



COMUNE DI FERRANDINA

Provincia di Matera



RUP

Ing. Antonio MELE

PROGETTISTI

ING. PIERLUIGI TALARICO

Via S. Agostino, 23 - 74023 - Grottaglie (TA)
cell. 347 - 7041836 - mail: pierluigi.talarico@ingpec.eu

STUDIO MILETO

Ingegneria & Architettura

VIA TRENTO, 11 - 70018 RUTIGLIANO (BA)
Tel. 080.8979057
Email: vitooronzomileto6080@pec.ordingbari.it

Arch. Giuseppe LAMANNA

Via Indipendenza, 6 - 70016 - Noicattaro (BA)
Cell. 3391-1730009
E-mail: g.lamanna83@gmail.com

Dott. Geol. Filippo ZUCCARO

C.da Cugno di Maggio cs - 75017 Salandra (Mt)
Cell. 347.6181850
E-mail: info@studiozuccaro.it

GIOVANE PROFESSIONISTA

Ing. Giovanni Vittorio D'ADDARIO

TIMBRI E FIRME



ELABORATO

ARGOMENTO

PROGRESSIVO

REVISIONE

RELAZIONE GEOLOGICA

R

2

0

RAPPORTO GRAFICO

REVISIONE

NOTE DI REVISIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

0

Progetto Esecutivo

Ottobre 2022

Talarico

☒

☒

1

2

3

4

"ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA PRIMARIA F.D'ONOFRIO"

CUP - E43I20000040001

PROGETTAZIONE ESECUTIVA

INDICE

1. Premessa	pag. 2
2. Inquadramento geografico	pag. 4
3. Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico	pag. 5
3.1 Geomorfologia	pag. 12
3.2 Geolitologia	pag. 16
3.3 Idrogeologia	pag. 17
4. Campagna di Indagini Geognostiche	pag. 25
4.1 Generalità	pag. 30
4.2 M.A.S.W. (Multichannel Analysis Surface Waves)	pag. 30
<u>M.A.S.W. M1 e M2</u>	pag. 33
<u>Risultati</u>	pag. 34
4.3 Tomografia Sismica in Onde P	pag. 40
<u>Tomografia TS1 e TS2</u>	pag. 41
<u>Risultati</u>	pag. 42
5. Stratigrafia del sito	pag. 46
6. Caratterizzazione geotecnica del sito	pag. 47
7. PAI (Piano di Assetto Idrogeologico)	pag. 49
8. Caratterizzazione sismica (NTC 2018)	pag. 52
8.1 Categorie suolo di fondazione	pag. 56
8.2 Microzonazione sismica I Livello	pag. 57
9. Considerazioni conclusive	pag. 60

A L L E G A T I

Allegato 1 - Foto aerea dell'area di studio

Allegato 2 - Stralcio Fotogrammetrico e Catastale

Allegato 3 - Stralcio Carta Geomorfologica (Tavola G3 – R.U.)

Allegato 4 - Stralcio Carta Geologica d' Italia scala 1:100000 e rapporti stratigrafici

Allegato 5 - Stralcio Carta Idrogeologica (Tavola G04 – R.U.)

Allegato 6 - Documentazione Fotografica delle indagini svolte

Allegato 7 - Ubicazione indagini

Allegato 8 - Risultati indagini geognostiche a carattere geofisico

Allegato 9 - Stralcio carta del rischio idrogeologico – PAI – (rsdi.basilitata.it)

Allegato 10 - Stralcio Carta di Microzonazione Sismica Regionale (Tavola G05 – R.U.)

Allegato 11 - Stralcio carta della classificazione sismica dei suoli (Tavola G 06 – R.U.)

Allegato 12- Stralcio Carta di Sintesi della pericolosità e criticità Geologica, Geomorfologica,
Idrogeologica e Sismica (Tavola G07 – R.U.)

1. Premessa

La presente Relazione Geologica è redatta dallo scrivente Zuccaro Filippo, Geologo in Salandra (MT) iscritto all'Albo Professionale dei Geologi della Basilicata al n° 388 sez. A, a seguito della Determinazione del Responsabile dell'Area Tecnica 3, settore LL.PP. n° 136 del 1° Giugno 2021, DSG n° 370 del 9 Giugno 2021, del Comune di Ferrandina per l'affidamento dell'incarico professionale di "Progettazione Definitiva ed Esecutiva – CIG: 86965972E0 – per i lavori di "Adeguamento Sismico della Scuola Primaria F. D'Onofrio ubicata in Via B. Lanzillotti – CUP: E43I20000040001".

Una foto aerea dell'area di studio è riportata in ALLEGATO 1 mentre lo stralcio Catastale ed il CTR sono riportati in ALLEGATO 2.

Per la redazione della presente relazione si è partiti dalla conoscenza che lo scrivente ha dei luoghi, unitamente a precedenti indagini e studi effettuati sul territorio nonché dalla consultazione della letteratura scientifica competente unitamente ad una campagna di indagini geognostiche eseguite dallo scrivente in loco.

Gli studi e le indagini sono stati condotti in riferimento alle "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" del Ministero dei LL.PP. (D.M. 11/3/1988), alla Circolare Ministeriale dei LL.PP. del 16/01/1996 e secondo le recenti prescrizioni in materia di costruzioni in zona sismica secondo le recenti disposizioni del N.T.C. del 14 Gennaio 2008.

Per la ricostruzione geolitologica e geostrutturale dell'area oggetto di studio, lo scrivente ha ritenuto opportuno effettuare un rilevamento geolitologico e geomorfologico. Per definire la successione litostratigrafica locale, i lineamenti geomorfologici dell'area e gli eventuali processi morfogenetici in atto o potenziali, la distribuzione e le geometrie dei litotipi e lo schema della circolazione idrica sotterranea, si è effettuato un programma di indagini articolato nelle seguenti fasi:

- ricerca bibliografica preliminare
- rilevamento geolitologico e geomorfologico per mezzo di carte tematiche a scala 1:5000
- campagna di indagini geognostiche a carattere geofisico consistita in:
 - n. 02 prospezioni di sismica attiva con metodologia M.A.S.W. con geofoni verticali da 4,5 Hz per la determinazione della categoria di suolo di fondazione
 - n. 02 prospezioni di sismica attiva a rifrazione di superficie in onde P con geofoni verticali da 14 Hz e con analisi tomografica dei dati al fine di definire la geometria e gli spessori dei litotipi presenti in loco

I dati rilevati, le osservazioni compiute e l'interpretazione delle indagini in sito effettuate, hanno consentito di descrivere la situazione stratigrafica, geomorfologica ed idrogeologica dell'area investigata nonché i caratteri sismici dell'area.

Bibliografia

- BALDUZZI A., CASNEDI R., CRESCENTI U. & TONNA M. (1982) – “Il Plio - Pleistocene del sottosuolo del bacino pugliese (Avanfossa Appenninica)”. *Geologia Romana*, 21, 1-28, 20 fig., 1984, Roma. BIANUCCI G., RIBALDONE E. (1985) – “La chimica delle acque sotterranee. Origine - Composizione – Inquinamento”. Ulrico Hoepli Editore, Milano
- MAGGIORE M. (1991) – “Aspetti idrogeologici degli acquiferi pugliesi in relazione alla ricarica artificiale”. *Quaderni Ist. Ric. Acque CNR*, 94, 6.1-6.32 pp, Roma. MAGGIORE M. & MONGELLI F. (1991) – “Hydrogeothermal model of groundwater supply to San Nazario spring (Gargano, Southern Italy)”. *Proceedings of the International Conference on Enviromental Changes in Karst Areas*, Padova 27 sept, 1991; *Quaderni del Dipartimento di Geografia* n. 13, Università di Padova, 307-324.
- CIARANFI N., LUPERTO SINNI E., MONGELLI F. & PIERI P. (1988) – “Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'Avampaese Apulo”. *Mem. Soc. Geol. It.*, 41 (I), 57-82, 15 figg., 1992, Roma.
- SELLA M., TURCI C. & RIVA A. (1988) – “Sintesi geopetrolifera della Fossa Bradanica (Avanfossa della Catena Appenninica meridionale) “. *Mem. Soc. Geol. It.*, 41, 87-107, 20 figg., 1992, Roma. SURFER – Version 8.01 (2002) – Surface Mapping System, Golden Software, Inc.
- Servizio Geologico D'Italia, Foglio 201 “MATERA” della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:100.000 e note illustrative (F. BOENZI – B. RADINA, G. RICCHETTI, A. VALDUGA 1971)
- REGOLAMENTO URBANISTICO Comune di Ferrandina, L.R. n° 23 dell'11.08.1999 – “TUTELA, GOVERNO, ED USO DEL TERRITORIO” – DELIBERAZIONE G.R. n° 512 del 24.03.2003 – “APPROVAZIONE REGOLAMENTO DI ATTUAZIONE L.U.R. n° 23/1999” e relativi allegati
- STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI “I° LIVELLO” - L.R. 7 Giugno 2011 n° 9 “DISPOSIZIONI URGENTI IN MATERIA DI MICROZONAZIONE SISMICA” (Bollettino Ufficiale n° 17 de 10 Giugno 2011)

3. Inquadramento Geologico, Geomorfologico e Idrogeologico

Nell'Italia meridionale, nel settore che comprende la Campania, la Basilicata e la Puglia, si possono individuare rispettivamente tre unità strutturali: la Catena Appenninica, la Fossa Bradanica e l'Avampaese Apulo (Fig. 2).

L'area di studio ricade nella porzione meridionale della Fossa Bradanica individuata nel Foglio 201 "MATERA" (scala 1:100.000) della Carta Geologica D'Italia.

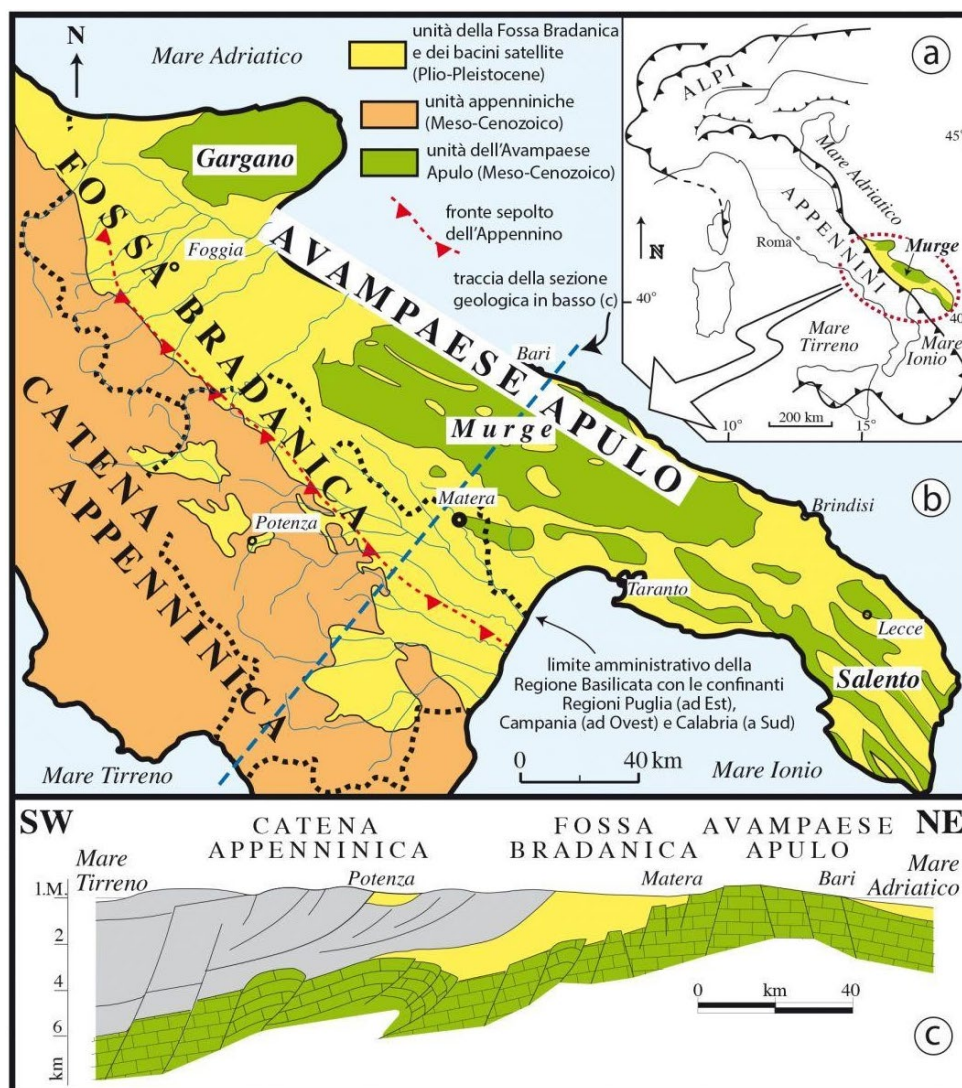


Fig. 2 – Carta Geologica schematica e sezione geologica attraverso l'appennino Meridionale e la Fossa Bradanica

La Fossa Bradanica, definita per la prima volta da MIGLIORINI (1937) costituisce una vasta depressione, di età plio-pleistocenica, allungata da NO a SE, dal Fiume Fortore al Golfo di Taranto, compresa tra l'Appennino meridionale ad occidente e le Murge ad oriente; in questa zona affiorano estesamente depositi pliocenici e quaternari, prevalentemente argillosi, a struttura tabulare (Ricchetti, 1981).

Il basamento dell'avanfossa è costituito da una potente successione di calcari mesozoici. Questi affiorano nell'intera area pugliese (Gargano, Murge e Salento) formando l'Avampaese Apulo.

Le formazioni geologiche dell'Avampaese sono riferibili al Gruppo dei calcari delle Murge cui appartiene il Calcere di Bari (Cenomaniano – Turroneiano) ed il Calcere di Altamura (Coniaciano – Maastrichtiano sup.).

La successione cretacea affiorante è costituita da calcari e dolomie, che nel complesso formano una monoclinale immersa a SSO, complicata da pieghe ad ampio raggio e interessata da importanti faglie a direzione OSO – ESE (CIARANFI *et alii*, 1979).

Il sottosuolo della Fossa è caratterizzato, soprattutto verso il margine Appenninico, dalla presenza sui calcari mesozoici, di depositi di natura trasgressiva di natura Calcarenitica di ambiente neritico-costiero, associati a lave e piroclastici basiche con spessori a volte superiori a 200 metri (Ricchetti, 1981).

In vaste aree dell'Avanfossa, sia su depositi mesozoici che su quelli eo-oligocenici, giacciono in trasgressione sedimenti calcarenitici di età neogenica, costituiti da calcareniti organogene, calcareniti marnose, gessi, anidriti e dolomie. Lo spessore complessivo di tali sedimenti calcarenitici è di massimo 600 metri.

In trasgressione sui depositi miocenici e sui calcari di base sono presenti depositi terrigeni depositatisi nel Pliocene inferiore aventi spessore non superiore ai 200 mt.

Tali sedimenti rappresentano il ciclo sedimentario più antico e sono costituiti in affioramento, da una sequenza di sabbie e di argille siltose azzurre con lenti di conglomerato sabbioso, parautoctone in quanto sono state trasportate verso est solidalmente con la coltre alloctona, e nel sottosuolo da marne ed argille sabbiose, autoctone in quanto poggianti direttamente sul basamento carbonatico dell'Avampaese (Ciaranfi *et al.*, 1979) (Fig. 3).

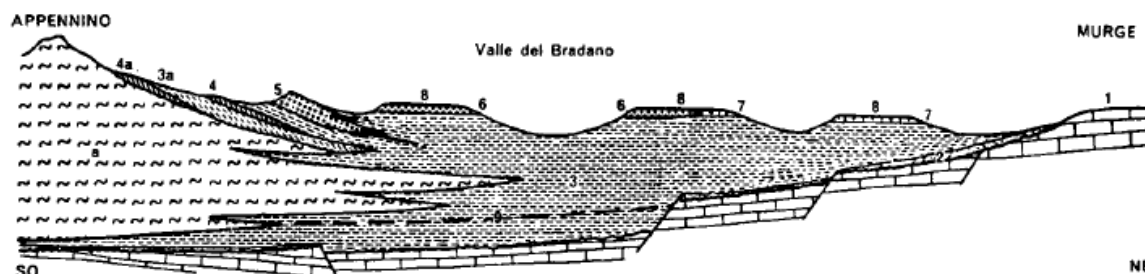
Il secondo ciclo sedimentario di riempimento della Fossa Bradanica è separato dal primo da una lacuna stratigrafica. In tale ciclo, si è avuta una trasgressione di sedimenti terrigeni di età compresa tra il Pliocene medio ed il Pleistocene inferiore.

I depositi del secondo ciclo sono costituiti prevalentemente dalle Argille Subappennine, rappresentate da argille marnose e siltose con intercalazioni di sabbie, aventi spessore variabile da decine di metri sino a circa 300 mt, passando dal margine Murgiano a quello Appenninico.

In particolare sul margine appenninico le argille passano lateralmente a sabbie a grana grossa contenenti conglomerati poligenici, Sabbioni di Garaguso, mentre sul lato murgiano a calcareniti organogene, Calcareniti di Gravina.

In successione stratigrafica sulle argille marnose – siltose vi sono depositate sabbie ed arenarie con intercalazioni di conglomerati poligenici (Sabbie di Monte Marano), affioranti nella parte appenninica e assiale della Fossa Bradanica e di spessore non superiore ai 100 metri, in cui sono

presenti in prossimità della piattaforma Apula, Calcareniti grossolane con spessore di circa 300 metri (Calcareniti di Monte Castiglione).



Schema dei rapporti stratigrafici fra le formazioni del Pliocene e del Pleistocene nella Fossa Bradanica (A. Valduga, 1968).

1, Imbasamento (Cretaceo); 2, Calcareniti di Gravina; 3, Argille subappennine; 3a, Argille subappennine non radicate; 4, Sabbione di Garaguso; 4a, Sabbioni, in lembi non radicati; 5, Conglomerato di Serra del Cedro; 6, Sabbie di M. Marano; 7, Calcareniti di M. Castiglione; 8, Sabbie dello Staturo e Conglomerato di Irsinia; 9, Limite Pliocene-Calabrian; a, Lembi non radicati di formazioni preplioceniche.

