ferrandina (MT), su cui si prevedono interventi di **riqualificazione e rifunzionalizzazione delle aree urbane denominate sotto S. Lucia e zona D'onofrio**, finalizzata alla realizzazione di paraggi, aree camper e mercatale. Le aree in questione si collocano su due zone differenti, nelle quali ci sono situazioni di rischio idrogeologico completamente diverse. Nella **zona D'onofrio**, l'area è priva di qualsiasi problematica, mentre nella zona sotto S. Lucia l'Autorità di Bacino della Basilicata ha perimetrato la zona con tre distinte zone:

- area ASV, (aree assoggettate a verifica idrogeologica);
- aree a rischio elevato R3;
- aree a rischio medio R2;

Sicuramente queste aree saranno quelle maggiormente interessate da interventi di sistemazione idraulico-forestale, in modo da garantire la salvaguardia del centro urbano attraverso la contestuale sistemazione dei fossi in erosione che attualmente agiscono sulla coltre detritica superficiale. L'amministrazione comunale, infatti, con questo intervento, così come per gli altri messi in campo in questo periodo, intende porre freno all'intensa attività erosiva e di dissesto a cui il territorio comunale è sottoposto.

In particolar modo per l'area individuata come sotto S. Lucia si dovrà intervenire con opere che riqualifichino il territorio dando la possibilità ai cittadini residenti e alle persone che visitano Ferrandina, di fruirne in completa sicurezza. Con tale studio si intende proporre ai progettisti una particolare attenzione all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica che, in abbinamento a metodi di consolidamento tradizionali, renderanno il luogo non soltanto sicuro dal punto di vista della stabilità, garantendo l'integrità del versante e la messa in sicurezza delle abitazioni e delle reti viarie e tecnologiche, ma miglioreranno le condizioni paesaggistiche.

Montescaglioso (MT), gennaio 2023

Il Geologo
dott. Antonio Dibiase



BIBLIOGRAFIA

- Boenzi F. (1971) -. *Aspetti geomorfologici dell'area fra Matera e Ferrandina (Lucania)*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, vol. 365-378.
- Boenzi F., Palmentola G. & Valduga A. (1976) – *Caratteri geomorfologici dell'area del foglio Matera*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 95, 527-566.
- Boenzi F., Radina B., Ricchetti G. & Valduga A. (1971) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. F.201 "Matera"*. Serv. Geol. d'It., 48 pp. Roma.
- Casnedi R. (1988) – *La Fossa Bradanica: origine, sedimentazione e migrazione*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 41, 439-448. Roma.
- Casnedi R., Crescenti U. & Tonna M. (1982)- *Evoluzione dell'Avanfossa Adriatica meridionale nel Plio-Pleistocene, sulla base dei dati del sottosuolo*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 24, 243-260. Roma.
- Ciaranfi N., Maggiore M., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G. & Walsh (1979) – *Considerazioni sulla neotettonica della fossa Bradanica. Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia*. Pubbl. n. 251 del Progetto Finalizzato Geodinamica, 71-95.
- Cotecchia V. (1959) – *Il dissesto idrogeologico nella provincia di Matera*. Ann. Fac. Ingegn., 3, Bari.
- De Marco A., Balenzano F. & Dell'Anna L. (1977) – *Caratteri morfologici e mineralogici della magnetite presente nei depositi terrazzati marini post-calabrianici della zona pugliese-lucana e sua distribuzione areale. Considerazioni stratigrafiche e paleogeografiche*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 96, 557- 567.
- De Marco A. (1990): *Rapporti tra geodinamica e sedimentazione nella Fossa Bradanica durante il Pleistocene: testimonianze mineralogiche*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 109, 313-324.
- Doglioni C (1991) – *A proposal for the kinematic modelling of W-dipping subduction possible application to the Tyrrhenian-Appennines system*. Terra Nova, 3, 423-434.
- Migliorini C. (1952) – *Lo stato odierno della conoscenza del sottosuolo della Fossa Bradanica*. Atti VII Congr. Naz. Metano e Petrolio.
- Pieri P., Sabato L. & Tropeano M. (1994): *Evoluzione tettonico sedimentaria della Fossa Bradanica a sud dell'Ofanto*. Congresso Soc. Geol. It., Bari.
- Ricchetti G. - (1967) – *Lineamenti geologici e geomorfologici della media valle del fiume Bradano*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 86, 607-622.
- Ricchetti G. - (1980) – *Contributo alla conoscenza della fossa Bradanica e delle Murge*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 99, 421-430.
- Bitondo M. – (2013) – *Studio Geologico per la stesura del RU del Comune di Ferrandina (MT)*

SOMMARIO

1	PREMESSA	1
2	PIANO STRALCIO PER LA DIFESA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO	3
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO TETTONICO	8
4.1	CARATTERI GEOLOGICI LOCALI.....	14
4.1.1	– ARGILLE MARNOSE E SILTOSE DI COLORE GRIGIO-AZZURRE (ARGILLE SUBAPPENNINE)	15
4.1.2	– SABBIE GIALLE QUARZOSO MICACEE/SABBIE FINI ARGILLOSE (SABBIE DI MONTE MARANO)	16
4.1.3	- DEPOSITI GHIAIOSI IN MATRICE SABBIOSO-LIMOSA (CONGLOMERATI DI IRSINA)	17
4.1.4	- DETRITI DI FRANA.....	18
5	INDAGINI DIRETTE	20
6	CARATTERI GEOMORFOLOGICI	28
7	IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA.....	33
8	MODELLO GEOLOGICO DELL'AREALE DI SEDIME	41
9	CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA	44
9.1	SISMICITÀ DELL'AREA	44
9.2	STORIA SISMICA DI FERRANDINA	49
9.3	PERICOLOSITÀ SISMICA	51
9.4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SEDIME – INDAGINE INDIRETTE -	56
10	ANALISI DI STABILITA'	64
10.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	64
10.2	INTRODUZIONE ALL'ANALISI DI STABILITÀ	65
10.3	PROCEDURE E METODI DI CALCOLO UTILIZZATI	68
10.4	PENDII IN FALDA.....	73
10.5	ANALISI IN PRESENZA DI SISMA (IN AMBITO NORMATIVA NTC2018)	75
10.6	SEZIONE DI VERIFICA	80
11	INTERVENTI PREVISTI	87
12	CONCLUSIONI	88
	<i>BIBLIOGRAFIA</i>	89