Fig. 3 – Quadro stratigrafico della Fossa Bradanica (Valduga, 1973 – Pieri et al. 1996)

A chiusura del ciclo sedimentario della Fossa Bradanica affiorano, nelle parti più elevate topograficamente i conglomerati poligenici contenenti lenti di sabbie, aventi spessore massimo di 50 metri (Conglomerato di Irsina).

I depositi del secondo ciclo poggianti sulla coltre alloctona sono neo autoctoni; quelli sottostanti la coltre e quelli direttamente trasgressivi poggianti sul substrato carbonatico dell'Avampaese sono autoctoni (Ciaranfi *et al.*, 1979)

Intercalata a mo' di cuneo nelle successioni terrigene medio plioceniche – infra pleistoceniche giace una coltre di terreni alloctoni di provenienza appenninica e di età prevalentemente miocenica. Lo spessore di tale coltre, determinata da dati di profondità derivanti da ricerche per idrocarburi (AGIP Mineraria), è dell'ordine di 3000 metri (Fig. 3).

Nell'entroterra dell'arco ionico, infine, affiorano estesamente depositi terrazzati sabbioso-conglomeratici, trasgressivi sui depositi argillosi pio-pleistocenici, riferiti a sette brevi cicli sedimentari di età da siciliana a versiliana; tali depositi, che mostrano spessori esigui, poggiano su superfici di abrasione poste a quote progressivamente decrescenti verso il Mar Ionio (Ricchetti, 1981).

Questi terrazzi marini, come riportato nella Carta Geologica d'Italia, sono compresi tra 392 m a 28-15 m s.l.m., e si sono formati, dopo il colmamento dell'Avanfossa durante la fase di definitiva emersione della stessa (Fig. 4).

Studi recenti sui depositi terrazzati indicano un numero variabile da otto (NEBOIT, 1975) ad undici (BRÜCKNER, 1980). Secondo quest'ultimo sono riconoscibili undici terrazzi morfologici costituiti in seguito a sette cicli sedimentari; inoltre lo stesso autore pone il terrazzo più antico e

più elevato ad una quota di 492 m s.l.m. I terrazzi, inoltre, nel loro complesso risultano inclinati verso Est per effetto del sollevamento più marcato sul lato appenninico.

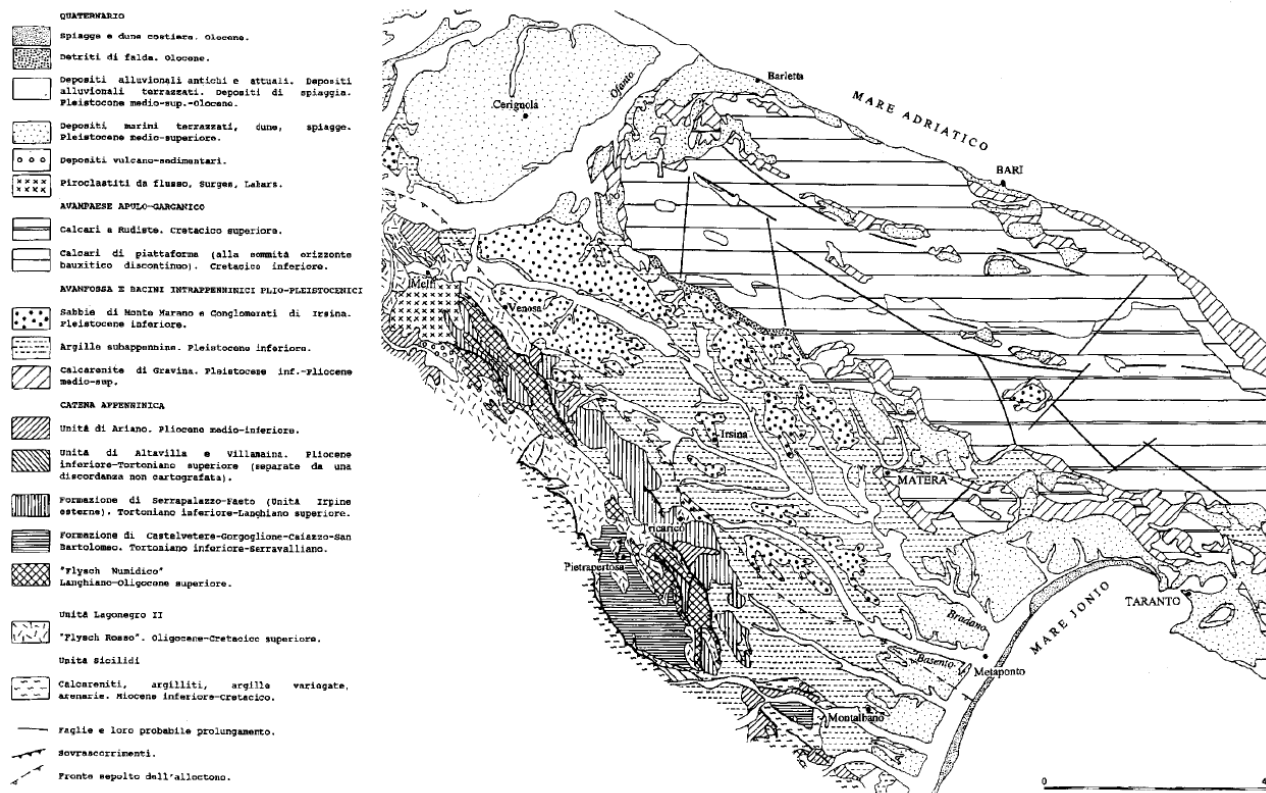


Fig. 4 – Carta Geologica Schematica della Fossa Bradanica (1994)

In generale i depositi terrazzati sono essenzialmente conglomeratici in prossimità dell'Appennino, sabbioso-ghiaiosi e subordinatamente limosi nella zona compresa tra il Fiume Sini ed il Fiume Bradano, calcarenitici e localmente ghiaiosi nella zona a N-E del Fiume Bradano. La natura litologica di tali depositi dipende soprattutto dalla natura del substrato ed alla granulometria degli apporti fluviali (COTECCHIA et alii, 1967). La Fossa Bradanica è solcata longitudinalmente dal Fiume Bradano e dal Fiume Basento. Le valli di tali fiumi presentano, nei tratti medi ed inferiori, a diverse altezze, dei depositi alluvionali terrazzati.

Questi si sono depositati nel Pleistocene medio-superiore a causa di sollevamenti dell'area e di variazioni del livello marino.

Generalmente poggiano sulle Argille subappennine e sono costituiti da terrazzi di tipo poligenico, aventi superfici sub pianeggianti, leggermente inclinate verso l'alveo e limitate da scarpate ripide (BOENZI et al. 1978), e rappresentati, prevalentemente, da ghiaie e ciottoli con lenti sabbioso-limose; tali idepositi hanno spessore limitato.

Ricchetti (1967) ha distinto nella valle del Fiume Bradano tre ordini di terrazzi mentre per la valle del Fiume Basento, BOENZI *et al.* (1978) ha rilevato nella parte intermedia della valle cinque depositi alluvionali terrazzati, e nella parte bassa della valle due terrazzi alluvionali, tutti depositi in periodi freddi compresi tra il Mindel e il Würm (Fig. 5).

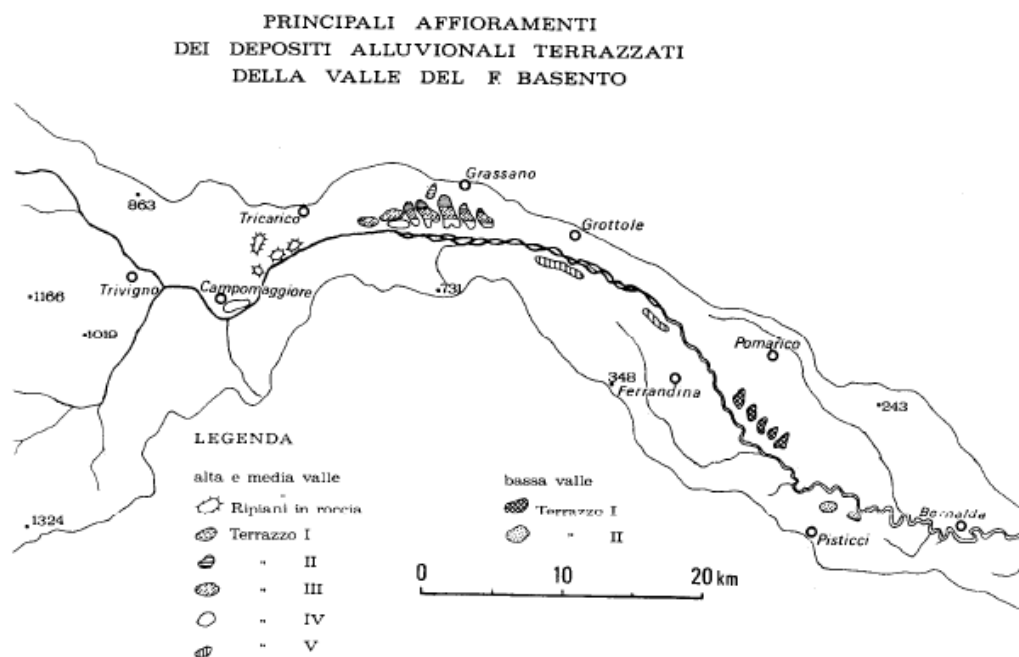


Fig. 5 – Principali terrazzi alluvionali nella valle del Fiume Basento (beonzi et ali, 1978)

Gli ultimi sedimenti in ordine cronologico (Olocene) depositi nelle valli dei fiumi della Fossa Bradanica, sono rappresentati dai Depositi alluvionali recenti ed attuali. I primi sono rilevabili nelle piane alluvionali dei fiumi e sono costituiti da depositi argilloso-sabbiosi e ghiaiosi, aventi spessori di circa 15 m. I depositi alluvionali attuali rappresentano l'attuale piana di esondazione dei corsi d'acqua e sono costituiti prevalentemente da sabbia e ciottoli (Fig. 4).

Sull'evoluzione neotettonica della Fossa Bradanica CIARANFI *et alii* (1979) asseriscono che all'inizio del Pliocene un abbassamento del substrato carbonatico provocò una ingressione marina e la formazione di un bacino subsidente con sedimentazione terrigena con apporti appenninici; l'abbassamento fu determinato da una serie di faglie ad andamento appenninico, prodottesi nel substrato calcareo. In tale periodo inizia la messa in posto della coltre alloctona. Nel Pliocene medio si è avuto un sollevamento con emersione di tutta l'area.

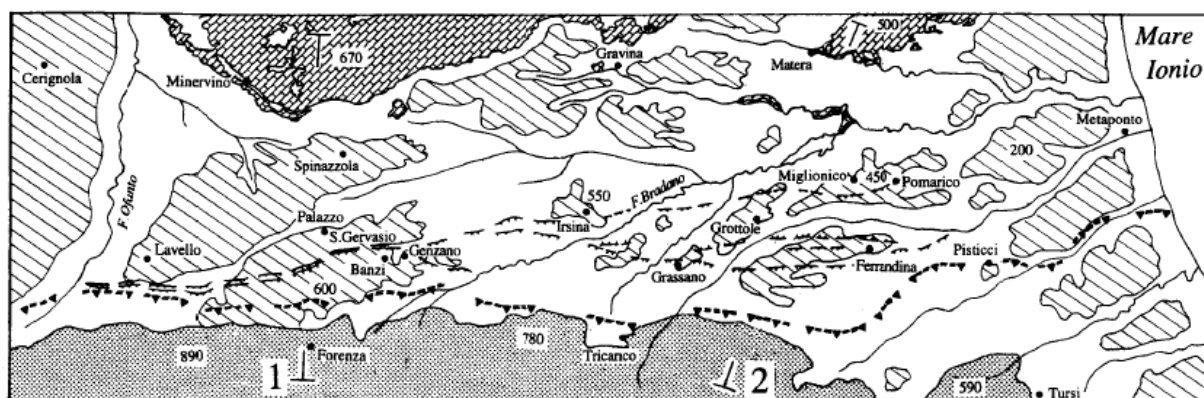
Dal Pliocene medio al Pleistocene inferiore si è avuto un abbassamento del substrato carbonatico con conseguente migrazione del bacino e della linea di costa verso N.

Il Bacino fu caratterizzato da notevole subsidenza con sedimentazione terrigena e dalla "colata" per gravità di masse alloctone di origine appenninica.

Verso la fine del Pleistocene inferiore, a causa di un sollevamento Regionale si è avuta una emersione dell'area; tale sollevamento è stato particolarmente intenso sul lato appenninico ed è stato accompagnato da riattivazioni di faglie e formazione di nuove dislocazioni.

Il sollevamento si è manifestato in più fasi ed ha determinato stasi nella generale regressione del mare. In particolare, a partire dal Pleistocene medio-superiore, si verifica la deposizione di sedimenti ghiaioso-sabbiosi di ambienti costieri pro gradanti verso SE, a formare i Depositi marini terrazzati. Studi recenti (PIERI *et alii*, 1996) hanno determinato che la Fossa Bradanica, al passaggio tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore presentava oltre che una marcata asimmetria trasversale anche una spiccata asimmetria assiale. In senso assiale è possibile distinguere un settore settentrionale ed uno centromeridionale.

Nel primo, in cui il fronte dell'alloctono converge con il gradino strutturale delle "faglie assiali" dell'Avampese murgiano, il bacino presentava profondità e ampiezza modeste e trasversalmente una diminuzione di profondità da ovest verso est. Nel secondo settore assume i caratteri di un solco allungato in senso appenninico, con asimmetria trasversale evidente passando dalla profonda area epicentrale verso il ripiano pre murgiano (Fig. 6).



Distribuzione areale dei depositi affioranti della Fossa bradanica: in bianco le Argille subappennine e con rigato obliquo i sovrastanti depositi sabbioso-conglomeratici. Sono indicati anche i principali elementi strutturali del substrato illustrati nella fig. 2b), che permettono di ricavare schematicamente gli spessori della serie bradanica nei diversi settori del bacino.

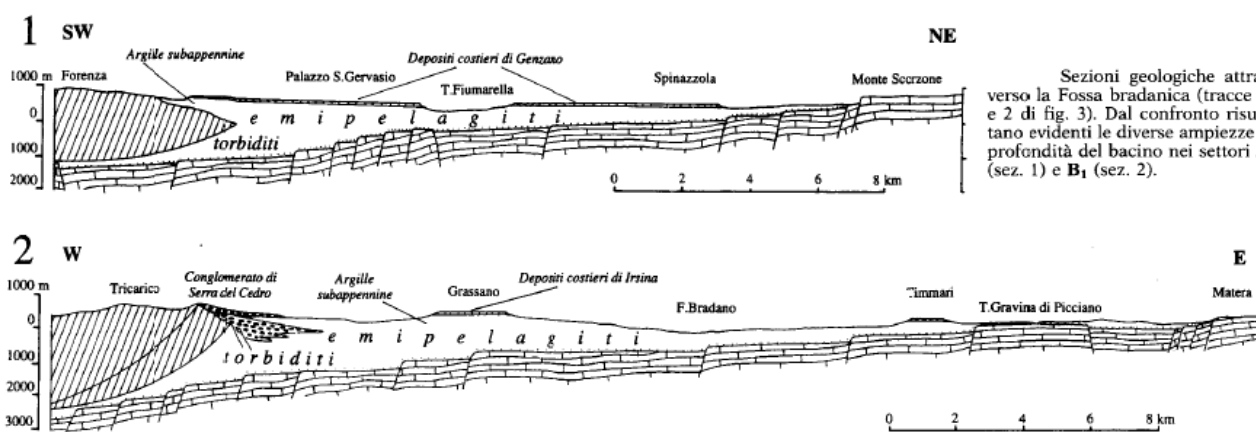


Fig. 6 – Carta geologica e relative sezioni della Fossa Bradanica (Pieri et alii, 1996)

3.1 Geomorfologia

L'abitato di Ferrandina poggia su un terrazzo marino, costituente la porzione terminale della successione sedimentaria appartenente al complesso post-orogenico di colmamento della "Fossa Bradanica".

Questo terrazzo marino si presenta come una dorsale collinare e risulta essere interessato da fenomeni di erosione accelerata e da movimenti gravitativi diffusi.

I fenomeni erosivi, essenzialmente legati ad erosione di tipo lineare 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.

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 tali che 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 tabulato conglomeratico sommitale, in corrispondenza delle scarpate subverticali, e rimobilitazione, in seno al corpo franoso, sotto forma di "scorrimenti traslativi".

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.

Sono presenti settori dell'abitato interessati da processi franosi pregressi (paleofrane) riconducibili a movimenti di tipo roto-traslativo, oblitterati (o parzialmente mascherati) dalla

urbanizzazione intensiva succedutasi nel tempo; ci si riferisce alla Zona S. Lucia (versante orientale) ed al settore compreso tra la Villa Comunale (Corso Vittorio Emanuele) e la parte bassa (Via Stefano Pirretti).

Nel settore di S. Lucia, 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.

L'area di studio viene a trovarsi a monte del succitato settore lungo Via B. Lanzillotti, ad una quota di circa 470 mt s.l.m. caratterizzata per la presenza di litologie prevalentemente di natura sabbiosa ascrivibili alle Sabbie di Monte Marano, in una zona fortemente antropizzata (Fig. 7).



Fig. 7 – Foto aerea dell'area di studio

Allo stato attuale le strade su citate e la viabilità ordinaria rappresentano le principali direttrici per lo scorrimento delle acque meteoriche superficiali.

In figura 8 è riportata la sezione trasversale attraverso l'abitato di Ferrandina, passante per l'area di studio e il rispettivo profilo di elevazione s.l.m. In Allegato 3 è riportato lo stralcio della Carta Geomorfologica della città di Ferrandina, estrapolata dalla Tavola G3 del Regolamento Urbanistico vigente.

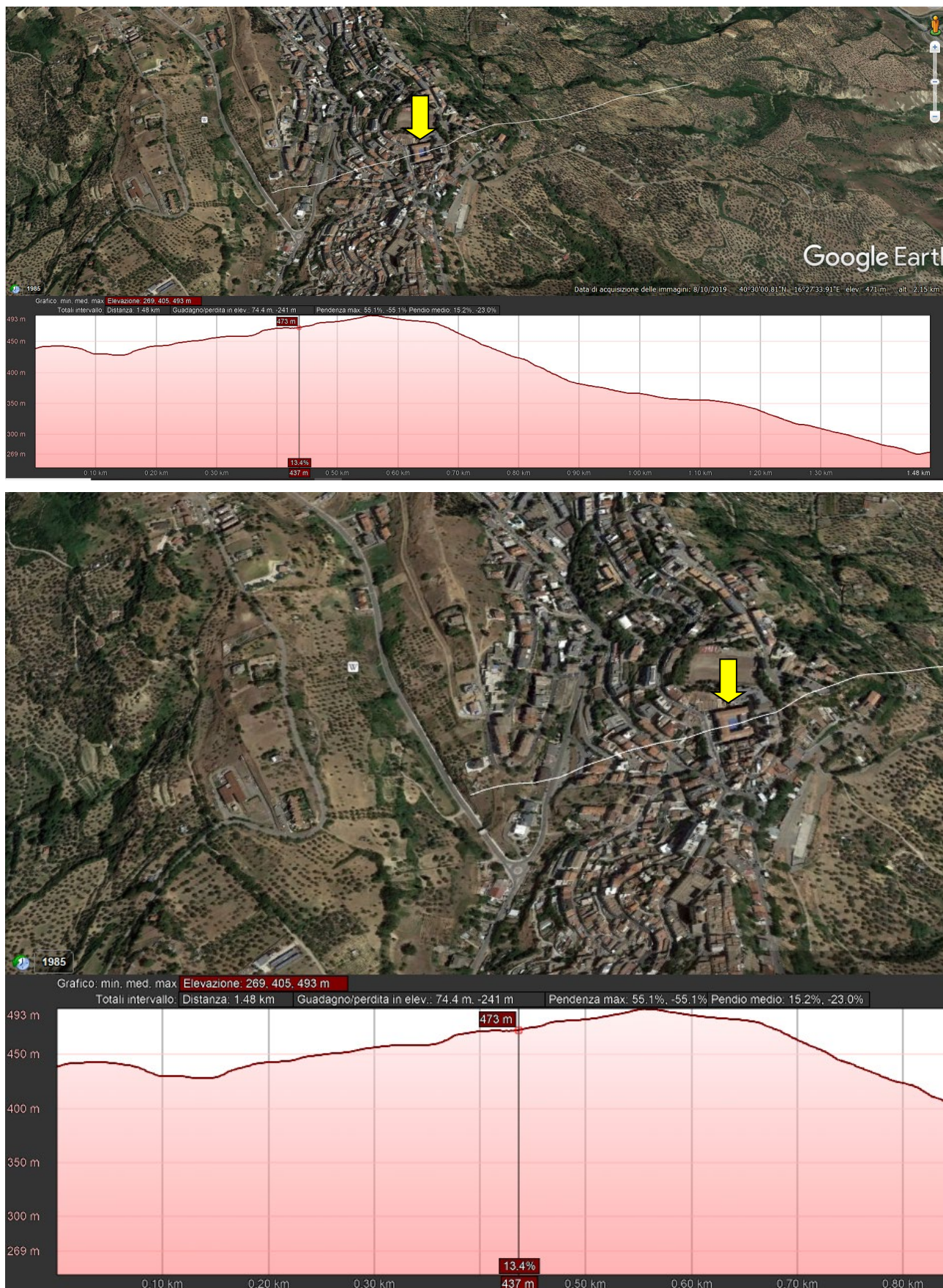


Fig. 8 – Foto aerea dell'area di studio e sezione trasversale con profilo di elevazione slm

3.2 Geolitologia

Sotto il profilo geologico e geolitologico, l'area del Comune Ferrandina ricade nel Foglio 201 "MATERA" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000, ed il suo territorio è caratterizzato per la presenza di litologie di origine Quaternaria ascrivibili ai depositi di chiusura del ciclo sedimentario della Fossa Bradanica.

L'area di studio nel particolare è caratterizzata per la presenza in superficie dai depositi risalenti al Pleistocene superiore - Pliocene rappresentati dalle Sabbie di Monte Marano (Q_s^e) e dal Conglomerato di Irsina (Q_{cg}^c) poggianti su depositi del Pleistocene superiore - Pliocene rappresentati dalle Argille Subappennine (Q_a^c) e dalle Calcareni di Gravina (Q_t^c).

Queste unità Quaternarie poggiano in trasgressione sull' Unità della Piattaforma Carbonatica Apula del Cretaceo rappresentato localmente dal Calcere di Altamura (C_{c11-18}).

In particolare, dai risultati ottenuti dal rilevamento geologico e geomorfologico unitamente ai dati bibliografici, e dai risultati ottenuti dalle indagini geofisiche preliminari eseguite in loco, è stato possibile ricavare la probabile successione lito-stratigrafica dei terreni, che dal più recente al più antico è risultata essere la seguente:

- ◇ Depositi Sabbiosi – Sabbie di Monte Marano: Stratigraficamente, mascherano le "argille subappennine", in concordanza ed in continuità di sedimentazione. 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 è molto variabile e va 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. Nella successione sabbiosa, infine, si rinvencono lenti ed inclusioni ghiaiose. In particolare nella parte sommitale, a monte della località Costa del Canneto, è stato osservato un livello conglomeratico continuo, dello spessore di una decina di metri.

Uno stralcio della Carta Geologica d'Italia Foglio n°201 "MATERA" è riportata in ALLEGATO 4. Nella carta le Sabbie di Monte Marano sono indicate con il termine Q_s^e , le Argille Subappennine con il termine Q_a^c , il Conglomerato di Irsina con il termine Q_{cg}^c . Inoltre viene riportato lo stralcio della Carta Geologica e delle relative sezioni della Tavola G01 e G02 del Regolamento Urbanistico vigente.

3.3 Idrogeologia

Il territorio Comunale di Ferrandina ricade quasi totalmente nel bacino del Fiume Basento (Fig. 9) che risulta essere delimitato, verso Sud, dalle pendici settentrionali del massiccio del Volturino (Monte Grosso, Monte Volturino e Monte Coperino), e verso Nord dalle pendici meridionali dei monti Li Foi, Grande e Capolicchio che, seguendosi l'un l'altro da Ovest verso Est, formano una catena continua che separa il bacino del Basento da quello del Bradano.

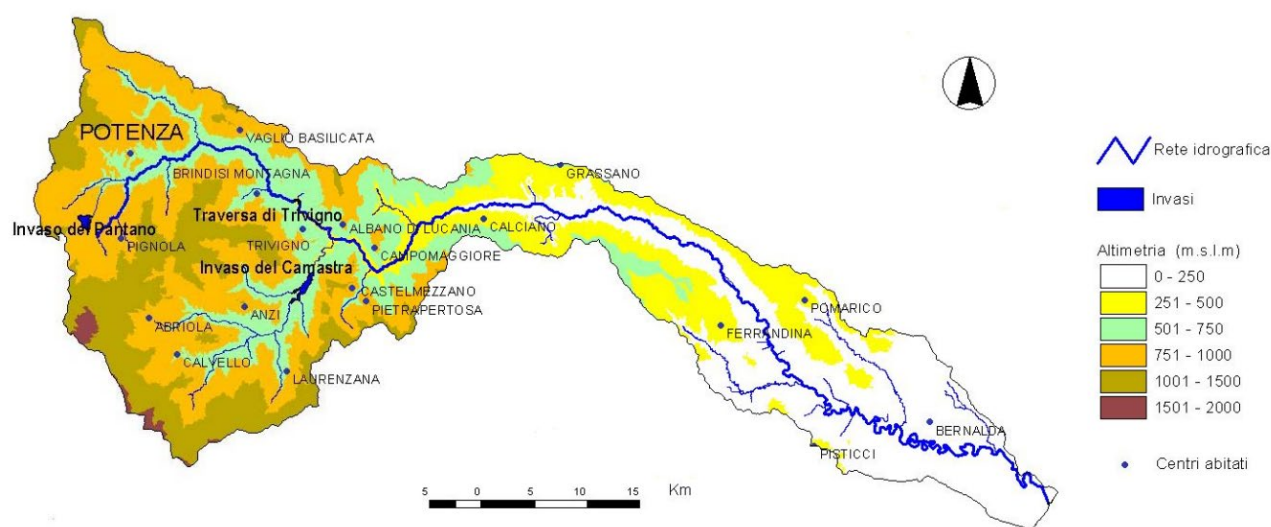


Fig. 9 – Bacino del Fiume BESENTO

Il bacino del fiume Basento, con una superficie di 1535 kmq, è compreso tra il bacino del fiume Bradano a nord, i bacini dei fiumi Agri, a sud-ovest, e Cavone a sud-est, ed il bacino del fiume Sele a ovest. Presenta caratteri morfologici prevalenti da montuosi a collinari; aree pianeggianti si rinvencono in prossimità del litorale ionico (piana di Metaponto) ed in prossimità dell'alveo del fiume Basento.

I rilievi più elevati che segnano lo spartiacque con il bacino dell'Agri, procedendo da est verso ovest, sono Monte dell'Impiso (1319 m s.l.m.), Monte Tavernaro (1390 m s.l.m.), Monte Malomo (11318 m s.l.m.), Monte Pilato (1580 m s.l.m.), Monte Volturino (1830 m s.l.m.), Monte Calvelluzzo (1699 m s.l.m.), Serra di Calvello (1567 m s.l.m.), Timpa d'Albano (1628 m s.l.m.). A partire da quest'ultimo lo spartiacque con il bacino del fiume Sele è segnato dai rilievi di Serra delle Crive (1368 m s.l.m.), Monte Paglia d'Orgio (1160 m s.l.m.), Monte Li Foi di Picerno (1350 m s.l.m.), Serra le Brece (1159 m s.l.m.), rilievi del Santuario del Carmine (1225 m s.l.m.), che rappresentano il punto d'incontro degli spartiacque dei bacini del Basento del Bradano, del Sele e dell'Ofanto.

I rilievi più elevati dello spartiacque tra il bacino del Basento e quello del fiume Bradano sono Monte S. Angelo (1120 m s.l.m.), Cozzo Staccato (1018 m s.l.m.), Serra Coppoli (1028 m s.l.m.), Monte Cupolicchio (1017 m s.l.m.).

Nel bacino montano del Basento quote elevate vengono raggiunte anche dai rilievi di Monteforte (1444 m s.l.m.) e Serranetta (1475 m s.l.m.). Il bacino del Basento fino alla dorsale di Campomaggiore, presenta morfologia montuosa; tra i rilievi della parte alta del bacino si aprono alcune piane intramontane in località Pantanello e Pantano di Pignola a quota compresa tra 770-780 m s.l.m..

A partire dalla dorsale di Campomaggiore la morfologia del bacino diventa collinare e degrada in modo graduale verso la piana costiera del metapontino.

Il fiume Basento si origina dalle pendici nord-occidentali di Monte Arioso; con i suoi 149 km di lunghezza è il corso d'acqua più lungo a sud del fiume Volturno. Nel tratto montano il corso d'acqua riceve i contributi delle sorgenti della struttura idrogeologica di Monte Arioso-Pierfaone e di quella di Serranetta-Monteforte.

All'altezza della città di Potenza riceve gli apporti dei torrenti Gallitello e Tora, nel cui bacino è localizzato il lago artificiale di Pantano di Pignola. A vallet di Potenza il Basento riceve le acque del torrente Rifreddo, in destra idrografica, e del torrente Tiera, in sinistra. All'altezza di Trivigno il Basento è sbarrato dalla traversa di Trivigno; poco a valle riceve il contributo del torrente Camastra, su cui è localizzato l'invaso di Camastra. Ad est di Ferrandina riceve gli apporti del torrente Vella, in destra idrografica e, più a valle, del torrente la Canara e del Fosso della Bufalara.

All'altezza di Calciano il corso d'acqua comincia ad assumere caratteri morfologici tipici degli alvei sovralluvionati, con ampie aree golenali. Prima di sfociare nel Mar Jonio, il Basento attraversa la piana costiera di Metaponto dove il tracciato fluviale si presenta meandriforme.

In quest'area la presenza di sistemi di dune ben sviluppati ha da sempre ostacolato il deflusso delle acque superficiali favorendone il ristagno.

Per il convogliamento a mare delle acque sono stati realizzati alcuni impianti idrovori per la raccolta delle acque e un sistema di canali per il loro smaltimento (le acque convogliate hanno raggiunto anche valori di 36 Mmc).

Nel settore occidentale e centrale del bacino del fiume Basento affiorano successioni litologiche appartenenti alle unità tettoniche che costituiscono la struttura dell'Arco appenninico meridionale, mentre nella restante parte del bacino si rinvencono successioni riferibili al dominio paleogeografico dell'Avanfossa bradanica.

Il settore occidentale, che comprende il bacino montano del Basento fino alla dorsale di Campomaggiore, è caratterizzato nella parte apicale del bacino dalla presenza di successioni mesozoiche dell'Unità di Lagonegro, costituite da: argille e marne siltose con blocchi di calcari di piattaforma (Formazione di Monte Facito Auct.); calcareniti e calcilutiti silicizzate, con

intercalazioni di argilliti e marne silicee (Calcari con selce Auct.); alternanze di radiolariti ed argilliti silicee (Scisti Silicei Auct.); marne ed argille silicifere con intercalazioni di risedimenti carbonatici (calcilutiti e calcareniti) silicizzate (Galestri Auct.).

Il settore *centro-orientale* del bacino del Basento è caratterizzato nell'area più interna (rilievi tra la dorsale di Campomaggiore e l'abitato di Calciano) da successioni terziarie riferibili all'Unità di Lagonegro, costituite da: arenarie arcosiche con intercalazioni di argille e marne siltose (Formazione di Serra Palazzo Auct.); argille e marne con intercalazioni di risedimenti carbonatici (calcilutiti, calcareniti, calciruditi) in strati e banchi (Formazione di Serra Palazzo Auct.).

Gran parte del settore centrale del bacino presenta in affioramento successioni pleistoceniche dell'Avanfossa bradanica, costituite principalmente da argille grigio azzurre e, in misura minore, da sabbie e conglomerati.

Nei rilievi collinari più prossimi alla Piana di Metaponto si rinvencono depositi quaternari ghiaiosi e sabbiosi, di ambiente alluvionale e marino, terrazzati, più o meno cementati. Nella piana di Metaponto e nel fondovalle del fiume Basento si rinvencono depositi alluvionali, recenti ed attuali, a granulometria ghiaiosa, sabbiosa e siltosa, da sciolti ad addensati, e depositi sabbiosi delle dune costiere e della spiaggia.

L'assetto stratigrafico-strutturale del bacino del Basento condiziona le caratteristiche di franosità dello stesso. Dai dati bibliografici disponibili e dal censimento dei fenomeni franosi effettuato per la redazione del PAI risulta che nelle aree di affioramento di successioni a prevalente componente pelitica dell'Unità di Lagonegro, dell'Unità Sicilide i fenomeni franosi più diffusi sono del tipo colamento lento, frane complesse del tipo scivolamento rotazionale-colamento lento e, in misura minore, da scivolamenti rotazionali. Nelle settori del bacino caratterizzati dalla presenza di successioni arenaceo-pelitiche dell'Unità di Lagonegro o del Flysch di Gorgoglione i fenomeni franosi più diffusi sono del tipo scivolamento rotazione, e laddove prevale la componente lapidea, si rilevano frane del tipo crollo e ribaltamento.

Nelle parti del bacino caratterizzate dalla presenza delle successioni sabbiose e conglomeratiche plio-pleistoceniche dei bacini intrappenninici e dell'Avanfossa bradanica i fenomeni franosi più diffusi sono del tipo scivolamento rotazionale e frane complesse del tipo scivolamento rotazionale-colamento. Nelle aree di affioramento delle successioni argillose plio-pleistoceniche molto diffuse sono le forme calanchive, i movimenti franosi del tipo colamento lento e movimenti gravitativi superficiali del tipo creep.

Dal censimento dei fenomeni franosi effettuato per la redazione del PAI e per i suoi successivi aggiornamenti, risultano rilevati nel bacino del Basento 5877 movimenti franosi. Anche per questo bacino il censimento ha interessato, in via prioritaria ed in misura prevalente, i centri abitati presenti al suo interno.

Nel bacino del Basento sono inclusi, in parte o totalmente, i territori di n. 36 comuni; di questi solo n. 20 centri abitati ricadono nel bacino. Il 4,9% dei movimenti di versante censiti nelle aree dei centri abitati determina condizioni di rischio molto elevato (R4), il 16,1 % condizioni di rischio elevato (R3), il 69,3% condizioni di rischio medio (R2), il 6,4% condizioni di rischio moderato. I restanti movimenti censiti sono stati classificati per lo 0,4% come aree pericolose e per lo 0,5% come aree soggette a verifica idrogeologica.

L'assetto stratigrafico-strutturale del bacino del Basento condiziona l'infiltrazione delle precipitazioni meteoriche e l'andamento della circolazione idrica nel sottosuolo. Le successioni stratigrafiche affioranti nel bacino possono essere raggruppate in complessi idrogeologici caratterizzati da differente tipo e grado di permeabilità. Nel settore occidentale del bacino del Basento i complessi idrogeologici a maggiore permeabilità sono:

- Complesso calcareo-siliceo, che include le successioni calcaree silicizzate dell'Unità di Lagonegro affioranti in corrispondenza dei rilievi di Monte Arioso, di Serranetta-Monteforte, del versante occidentale di Serra di Calvello e del versante nord-occidentale di Monte Volturino, caratterizzate da grado di permeabilità variabile da medio ad alto in relazione allo stato di fratturazione ed alla presenza di livelli pelitici. Tale complesso può costituire acquiferi anche di cospicua potenzialità.
- Complesso delle radiolariti che include le successioni argilloso-radiolaritiche dell'Unità di Lagonegro, affioranti nell'area dei rilievi di Serranetta-Monteforte e in corrispondenza del versante occidentale di Serra di Calvello e del versante nord-occidentale di Monte Volturino. Il complesso delle radiolariti è caratterizzato da grado di permeabilità da medio a basso in relazione allo stato di fratturazione ed alla presenza di livelli pelitici; presenta, inoltre, comportamento idrogeologico articolato, in quanto a luoghi svolge un ruolo di acquitrando e a luoghi di acquiclude.

In relazione alle caratteristiche di permeabilità dei complessi idrogeologici sopra descritti gli acquiferi di maggiore potenzialità sono allocati nelle strutture idrogeologiche calcareo-silicee di Monte Pierfaone-Monte Arioso, di Serranetta –Monteforte, di Monte Calvello-Monte Volturino. La Struttura idrogeologica di Monte Pierfaone-Monte Arioso ricade a ridosso dello spartiacque tra il bacino del Basento ed il bacino del Sele. In relazione all'assetto stratigrafico-strutturale di tale idrostruttura è possibile distinguere alcune substrutture aventi differenti recapiti della circolazione idrica sotterranea.

Di queste solo la Substruttura di Monte Arioso presenta recapiti all'interno del bacino del Basento, rappresentati dalle sorgenti Fossa Cupa ($Q_{media} = 110 \text{ l/s}$) e Mar di Levante II ($Q_{media} =$

6 l/s). La Struttura idrogeologica di Monte Calvello-Monte Volturino è localizzata a ridosso dello spartiacque tra il bacino del Basento ed il Bacino dell'Agri. Anche al suo interno è possibile individuare alcune substrutture principali con differenti recapiti della circolazione idrica sotterranea. Di queste solo le substrutture di Monte Calvello e di Monte Volturino hanno recapiti della falda di base nel bacino del Basento.

I recapiti principali della substruttura di Monte Calvello sono le sorgenti Sambuco di Sotto ($Q_{media} = 6,4$ l/s), Caterina ($Q_{media} = 4,2$ l/s) ed Acqua Turbata ($Q_{media} = 1,2$ l/s), quelli della substruttura di Monte Volturino sono rappresentati dalle sorgenti Acqua del Colantonio ($Q_{media} = 20,2$ l/s), Pietra Panno ($Q_{media} = 12,6$ l/s) Acqua delle Bocche ($Q_{media} = 14,6$ l/s) e Volturino ($Q_{media} = 1,8$ l/s). Le falde allocate negli acquiferi dell'idrostruttura di Serranetta –Monteforte recapitano solo nel bacino del Basento; le principali sorgenti alimentate dalla substruttura di Serranetta sono: San Michele ($Q_{media} = 3,5$ l/s), Piano Porcaro ($Q_{media} = 2$ l/s), Sorgituro ($Q_{media} = 1$ l/s), quelle alimentate dalla substruttura di Monteforte sono le sorgenti Sorgituro ($Q_{media} = 7,6$ l/s) e Peschiera ($Q_{media} = 2$ l/s).

Nel settore occidentale del bacino si rinvencono altri complessi idrogeologici a minore permeabilità, quali:

- Complesso argilloso marnoso, che rappresenta il complesso idrogeologico di maggiore estensione areale nell'area in esame e che include le successioni marnose ed argillose mesozoiche dell'Unità di Lagonegro e dell'Unità Sicilide, affioranti nel bacino montano del Basento, nel bacino del torrente Camastra, nei rilievi di Groppa d'Anzi, Monte Grosso, in parte del bacino del torrente Tiera. Si tratta di successioni caratterizzate da un grado di permeabilità basso o nullo.
- Complesso calcareo-marnoso-argilloso, che include le successioni mesozoico-terziarie pelitiche e calcareoclastiche dell'Unità di Lagonegro affioranti nei rilievi tra Accettura, Campomaggiore, Vaglio Basilicata. Il grado di permeabilità è variabile da medio a basso, in relazione alla presenza di livelli pelitici ed allo stato di fratturazione. Nell'area in esame costituisce acquiferi di potenzialità limitata, con recapiti sorgivi con portate inferiori a 1 l/s (es. Sorgente San Iace di Albano di Lucania con $Q = 0,35$ l/s).
- Complesso arenaceo-conglomeratico, che comprende le successioni arenaceo-pelitiche e quarzoarenitiche dell'Unità di Lagonegro e le successioni arenaceo-conglomeratiche e pelitiche dei bacini intrappenninici del Miocene superiore. Il grado di permeabilità varia notevolmente in relazione allo stato di fratturazione ed alla presenza di depositi pelitici, assumendo valore medio, allorquando prevale la componente lapidea, e valore

da basso a nullo nei depositi a prevalente componente pelitica. Tale complesso costituisce acquiferi di limitata estensione e potenzialità, che alimentano sorgenti di portata inferiore ad 1 l/s (es. sorgente Fonte Quaratelli con $Q=0,35$ l/s e Sorgente Fonte della Rosa con $Q=0,7$ l/s a Pietrapertosa).

- Complesso sabbioso-conglomeratico, che nell'area in esame comprende i depositi sabbioso-argillosi e conglomeratici dei bacini intrappenninici pliocenici di Potenza e di Anzi. Il grado di permeabilità è variabile, da medio a basso, in relazione alle caratteristiche granulometriche, allo stato di addensamento e/o cementazione, oltre che in funzione dello stato di fratturazione, allorquando i depositi sabbiosi e conglomeratici sono cementati. Acquiferi di limitata estensione e potenzialità sono allocati nei depositi sabbioso-conglomeratici ed alimentano sorgenti di portata inferiore ad 1 l/sec (es. Sorgente Pisciole con $Q=0,65$ l/s, Sorgente Lo Manto con $Q=0,4$ l/s, Sorgente San Michele con $Q=0,65$ l/s, Sorgente Dragonara con $Q=0,82$ l/s di Potenza).

I depositi alluvionali del fiume Basento e di conoide detritico alluvionale a colmamento del bacino intramontano del Lago di Pantano sono inclusi nel complesso idrogeologico delle ghiaie, sabbie ed argille alluvionali. Si tratta di depositi a granulometria sabbiosa e limosa, caratterizzati da un grado di permeabilità variabile da medio-basso a basso in relazione alle caratteristiche granulometriche del deposito.

Nel settore centro-orientale del bacino del Basento il complesso idrogeologico di maggiore estensione areale è il Complesso argilloso-sabbioso, che include le successioni argillose pleistoceniche dell'Avanfossa bradanica, caratterizzato da un grado di permeabilità da basso a nullo. I depositi sabbiosi e conglomeratici di chiusura dell'Avanfossa bradanica sono inclusi nel Complesso sabbioso-conglomeratico, che si rinviene in corrispondenza dei rilievi di Serra del Cedro (Tricarico), di Grassano, di Grottole, di Coste dell'Abbate-Ferrandina, di Miglionico-Pomarico.

Il grado di permeabilità di tale complesso è variabile, da medio a basso, in relazione alle caratteristiche granulometriche, allo stato di addensamento e/o cementazione dei depositi, ed allo stato di fratturazione, allorquando le sabbie ed i conglomerati sono cementati.

Tale complesso costituisce acquiferi di limitata estensione e potenzialità che alimentano sorgenti di portata di portata ridotta in genere inferiore a 1-1,5 l/s (es. Sorgente Fonte Pubblica di Grassano con $Q=1,1$ l/s; Fonte Fichi con $Q=1$ l/s e Fonte Garramone con $Q=0,4$ l/s di Grottole; Fonte San Damiano con $Q=1,6$ l/s e Fonte delle Rose con $Q=0,1$ l/s di Ferrandina; Fonte Donna Rosa con $Q=0,1$ l/s, Fonte San Pietro con $Q=0,25$ l/s e Fonte Acqua Salsa con $Q=0,05$ l/s a Pomarico). Nell'area più interna del settore centro-orientale del bacino (rilievi tra la dorsale di Campomaggiore e l'abitato di Calciano) è presente il complesso arenaceo-conglomeratico, che

include successioni terziarie riferibili all'Unità di Lagonegro, costituite da arenarie arcosiche con intercalazione di peliti o da argille e marne con intercalazioni di risedimenti carbonatici e depositi sabbiosi pliocenici di bacini intrappenninici. Il grado di permeabilità varia da medio a basso, in relazione allo stato di fratturazione ed alla presenza di livelli pelitici.

Tale complesso costituisce acquiferi di limitata potenzialità ed alimenta sorgenti caratterizzate da portate molto basse (es. Sorgente Contrada Alpe di Calciano con $Q=0,06$ l/s; Sorgente Acqua Salsa di Garaguso con $Q=0,1$ l/s).

In corrispondenza dei rilievi collinari compresi tra gli abitati di Pisticci-Bernalda e la Piana di Metaponto è presente il Complesso dei depositi ghiaiosi e sabbiosi alluvionali e marini terrazzati, che include successioni ghiaiose e sabbiose con grado di permeabilità da medio a basso variabile in relazione alle caratteristiche granulometriche ed allo stato di addensamento e/o cementazione del deposito. Tale complesso può ospitare falde di potenzialità in genere limitata, allocate nei depositi a permeabilità maggiore.

Nell'area della piana di Metaponto è presente il Complesso sabbioso costiero, che comprende i depositi sabbiosi della spiaggia e delle dune costiere. Il suo grado di permeabilità varia da medio-basso a basso in relazione allo stato di addensamento delle sabbie, per cui la circolazione idrica sotterranea risulta essere limitata.

Nel fondovalle del fiume Basento e nell'area costiera della piana di Metaponto si rinviene, inoltre, il Complesso delle ghiaie, sabbie ed argille alluvionali, caratterizzato da un grado di permeabilità variabile da medio a basso in relazione alle caratteristiche granulometriche. Questo complesso può ospitare acquiferi talora interconnessi, di potenzialità medio-bassa, nei livelli a permeabilità maggiore.

In Allegato 5 sono riportate le indicazioni riguardanti i caratteri idrogeologici dei terreni rinvenuti dall'allegato G04 (Carta Idrogeologica) del Regolamento Urbanistico del Comune di Ferrandina, con particolare attenzione al loro grado di permeabilità, seppur a giudizio dello scrivente trattasi di valori generici ed indicativi.

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 rinvencono termini 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 tre gruppi fondamentali: rocce permeabili per "porosità", per "fratturazione" e 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.

Sono composti da litotipi con permeabilità oscillante fra valori estremamente elevati e valori medi ($1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec} < K < 5,6 \times 10^{-4}$)

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 sono da mediamente a molto permeabili 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 K variabile tra $8,4 \times 10^{-3}$ cm/sec e $5,6 \times 10^{-4}$ cm/sec.

Sono da ritenere impermeabili le argille di base e quelle intercalate al complesso sabbioso-conglomeratico che possono dare origine a “faldine sospese”.

Per quanto riguarda il complesso argilloso presente in profondità questo può ritenersi praticamente impermeabile con valori del coefficiente di permeabilità compresi tra $6,6 \times 10^{-7}$ cm/sec $< K < 1,6 \times 10^{-8}$ cm/sec.

La parte affiorante quasi sempre più alterata, più fessurata e con presenza più marcata della frazione sabbiosa presenta valori del coefficiente di permeabilità compresi tra $1,3 \times 10^{-5}$ cm/sec $< K < 9,5 \times 10^{-6}$ cm/sec.

Da quanto esposto, si evince chiaramente come l'idrogeologia non solo delle aree studiate, ma dell'intera dorsale di Ferrandina, 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 rinvennero sorgenti anche di portata cospicua.

4. Campagna di Indagini Geognostiche

4.1 Generalità

Per la caratterizzazione sismica dei terreni presenti nell'area di studio, è stata condotta dallo scrivente nel mese di Agosto 2021, una campagna di indagini geognostiche a carattere sismico, consistite in n. 02 prospezione con metodologia M.A.S.W. (M1 e M2) con geofoni verticali da 4,5 Hz per la definizione della categoria di suolo di fondazione e n. 02 prospezione sismica a rifrazione di superficie con geofoni da 14 Hz per la definizione delle geometrie e spessori delle litologie presenti in loco con analisi tomografica dei dati.

Nei paragrafi a seguire sono descritte le metodologie e le modalità esecutive delle indagini svolte, mentre in Allegato 6, in Allegato 7 e Allegato 8 sono riportati rispettivamente la documentazione fotografica, l'ubicazione delle stesse ed i risultati ottenuti.

4.2 M.A.S.W. (Multichannel Analysis Surface Waves)

La finalità della campagna di indagine geofisica, mediante prospezione sismica con metodologia M.A.S.W., è stata quella di fornire un profilo verticale medio delle V_s relative al volume di sottosuolo sotteso allo stendimento sismico operato.

Questo profilo verticale delle V_s viene ricavato mediante inversione e/o modellazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh).

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 10) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando questo viene sollecitato acusticamente.

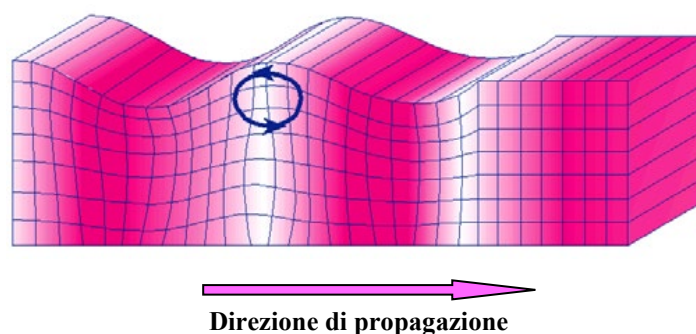


Fig. 10 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda

In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate. Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale circa a $0.92 V_s$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$.

La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_s tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

Inoltre l'ampiezza delle onde superficiali dipende da \sqrt{r} e non da r come per le onde di volume. I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.

Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla VP e dalla densità, è funzione innanzitutto della VS , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (NTC2018).

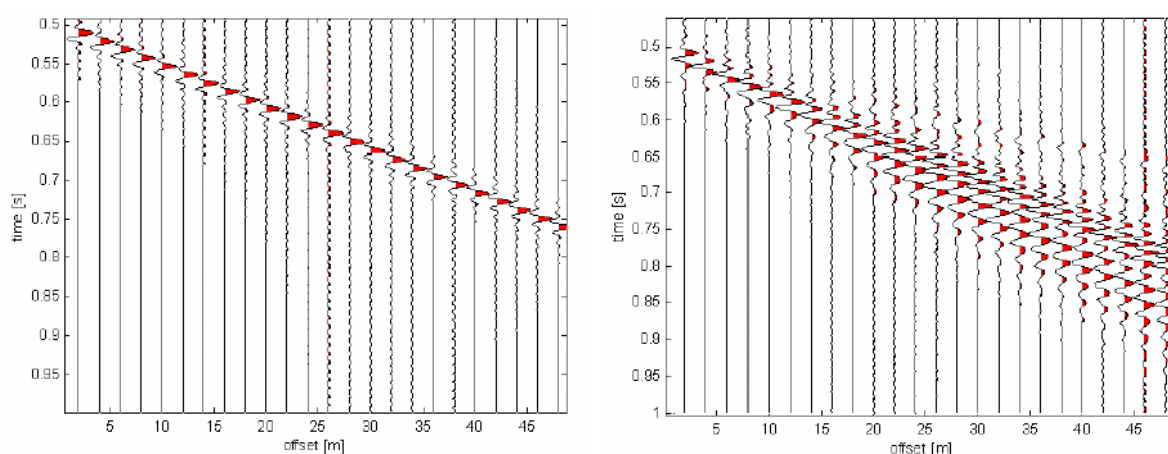


Fig. 11 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

Infatti, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la

velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle VS , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 11).

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione (Fig. 12).

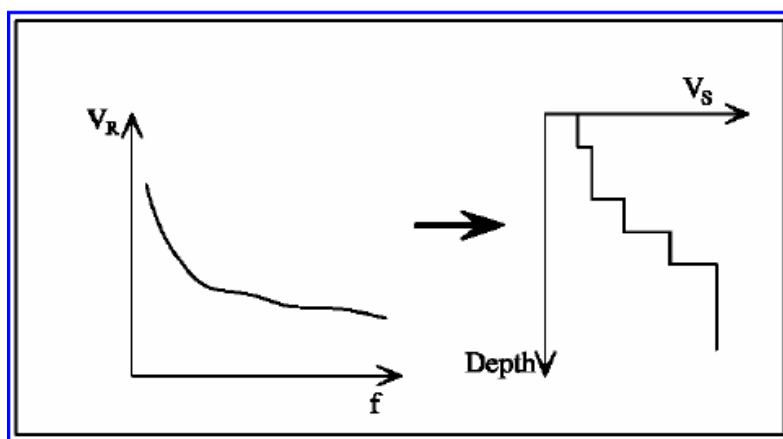


Fig. 12 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (V_S). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative meno onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione delle $VS < 15\%$.

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: Re.Mi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time ANalysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La tecnica Re.Mi consente di raggiungere profondità ragguardevoli fornendo un profilo verticale medio delle VS relative al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento messo in opera.

Questa tecnica viene estensivamente utilizzata negli Stati Uniti nell'ambito del NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program) tanto che il software fornisce anche direttamente il valore di V_{S30} e la categoria della classificazione del suolo secondo la normativa

americana. Il metodo FTAN per la determinazione delle V_{S30} ha bisogno di un solo ricevitore e permette la definizione di un profilo medio su distanze di decine-centinaia di metri.

Inoltre il metodo fornisce valori di velocità delle onde di taglio in buon accordo con le misure in foro.

Il metodo SASW viene generalmente impiegato per la determinazione delle VS di strati superficiali ($<30m$) e per la determinazione delle proprietà elastiche di strade e pavimentazioni (Stokoe & Nazarian, 1985) e, pertanto, sembra essere tra i metodi non invasivi quello più popolare tra gli ingegneri.

La tecnica MASW, fondata sulla tecnica SASW, consente una dettagliatissima ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo. La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio, lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione (Fig. 13);

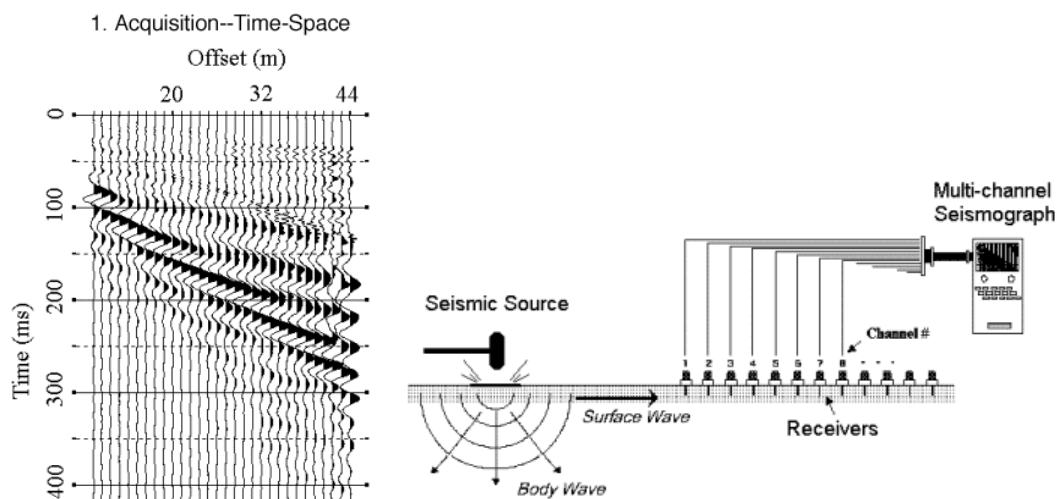


Fig. 13 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento e schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

2. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 14);

2. Dispersion Curve Extraction--Frequency-Phase Velocity

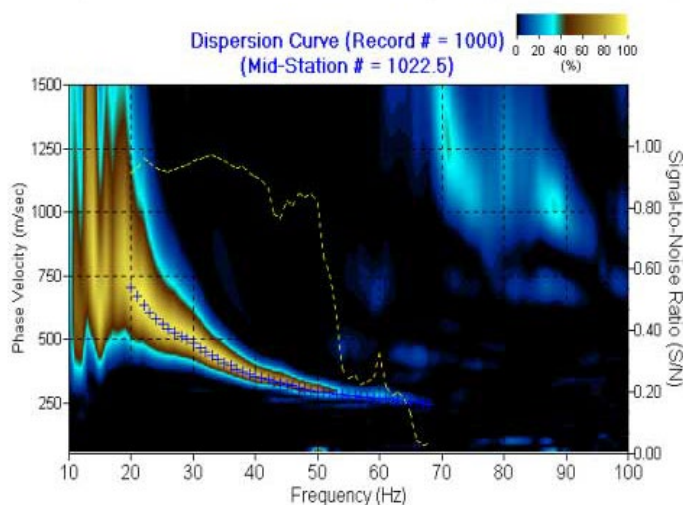


Fig. 14 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_s (Fig. 15) (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);

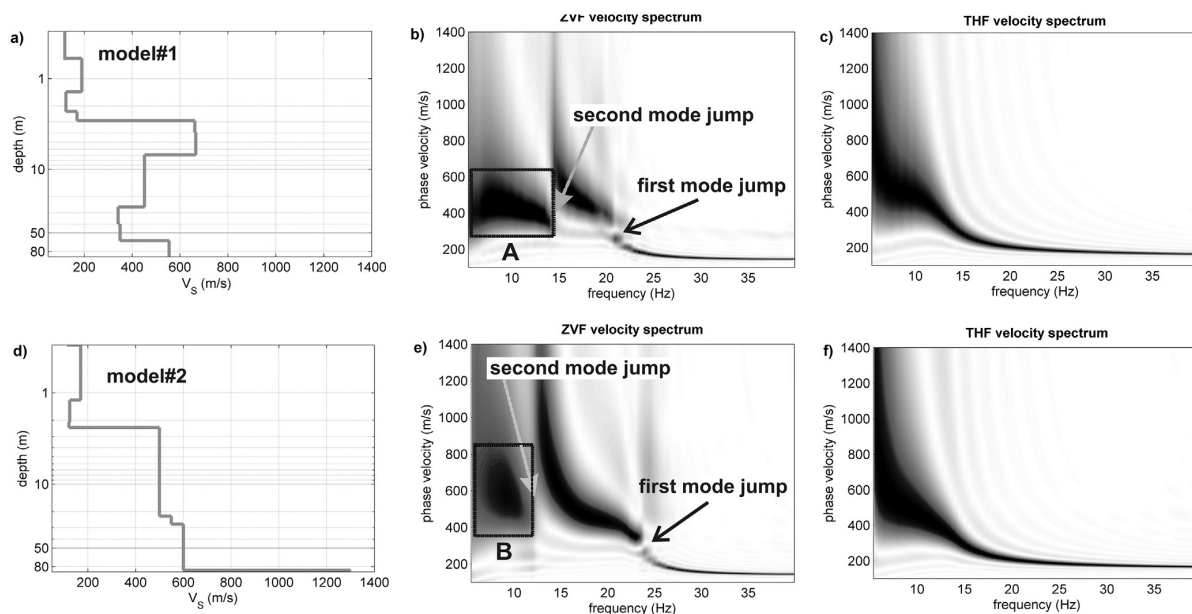


Fig. 15– Modello di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a $1.1V_R$ (V_R = velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa 0.4λ (λ = lunghezza d'onda).

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P ed S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni.

Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore (Fig. 16).

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale dall'attività umana.

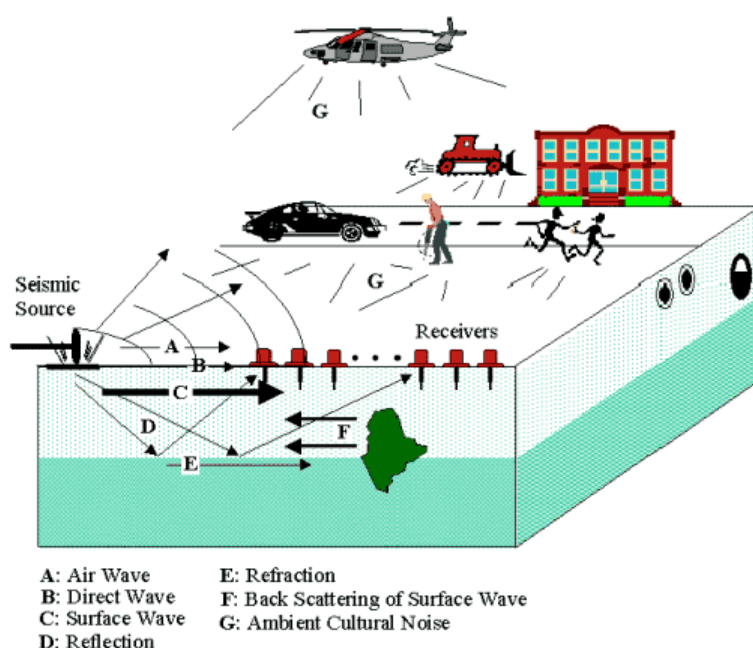


Fig. 16 – Schematizzazione dei vari tipi di onde (di volume e superficiali) e di alcune possibili sorgenti di rumore ambientale.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti (Fig. 26) in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni (Fig. 27).

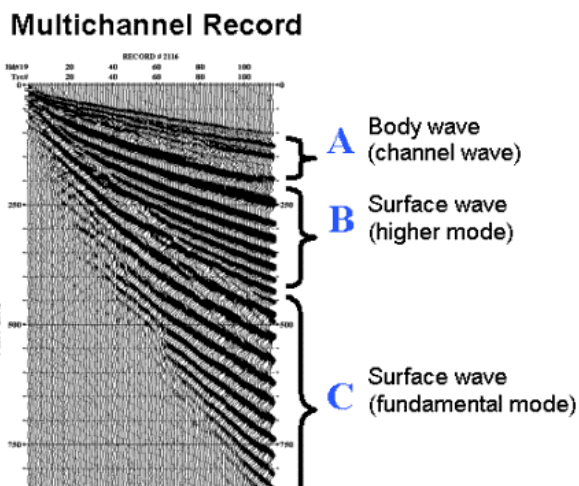


Fig. 17 – Segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali).

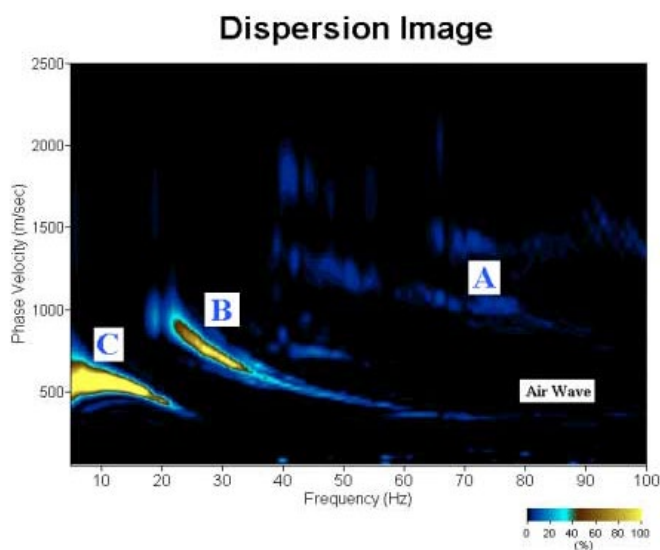


Fig. 18 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh relativa ai segnali sismici in Fig. 13. Il picco energetico in corrispondenza di C rappresenta, nel modello della dispersione, il modo fondamentale da estrarre. Il picco energetico in B rappresenta il primo modo mentre quello in A, poco evidente, rappresenterebbe il secondo modo.

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico.

Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

M.A.S.W. M1 e M2

Le indagini M.A.S.W. in Onde di Reyleigh M1 e M2 sono state eseguite rispettivamente lungo il prospetto posteriore della struttura e sul prospetto anteriore, utilizzano un array di n° 12 Geofoni verticali con frequenza a 4,5 Hz.

Per l'indagine M1 si è utilizzata una spaziatura inter - geofonica di 5 metri ed offset di 5 e 10 metri, mentre per l'indagine M2 è stata utilizzata una spaziatura inter - geofonica di 4 metri ed offset di 4 e 10 mt.

Tale metodologia ha consentito di ottenere ovunque registrazioni di buona qualità e per l'array sismico sono state effettuate più energizzazioni in modo tale da poter avere a disposizione più registrazioni da analizzare.

Come sorgente di energia è stata utilizzata una massa battente (Hammer Blow) da 8 Kg che impatta su di una piastra di alluminio opportunamente solidale con il terreno in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde compressione (onde P) ed onde di superficie (Reyleight).

La strumentazione utilizzata è del tipo 12-24 canali con risoluzione 24 bit, modello ECHO/2010 della AMBROGEO.

Per l'acquisizione effettuata con metodologia M.A.S.W. sono stati utilizzati *filtri passa basso* con frequenza di taglio a 950 Hz e geofoni da 4,5 Hz marca RTC, con time break sincrono con la sorgente di energia.

I sismogrammi sperimentali, registrati sul disco fisso del computer portatile di campagna, sono stati letti, elaborati ed interpretati mediante l'utilizzo del software **WINMASW v4.0** che prevede la lettura dei sismogrammi con determinazione dello spettro di velocità sul quale viene identificata la curva di dispersione e la successiva inversione della stessa attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici (in alcuni casi viene effettuata una modellazione diretta sullo spettro).

Risultati

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dalla Campagna di Indagini Geognostiche a carattere Geofisico con tecnica M.A.S.W. (Base Sismica M1 e M2) in Onde di Rayleigh.

BS M1

Il rilievo sismico M1 è stato realizzato lungo il prospetto posteriore della struttura ed è consistito in una lunghezza di circa $L = 55$ mt, per una profondità media di investigazione in linea con le NTC18.

Nel particolare l'indagine M1 ha presentato in fase di elaborazione, onde con range di frequenza 20 - 65 Hz, che in condizioni ottimali offrono dettagliate informazioni sulla ricostruzione del profilo V_s in profondità.

Lo spettro di velocità (diagramma Velocità/Frequenza) ottenuto ha consentito di riconoscere in modo "visivo" le onde di Reyleight che hanno carattere dispersivo (modo Fondamentale) rispetto a quelle (onde di Reyleight di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente) che hanno altri modi e tipi di onde (Modo superiore – Aliasing spaziale).

Si è eseguito il picking (Modo fondamentale) della curva di dispersione e dopo aver ottenuto un modello di partenza, si è successivamente effettuata l'analisi della curva di dispersione con il metodo diretto.

L'indagine ha consentito di evidenziare la presenza di n. **8** sismostrati, di seguito riportati, con presenza nel sottosuolo investigato di corpi con discreto contrasto di velocità dell'onda S.

BASE SISMICA M1	V_s m/s	Spessore Stimato (mt)
STRATO 1	206	1.1
STRATO 2	242	0.5
STRATO 3	393	1.1
STRATO 4	513	3.7
STRATO 5	573	4.3
STRATO 6	582	4.2
STRATO 7	286	0.5
STRATO 8	510	-

Il modello MEDIO ad **8** strati ottenuto dall'indagine M.A.S.W. M1 può essere riferito alla seguente successione costituita partendo dall'alto da :

STRATO 1

Ammasso superficiale ($V_s = 206$ m/s), rappresentato da un ammasso “prevalentemente antropico/terrigeno”, correlabile massetto in asfalto bituminoso e dal sottofondo stradale, nonché da un livello terrigeno correlabile a depositi di natura sabbiosa/arenacea, poco addensati e dotati di una SCARSA risposta acustica.

STRATO 2

Ammasso intermedio ($V_s = 242$ m/s), rappresentato da un ammasso “prevalentemente terrigeno”, correlabile a depositi di natura sabbiosa/limosa poco addensati ed eterogeneo lateralmente e dotate di una MEDIOCRE risposta acustica.

STRATO 3

Ammasso intermedio ($V_s = 393$ m/s), rappresentato da un ammasso “prevalentemente terrigeno”, correlabile a depositi di natura sabbioso/arenacea addensati ed eterogeneo lateralmente e dotate di una DISCRETA risposta acustica.

Da STRATO 4 a STRATO 6

Ammasso intermedio ($V_s = 513, 573, 582$ m/s), rappresentato da un ammasso “prevalentemente terrigeno”, correlabile a depositi di natura sabbiosa con probabili livelli ciottolosi e/o cementati, addensato ed eterogeneo lateralmente e dotate di una BUONA risposta acustica.

STRATO 7

Ammasso intermedio ($V_s = 286$ m/s), rappresentato da un ammasso “prevalentemente terrigeno”, correlabile a depositi di natura sabbiosa-limosa mediamente addensati e dotati di una SUFFICIENTE risposta acustica.

STRATO 8

Ammasso di base ($V_s = 510$ m/s), rappresentato da un ammasso “prevalentemente terrigeno”, correlabile a depositi di natura sabbiosa con probabili livelli ciottolosi e/o cementati, addensato ed eterogeneo lateralmente e dotate di una BUONA risposta acustica.

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 17 Gennaio 2018) è prevista la definizione delle caratteristiche del terreno di fondazione e la nuova determinazione del valore della $V_{S,eq}$ (che rappresenta la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S) che viene determinata mediante la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove

h_i spessore dell' i-esimo strato

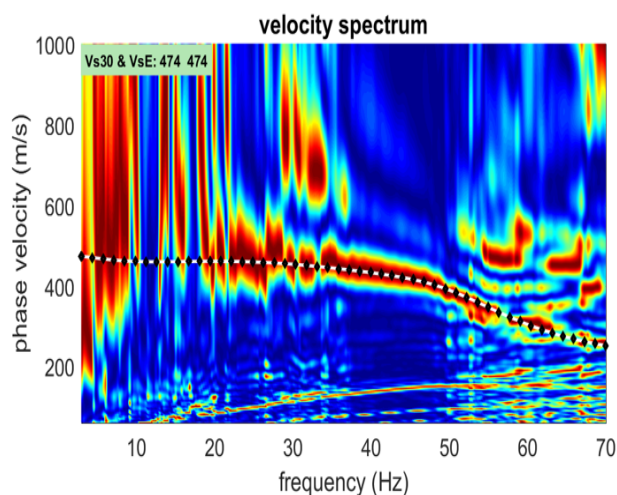
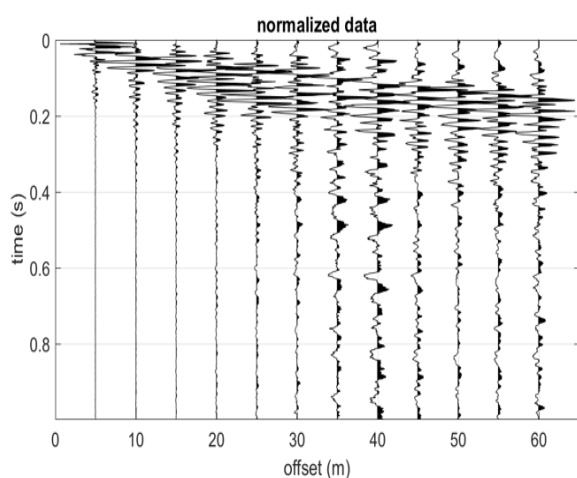
$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i-esimo stato

N numero di strati

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s

Nel caso in esame la V_{Seq} coincide con la V_{S30} , in quanto non è stata riscontrata la presenza del bedrock sismico entro i primi 30 mt di profondità dal p.c. per cui otteniamo:

BASE SISMICA M1		Categoria di suolo di Fondazione
$V_{Seq} \approx V_{S30}$ (m/s) dal piano campagna	474	“ B ”



BS M2

Il rilievo sismico M2 è stato realizzato lungo il prospetto anteriore della struttura ed è consistito in una lunghezza di circa $L = 44$ mt, per una profondità media di investigazione in linea con le NTC18.

Nel particolare l'indagine M2 ha presentato in fase di elaborazione, onde con range di frequenza 5 - 60 Hz, che in condizioni ottimali offrono dettagliate informazioni sulla ricostruzione del profilo V_s in profondità.

Lo spettro di velocità (diagramma Velocità/Frequenza) ottenuto ha consentito di riconoscere in modo "visivo" le onde di Reyleight che hanno carattere dispersivo (modo Fondamentale) rispetto a quelle (onde di Reyleight di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente) che hanno altri modi e tipi di onde (Modo superiore – Aliasing spaziale).

Si è eseguito il picking (Modo fondamentale) della curva di dispersione e dopo aver ottenuto un modello di partenza, si è successivamente effettuata l'analisi della curva di dispersione con il metodo diretto.

L'indagine ha consentito di evidenziare la presenza di n. **8** sismostrati, di seguito riportati, con presenza nel sottosuolo investigato di corpi con discreto contrasto di velocità dell'onda S.

BASE SISMICA M1	V_s m/s	Spessore Stimato (mt)
STRATO 1	224	3.0
STRATO 2	323	3.3
STRATO 3	373	4.3
STRATO 4	386	3.3
STRATO 5	454	2.0
STRATO 6	407	1.8
STRATO 7	496	3.5
STRATO 8	507	-

Il modello MEDIO ad **8** strati ottenuto dall'indagine M.A.S.W. M1 può essere riferito alla seguente successione costituita partendo dall'alto da:

STRATO 1

Ammasso superficiale ($V_s = \mathbf{224}$ m/s), rappresentato da un ammasso "prevalentemente antropico/terrigeno", correlabile massetto in asfalto bituminoso e dal sottofondo stradale, nonché da un livello terrigeno correlabile a depositi di natura sabbiosa e/o riporto, poco addensati e dotati di una SCARSA risposta acustica.

STRATO 2

Ammasso intermedio ($V_s = 323$ m/s), rappresentato da un ammasso “prevalentemente terrigeno”, correlabile a depositi di natura sabbiosa/limosa mediamente addensato ed eterogeneo lateralmente e dotate di una MEDIOCRE risposta acustica.

Da STRATO 3 a STRATO 4

Ammasso intermedio ($V_s = 373, 386$ m/s), rappresentato da un ammasso “prevalentemente terrigeno”, correlabile a depositi di natura sabbioso/arenacea addensati ed eterogeneo lateralmente e dotate di una DISCRETA risposta acustica.

Da STRATO 5 a STRATO 7

Ammasso intermedio ($V_s = 454, 407, 496$ m/s), rappresentato da un ammasso “prevalentemente terrigeno”, correlabile a depositi di natura sabbiosa con probabili livelli ciottolosi e/o cementati, addensato ed eterogeneo lateralmente e dotate di una BUONA risposta acustica.

STRATO 8

Ammasso di base ($V_s = 507$ m/s), rappresentato da un ammasso “prevalentemente terrigeno”, correlabile a depositi di natura sabbiosa con probabili livelli ciottolosi e/o cementati, addensato ed eterogeneo lateralmente e dotate di una BUONA risposta acustica.

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 17 Gennaio 2018) è prevista la definizione delle caratteristiche del terreno di fondazione e la nuova determinazione del valore della $V_{s,eq}$ (che rappresenta la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S) che viene determinata mediante la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove

h_i spessore dell' i-esimo strato

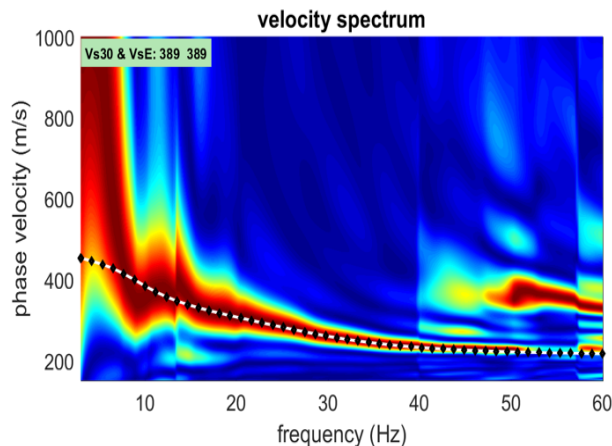
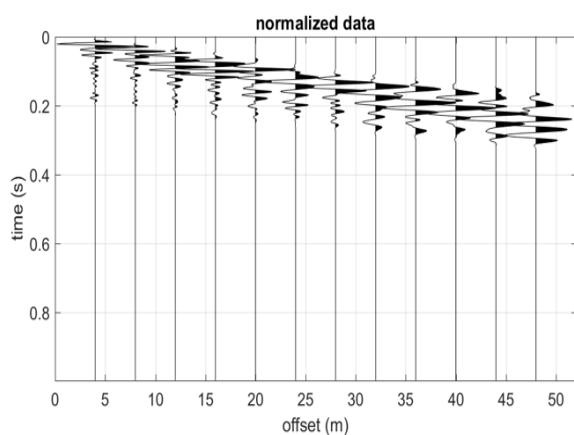
$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i-esimo stato

N numero di strati

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s

Nel caso in esame la V_{Seq} coincide con la V_{S30} , in quanto non è stata riscontrata la presenza del bedrock sismico entro i primi 30 mt di profondità dal p.c. per cui otteniamo:

BASE SISMICA M1		Categoria di suolo di Fondazione
$V_{Seq} \approx V_{S30}$ (m/s) dal piano campagna	389	" B "



4.3 Tomografia Sismica in onde P

La Sismica a Rifrazione di Superficie in Onde P, con elaborazione tomografica dei dati (Tomografia Sismica), consiste nel rilevare a distanze orizzontali variabili rispetto ad un punto iniziale, gli arrivi di onde sismiche di compressione (mediante appositi geofoni) generate da una sorgente di impulsi sismici e rifratte da discontinuità geologico - strutturali.

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante sottolineare che:

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 \cdot z$;
- c) le velocità delle onde P misurate in terreni saturi o molto umidi dipende, talora in maniera decisiva, dalle vibrazioni trasmesse dall'acqua interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale; perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione. Ne consegue che per alcuni terreni al disotto della falda le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio;
- d) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione dell'ammasso;

La metodologia prevede un array di minimo n° 12 geofoni con frequenza di 14 Hz e distanza intergeofonica costante con l'esecuzione di n. 2 scoppi (A-B) agli estremi del rilievo e n. 3 scoppi interni al rilievo (D-C-E), per un totale di 5 scoppi consentono di tracciare il diagramma delle velocità complementari e di ottenere una sufficiente ricopertura di dati (informazioni sullo stesso rifrattore da energizzazioni diverse), ricavare le giaciture dei livelli rifrattori, e ridurre infine il margine di errore in un'investigazione di tipo indiretto. La sorgente di energia utilizzata è di tipo "Hammer Blow" da 8 Kg che impatta su di una piastra di alluminio opportunamente solidale con il terreno per generare onde di compressione (Onde P).

I sismogrammi sperimentali, registrati sul disco fisso del sismografo portatile di campagna, sono stati letti, elaborati ed interpretati mediante l'utilizzo del software **Rayfract v 3.16** per Tomografia Sismica prodotto della Intelligent Resources Inc., che prevede la lettura dei sismogrammi, picking dei primi arrivi, analisi delle intensità dei segnali sismici, costruzione delle dromocrone, definizione delle velocità dei sismostrati tramite programma regressione lineare, e delle profondità tramite i metodi di Intercept Time inversion, Gradient layer inversion (metodo Delta t-V), gli elaborati vengono ottimizzati in ambiente Surfer.

Tomografia TS1 e TS2

La prospezione sismica denominata TS1 è stata realizzata lungo il prospetto posteriore della struttura, ed è consistita in un array di n° 12 geofoni a 14 Hz, con spaziatura inter - geofonica di 5 metri ed offset di 5 mt, che ha consentito un'investigazione del sottosuolo di circa 14 metri (Fig. 19)



Fig. 19 – Indagine sismica a Rifrazione di superficie in onde P (Tomografia TS1) sul prospetto posteriore

Analogamente la Tomografia TS2 è stata realizzata lungo il prospetto anteriore della struttura, ed è consistita in un array di n° 12 geofoni a 14 Hz, con spaziatura inter - geofonica di 4 metri ed offset di 4 mt, che ha consentito un'investigazione del sottosuolo di circa 15 metri (Fig. 20).



Fig. 20 – Indagine sismica a Rifrazione di superficie in onde P (Tomografia TS2) sul prospetto anteriore

Risultati

Le indagini simiche a rifrazione di superficie con elaborazione tomografica dei dati (TS1 e TS2) hanno consentito un'analisi più accurata delle geometrie e delle probabili velocità in Onde P dei litotipi presenti in loco.

TS1

I risultati ottenuti dall'indagine Tomografica TS1 Onde P (Fig. 21) ha evidenziato la presenza di un primo orizzonte di natura "antropica/terrigena" costituito dal massetto in stradale e dal probabile sottofondo in stabilizzato granulare ed in parte da una litologia prevalentemente sabbiosa (U1) che si localizza mediamente ad una profondità variabile lungo tutto lo stendimento da 1.0 a 3.0 mt (geofoni G10 – G12) con velocità delle Onde P di circa comprese tra 600 e 1000 m/s (U1).

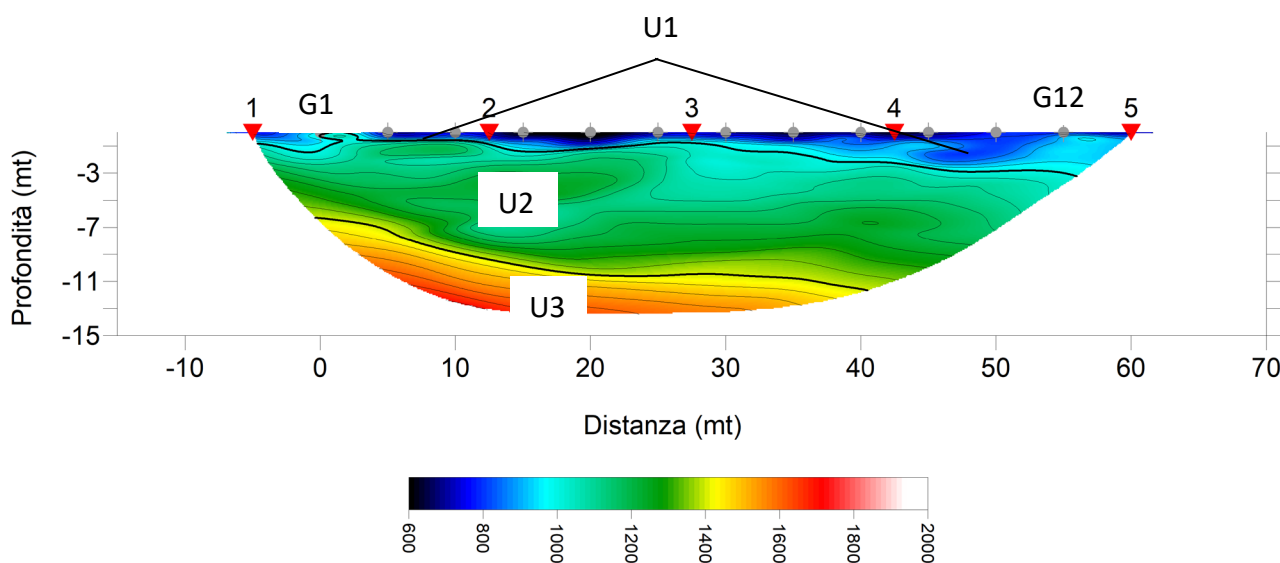


Fig. 21 – Tomografia Sismica in Onde P - TS1 -

Al di sotto di tale orizzonte si rinviene molto probabilmente l'unità localmente rappresentata dalle Sabbie di Monte Marano, caratterizzate da una litologia terrigena costituita prevalentemente da silt, sabbie e livelli di ciottoli e/o ghiaie, che evidenziano un diverso grado di addensamento (U2) dallo spessore variabile da 6,0 a 8,0 mt e con velocità delle Onde P comprese tra i 1000 ed 1500 m/s (U2).

In continuità stratigrafica si intercetta una litologia di natura sabbioso/arenacea (U₃) sino alla profondità di massima investigazione con velocità delle onde P superiori ai 1500 m/s.

Nella figura 22 è rappresentata la sezione Geo-Litologica interpretativa dell'indagine tomografica rappresentata precedentemente.

Sostanzialmente la sezione può essere suddivisa grossomodo in 3 litologie principali a seconda del loro grado di addensamento e risultante da un primo confronto dei dati tomografici con i risultati ottenuti dall'indagine M.A.S.W. in Onde di Rayleigh; le velocità rappresentate nella figura 22 sono riferite alla velocità media dell'intero strato.

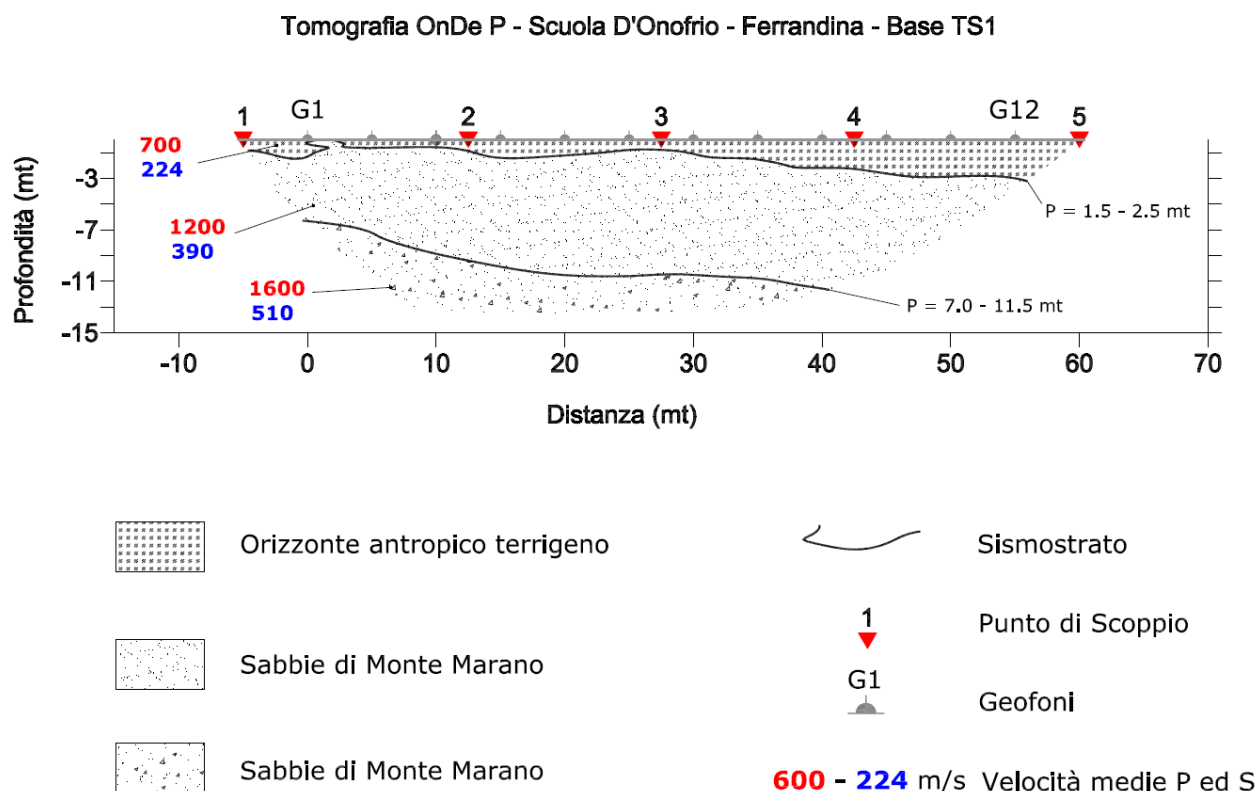


Fig. 22 – Probabile attribuzione litologica dell'area lungo la prospezione sismica TS1

TS2

I risultati ottenuti dall'indagine Tomografica TS2 Onde P (Fig. 23) ha evidenziato la presenza di un primo orizzonte di natura "antropica/terrigena" costituito dal massetto in stradale e dal probabile sottofondo in stabilizzato granulare ed in parte da una litologia prevalentemente sabbiosa (U1) che si localizza mediamente ad una profondità lungo tutto lo stendimento di circa 1.0 mt (geofoni G1 – G12) con velocità delle Onde P di circa 400 - 500 m/s (U1).

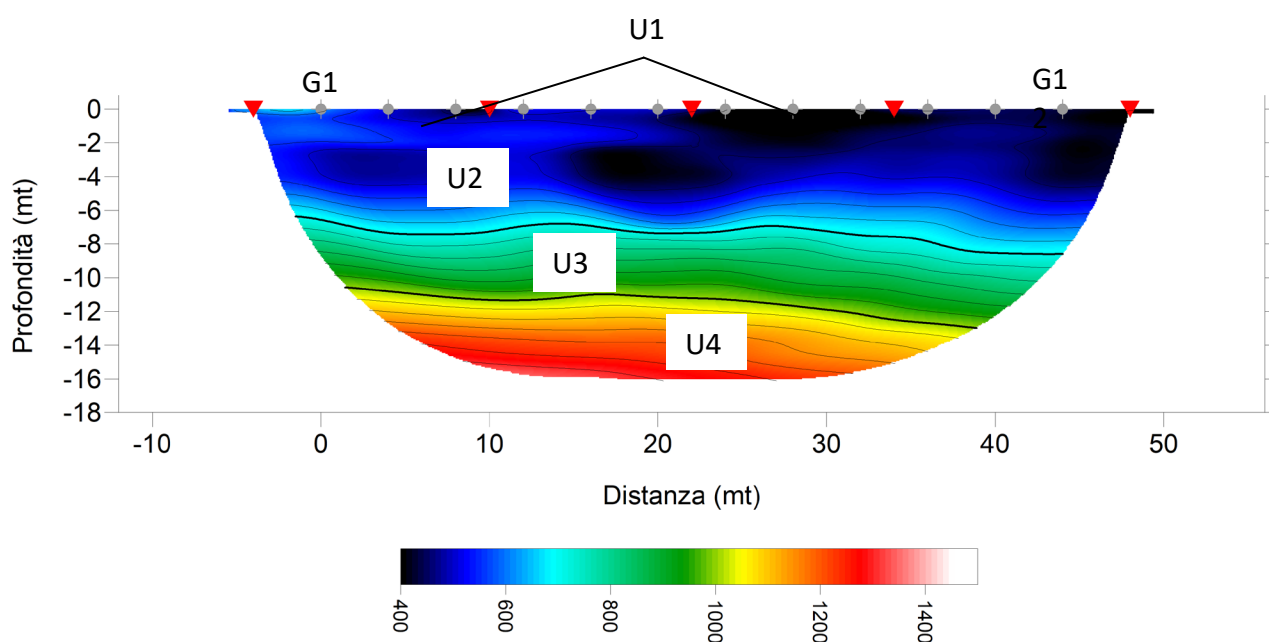


Fig. 23 – Tomografia Sismica in Onde P - TS2 -

Al di sotto di tale orizzonte si rinviene molto probabilmente l'unità localmente rappresentata dalle Sabbie di Monte Marano, caratterizzate da una litologia terrigena costituita prevalentemente da silt, sabbie e livelli di ciottoli e/o ghiaie, che evidenziano un diverso grado di addensamento (U2 – U3) dallo spessore di circa 10 mt e con velocità delle Onde P comprese tra i 500 (U2) ed 1000 m/s (U3).

In continuità stratigrafica si intercetta una litologia di natura sabbioso/arenacea (U3) sino alla profondità di massima investigazione con velocità delle onde P comprese tra 1000 e 1500 m/s.

Nella figura 24 è rappresentata la sezione Geo-Litologica interpretativa dell'indagine tomografica rappresentata precedentemente.

Sostanzialmente la sezione può essere suddivisa grossomodo in 4 litologie principali a seconda del loro grado di addensamento e risultante da un primo confronto dei dati tomografici con i risultati ottenuti dall'indagine M.A.S.W. in Onde di Rayleigh; le velocità rappresentate nella figura 24 sono riferite alla velocità media dell'intero strato.

Tomografia sismica Onde P - Scuola D'Onofrio - Ferrandina - Base TS2 -

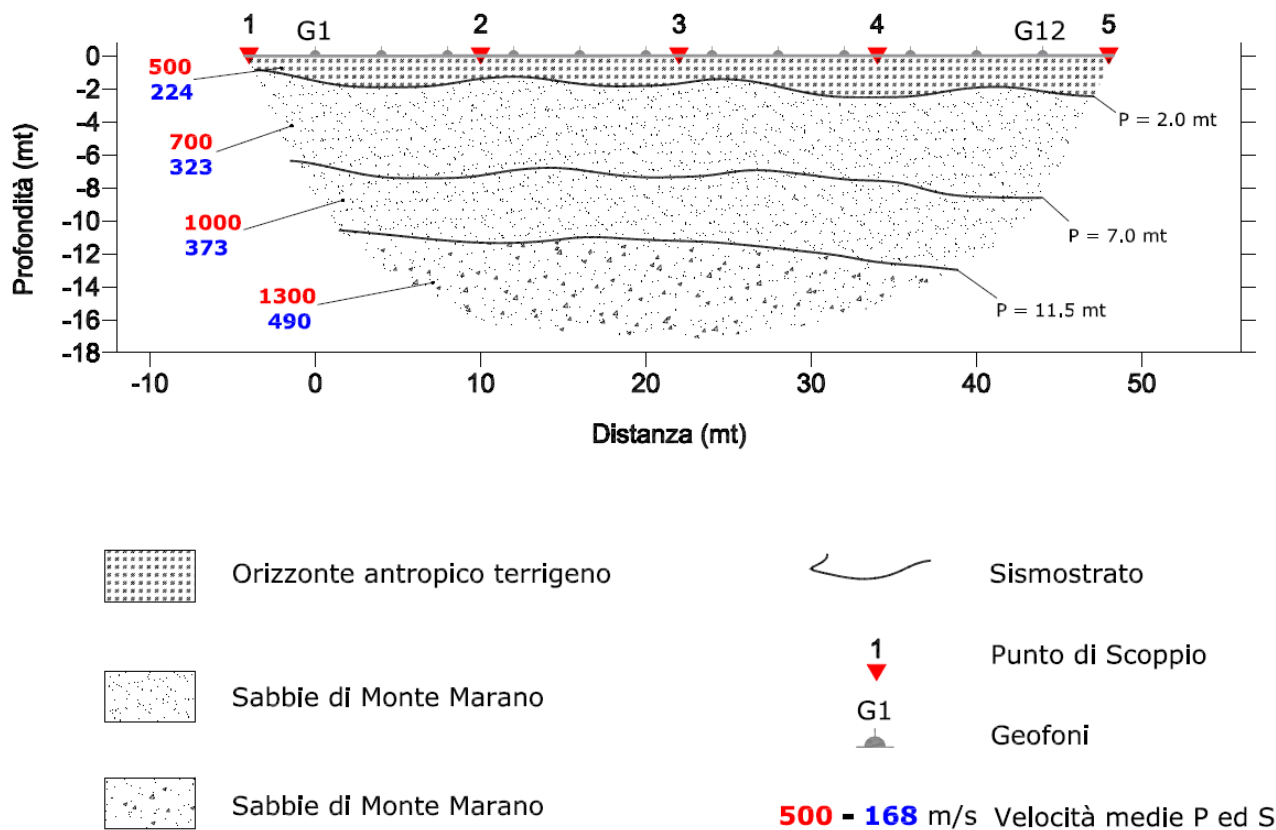


Fig. 24 – Probabile attribuzione litologica dell'area lungo la prospezione sismica TS1

5. Stratigrafia del sito

Il rilevamento geologico e geomorfologico, unitamente alle ricerche bibliografiche ed alla consultazione di precedenti indagini geognostiche dirette effettuate nel centro abitato di Ferrandina, nonché dalla consultazione della cartografia tematica allegata al Regolamento Urbanistico vigente ed ai risultati ottenuti dalla campagna di indagini geognostiche a carattere geofisico condotte presso l'area di studio mediante prospezione sismica con tecnica M.A.S.W. e sismica a Rifrazione di Superficie in Onde P con elaborazione Tomografica dei dati ha consentito di tracciare un profilo litostratigrafico dell'area di studio nonché di definire un modello geologico dei terreni interessati dall'intervento in progetto.

Sostanzialmente, nel complesso, le indagini hanno evidenziato la presenza di un primo orizzonte antropico costituito dal massetto in asfalto bituminoso, dal sottofondo stradale e dal livello alterato dell'orizzonte sabbioso – limoso sottostante dello spessore variabile da 1,5 a 2,5 mt per quanto riguarda l'area prospiciente il prospetto posteriore (MASW M1 e TS1) e di circa 2,0 mt per quanto riguarda l'area prospiciente il prospetto anteriore (MASW M2 e TS2) caratterizzato da una velocità delle onde di taglio V_s di circa **224** m/s.

Al di sotto di tale livello si estende per uno spessore variabile sino alla massima profondità di indagine di circa **12** mt per l'indagine TS1 e di circa **16** mt nell'indagine TS2, una litologia terrigena ascrivibile alle Sabbie di Monte Marano che ha registrato, velocità per le onde di taglio variabili da 320 a 510 m/s e per tanto si presuppone che questo orizzonte si presenta in uno stato da mediamente addensato a molto addensato, trattandosi di litologie a prevalente composizione sabbiosa con intercalazioni di sabbie cementate e ciottoli.

Questa litologia terrigena, riconducibile all'era Quaternaria, poggia eteropicamente sulle Argille Subappennine che rappresentano il termine batimetricamente più profondo del ciclo sedimentario della Fossa Bradanica.

Inoltre è bene ricordare che il modello geosismico non individua assetti litostratigrafici ben definiti, ma fornisce attraverso le velocità delle onde P ed S, la presenza di superfici di discontinuità (rifrattori) sismiche legate a differenti caratteristiche

Ne consegue che all'interno di una stessa litologia è possibile registrare anomalie di velocità anche non indifferenti. Da ciò ne consegue che il probabile assetto stratigrafico riconosciuto nell'area è caratterizzato dalla seguente successione stratigrafica schematica:

- ♦ Terreno antropico e livello sabbioso alterato (spessore stimato **1.5 – 2.5** mt)
- ♦ Sabbie di Monte Marano (spessore stimato **> 12 - 16** mt)

6. Caratterizzazione geotecnica del sito

Dal punto di vista geotecnico l'area di studio, nel complesso, è caratterizzata dalla presenza di un corpo litologico superficiale di natura prevalentemente terrigena ascrivibile alle Sabbie di Monte Marano costituito da sabbie, ciottoli e livelli cementati e da una potente litologia terrigena sottostante ascrivibile alle Argille Subappennine.

Nel complesso comunque, i terreni individuati nell'area di studio sono di seguito descritti:

- Orizzonte 1: *Terreno antropico, spessore di circa 1,5 - 2,5 metri*
- Orizzonte 2: *Sabbie di Monte Marano, spessore stimato > 12 - 16 metri*

Terreno antropico

Trattasi di terreno di natura prevalentemente antropica costituito dal massetto stradale e dal sottofondo in stabilizzato granulare per quanto riguarda la zona prospiciente il prospetto posteriore (MASW M1 e TS1) mentre la zona prospiciente il prospetto anteriore è costituita da una pavimentazione in mattonelle precomprese e dal relativo sottofondo, nonché da probabile materiale di riempimento anidro. Fa parte di questo orizzonte anche il livello alterato e rimaneggiato superficiale della litologia sabbiosa ascrivibile alle Sabbie di Monte Marano.

Sabbie di Monte Marano

Trattasi di depositi di natura prevalentemente sabbiosa e sabbiosa – limosa, con litofacies molto variabili che vanno da sabbie calcareo-quarzose a sabbie argillose giallastre ed ocracee, per finire a livelli arenitici e conglomeratici. Lo spessore complessivo di tale orizzonte risulta mediamente valutabile intorno agli 80 mt. La stratificazione è abbastanza marcata specie in zone 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 gli strati litologicamente differenti (sabbie-arenarie), appartenenti alla medesima formazione. Infine nella successione sabbiosa di rinvencono lenti ed inclusioni giaiose.

Al fine di poter conoscere in dettaglio i principali parametri geotecnici dei terreni presente in loco, in fase esecutiva si dovranno necessariamente effettuare le opportune indagini geognostiche di tipo diretto con il prelievo di campioni da sottoporre alla caratterizzazione geotecnica di laboratorio e nel caso di rinvenimento della falda superficiale gli stessi fori di sondaggio dovranno

essere attrezzati con tubi piezometrici per futuri monitoraggi del livello piezometrico, al fine di tener sotto controllo le eventuali escursioni della falda freatica.

In questa fase è possibile dare alcune indicazioni sui principali parametri geotecnici riferendosi alla campagna di indagini geognostiche effettuate precedentemente nel centro abitato di Ferrandina ed allegate al Regolamento Urbanistico vigente.

Nello specifico dalla consultazione effettuata sui campioni prelevati ed analizzati nell'elaborato del Regolamento Urbanistico del Comune di Ferrandina, si consiglia di usare valori cautelativi, ovvero un angolo di attrito (φ) di circa 28° , una coesione drenata (c) nulla, un peso di volume di 19.6 KN/cm^2 .

7. PAI (Piano di Assetto Idrogeologico)

L'Autorità di Bacino Interregionale della Basilicata (AdB Basilicata), istituita con la Legge 19/2002 e attualmente denominata Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - Sede Basilicata (secondo il D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., la Legge 221/2015, il D.M. n. 294/2016 e il DPCM 4 aprile 2018), ha provveduto a redigere il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) adottato con Delibera Istituzionale n. 25 del 15/12/2004 e approvato con Delibera Istituzionale n. 39 del 30/11/2005; tale piano è finalizzato a:

- 1) alla sistemazione, alla conservazione ed al recupero del suolo nei bacini idrografici, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-forestali, idraulico-agrari compatibili con i criteri di recupero naturalistico,
- 2) alla difesa e al consolidamento dei versanti e delle aree instabili, nonché la difesa degli abitanti e delle infrastrutture contro i movimenti franosi e gli altri fenomeni di dissesto,
- 3) al riordino del vincolo idrogeologico,
- 4) alla difesa, alla sistemazione e alla regolazione dei corsi d'acqua,
- 5) allo svolgimento funzionale dei servizi di polizia idraulica, di piena e di pronto intervento idraulico, nonché della gestione degli impianti.







Tutto ciò è reso necessario dal bisogno di ridurre gli attuali livelli di pericolosità e di consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

L'Autorità di Bacino per mezzo del suo strumento di pianificazione, ossia il PAI costituisce il quadro di riferimento a cui devono adeguarsi e riferirsi tutti i provvedimenti autorizzativi e concessori.

La valenza di Piano sovraordinato, rispetto a tutti i piani di settore, compresi i piani urbanistici, comporta quindi, nella gestione dello stesso, un'attenta attività di coordinamento e coinvolgimento degli enti operanti sul territorio.

La metodologia adottata per la perimetrazione e classificazione delle aree di versante (aree soggette a movimenti gravitativi) ha fatto riferimento alle recenti linee guida redatte dal Servizio Geologico Nazionale ai fini della redazione dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI).

Le classi di rischio attualmente presenti ed identificate nel PAI per le aree di versante sono le seguenti:

-  **R4 = AREA A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO:** area in cui è possibile l'instaurarsi di fenomeni gravitativi tali da provocare la perdita di vite umane e/o da creare lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici ed alle infrastrutture, danni al patrimonio ambientale e culturale, la distruzione di attività socio-economiche
-  **R3 = AREA A RISCHIO IDROGEOLOGICO ELEVATO:** area in cui è possibile l'instaurarsi di fenomeni comportanti rischi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio ambientale e culturale.
-  **R2 = AREA A RISCHIO IDROGEOLOGICO MEDIO:** area in cui è possibile l'instaurarsi di fenomeni comportanti danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, che non pregiudicano le attività economiche e l'agibilità degli edifici
-  **R1 = AREA A RISCHIO IDROGEOLOGICO MODERATO:** area in cui è possibile l'instaurarsi di fenomeni comportanti danni sociali ed economici marginali al patrimonio ambientale e culturale
-  **P = AREE PERICOLOSE:** area che pur presentando condizioni di instabilità o di propensione all'instabilità, interessano aree non antropizzate e quasi sempre prive di beni esposti e pertanto non minacciano direttamente l'incolumità delle persone e non provocano in maniera diretta danni a beni ed infrastrutture.
-  **ASV = AREE SOGGETTE A VERIFICA IDROGEOLOGICA:** aree nelle quali sono presenti fenomeni di dissesto ed instabilità, attivi o quiescenti, da assoggettare a specifica ricognizione e verifica.

Dalla consultazione della cartografia PAI vigente e dalle relative perimetrazioni del PAI, si evince che l'area oggetto del presente studio **non ricade** all'interno di aree a Rischio Idrogeologico per quanto concerne il rischio da Frana come riportato in figura 25 di seguito.

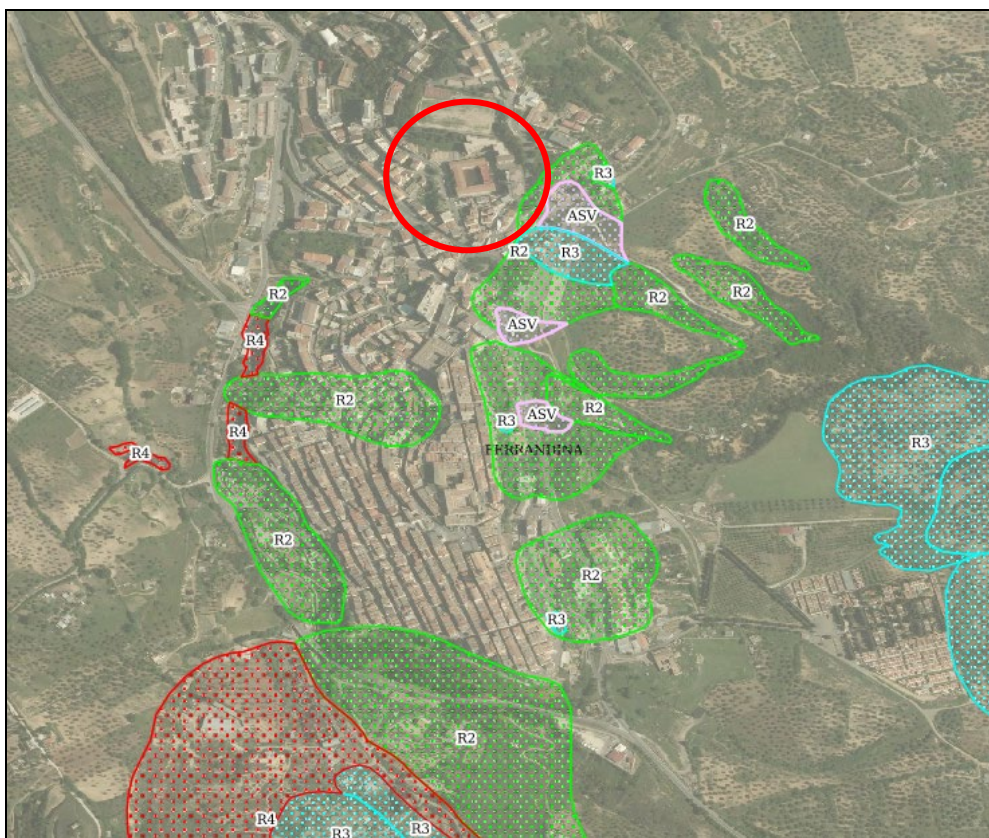


Fig. 25 – Stralcio PAI AdB Appennino Meridionale sede Basilicata (fonte rsdi.basilicata.it)

8. Caratterizzazione sismica (NTC 2018)

I riferimenti legislativi di riferimento relativi al terreno di fondazione nella legislazione sismica vigente è dato dalle *NTC 2018* entrate in vigore con il D.M. del 17 Gennaio 2018 e pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.02.2018. Il numero di zone sismiche rimane fissato a 4, corrispondenti ai quattro valori di accelerazione orizzontale (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Fig. 26).

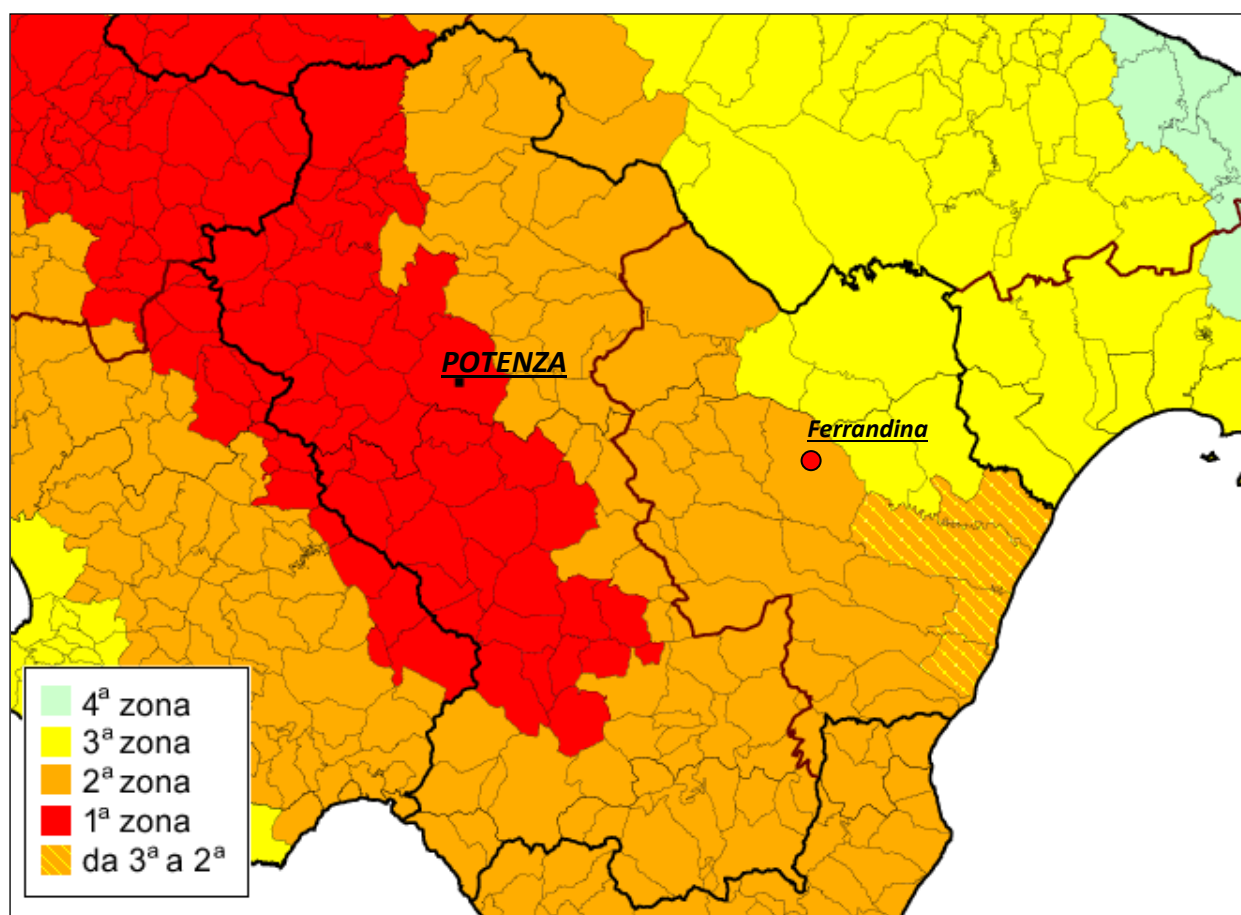


Fig. 26 - Classificazione sismica Regione Basilicata

Ad ognuna di queste zone corrisponde un'accelerazione (a_g) di riferimento variabile da 0.35 g nella prima zona, fino a 0.05 g nella quarta zona. I valori in essa riportati sono tutti riferiti alle accelerazioni che sono attese a seguito di un evento sismico laddove il sottosuolo interessato è costituito da formazioni litoidi o rigide, definite quali suoli di **Categoria A** ($V_{s30} \geq 800$ m/s). In Tabella 2, nella prima colonna, sono riportati i valori del picco orizzontale del suolo (a_g/g) espresso in percentuale di “ g ” (accelerazione di gravità), mentre nella seconda colonna sono riportati i valori dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico come descritto nelle norme tecniche sulle costruzioni.

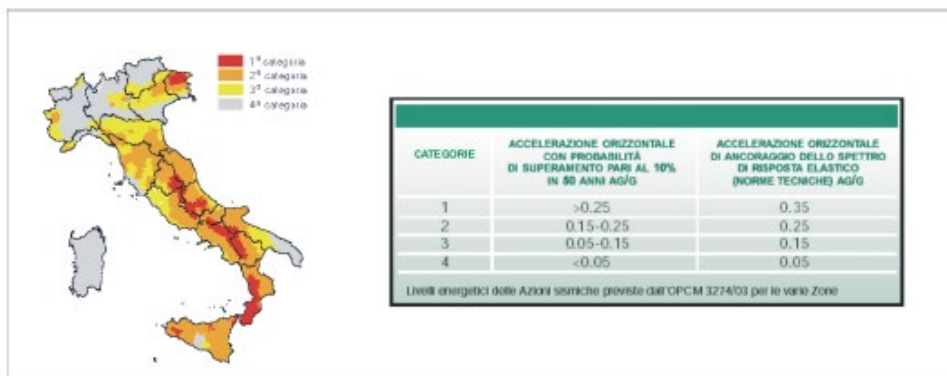


Tabella 2 – Valori delle azioni sismiche previste dal NTC 2008 (fonte INGV modificata)

Il Comune di Ferrandina è stato classificato come zona sismica di 2^a categoria a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0,15 g e 0,25 g che si traduce in un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a **0.25 (a_g/g)** (suoli molto rigidi).



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

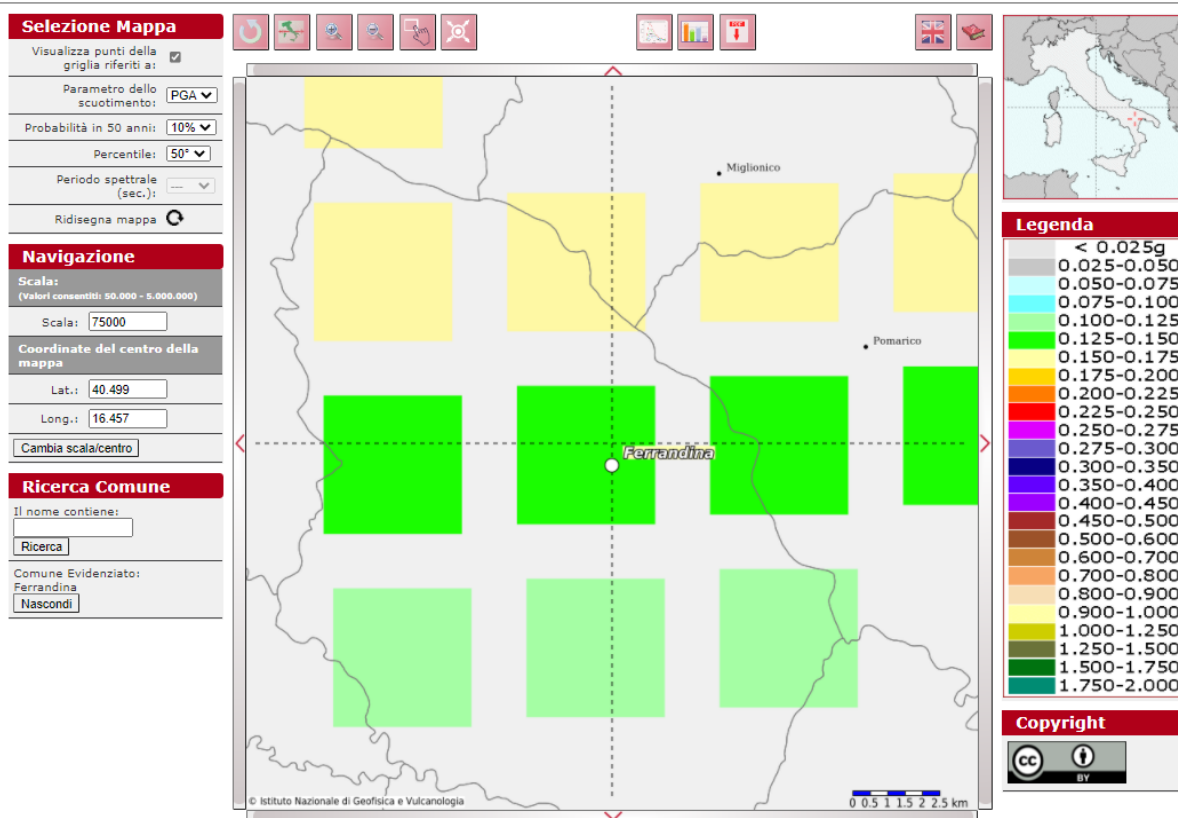
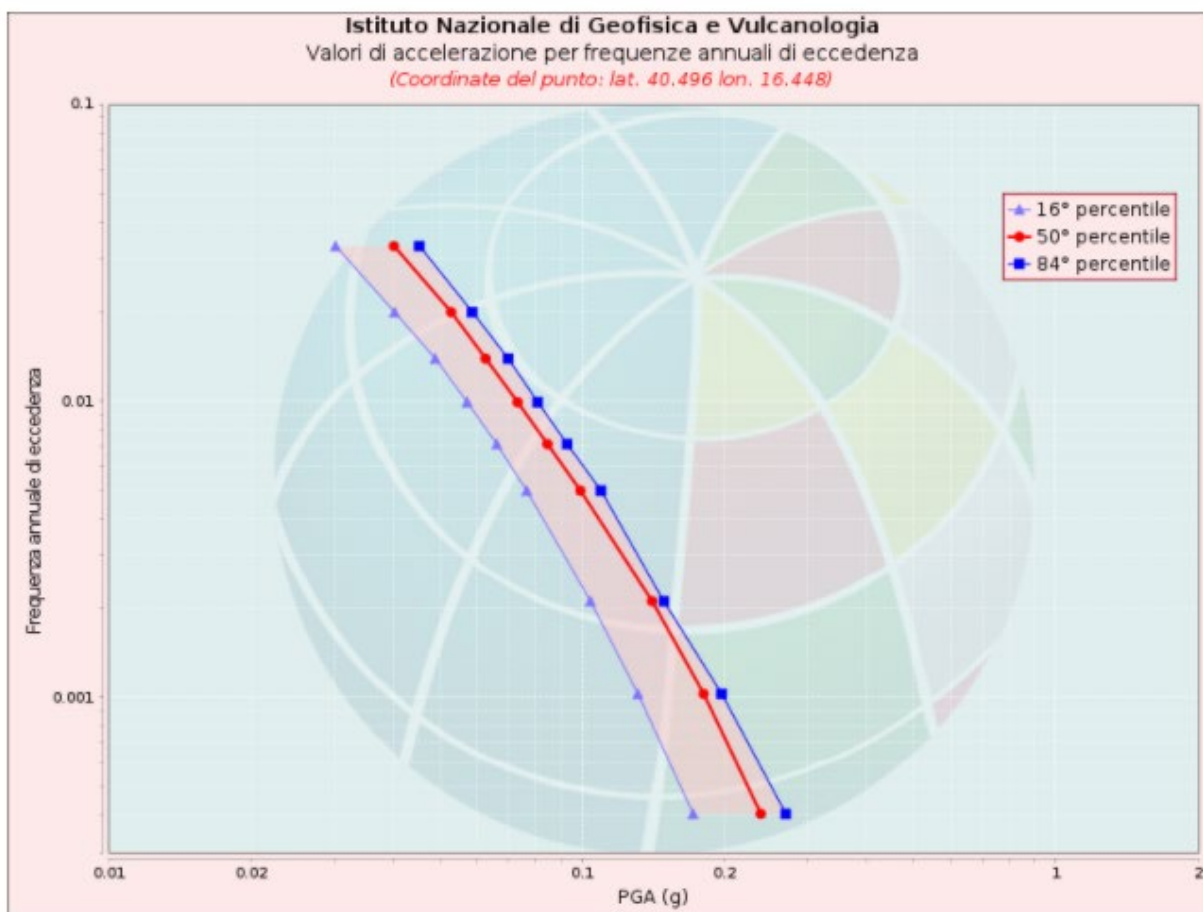
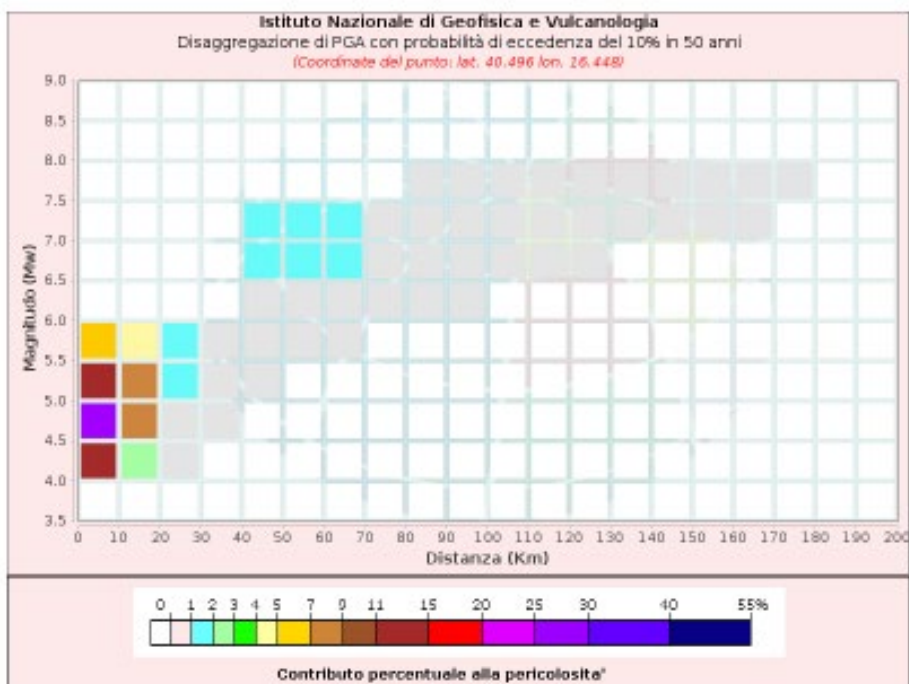


Fig. 27 - Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo
Con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi (Fonte INGV)



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 40.496 lon. 16.448)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.1717	0.2385	0.2695
0.0010	0.1313	0.1807	0.1973
0.0021	0.1042	0.1407	0.1488
0.0050	0.0764	0.0993	0.1097
0.0071	0.0661	0.0846	0.0931
0.0099	0.0572	0.0731	0.0807
0.0139	0.0490	0.0626	0.0699
0.0199	0.0402	0.0530	0.0587
0.0332	0.0302	0.0401	0.0454

Fig. 28 – Valori di accelerazione per frequenze annuali di accelerazione



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 40.496 lon. 16.448)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	Distanza	Epsilon
5.15	14.8	0.921

Fig. 29 – Diagramma Disaggregazione e Coppia Magnitudo - Distanza

8.1 Categorie suolo di fondazione

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (**le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni**):

- A) Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.
- 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 ed 800 m/s**
- C) Depositati 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 ed 360 m/s
- D) Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s ed 180 m/s
- E) Terreni con caratteristiche e valore di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiori a 30 m

L'interpretazione delle indagini M.A.S.W M1 e M2 effettuata in Onde di Rayleigh condotta sul sito di interesse dallo scrivente nel mese di Agosto 2021 ha consentito di definire il valore delle V_{Seq} e di stimare la categoria di suolo di fondazione "dall'attuale piano campagna" come appartenente alla **Categoria B**, con una velocità equivalente delle V_s coincidente con la V_{s30} pari a 474 m/s per la M.A.S.W. M1 e di 389 m/s per la M.A.S.W. M2.

8.2 Microzonazione sismica I Livello

L'elaborato Go facente parte del Regolamento Urbanistico della Città di Ferrandina (Allegato 10), riporta lo studio di Microzonazione sismica di I Livello approvato dalla Regione Basilicata, con il quale è stato possibile individuare all'interno del centro abitato, 5 micro aree o microzone corrispondenti a cinque differenti assetti stratigrafici, con diverso spessore dei sedimenti e con differente risposta sismica locale di seguito riportata:

1. MICROAREA 2001: costituita da spessori variabili di conglomerati, fino a 15 mt, su sabbie gialle quarzose con intercalazioni argillose e conglomeratiche;
2. MICROAREA 2002: costituita da sabbie gialle quarzose con intercalazioni argillose il cui spessore non supera i 12 mt poggianti su argille grigio azzurre e lenti sabbiose, che fanno da substrato geologico;
3. MICROAREA 2003: costituita da conglomerati il cui spessore non supera i 5 mt su sabbie (max 12 mt) e argille grigio azzurre che fanno da substrato geologico;
4. MICROAREA 2004: costituita da limi argillosi dello spessore da 4 a 15 mt su sabbie quarzose e lenti conglomeratiche;
5. MICROAREA 2005: rappresenta la microarea più diffusa e ricopre gran parte dell'abitato di Ferrandina costituito da sabbie e/o lenti di conglomerato. In questa microarea le informazioni disponibili individuano un possibile substrato geologico in quanto le velocità delle onde sismiche risultano essere prossime a 800 m/s. Dette informazioni, non essendo uniformemente omogenee e scarsamente diffuse dovranno essere integrate e oggetto di indagini ulteriori nella fase successiva.

La "carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" del territorio comunale, ha lo scopo di individuare le microzone potenzialmente soggette ad effetti di sito in conseguenza dell'azione sismica.

Pertanto le cinque "zone stabili suscettibili di amplificazione locale" in cui è stato suddiviso il centro abitato, indicano la presenza di aree nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della sola situazione litostratigrafica.

Nello specifico, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono le zone dove sono presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato

caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio ($V_s < 800 \text{ m/s}$) e dove gli spessori di questi terreni sono superiori ai 5 m.

Nella figura 30 è schematizzata, la serie di successioni stratigrafiche rappresentative dell'area riferita al centro abitato di Ferrandina, (la quale permetterà di individuare, in base alla tipologia ed alla stratificazione del substrato, cinque macrozone sismiche) con a fianco riportato lo spessore medio dei litotipi.

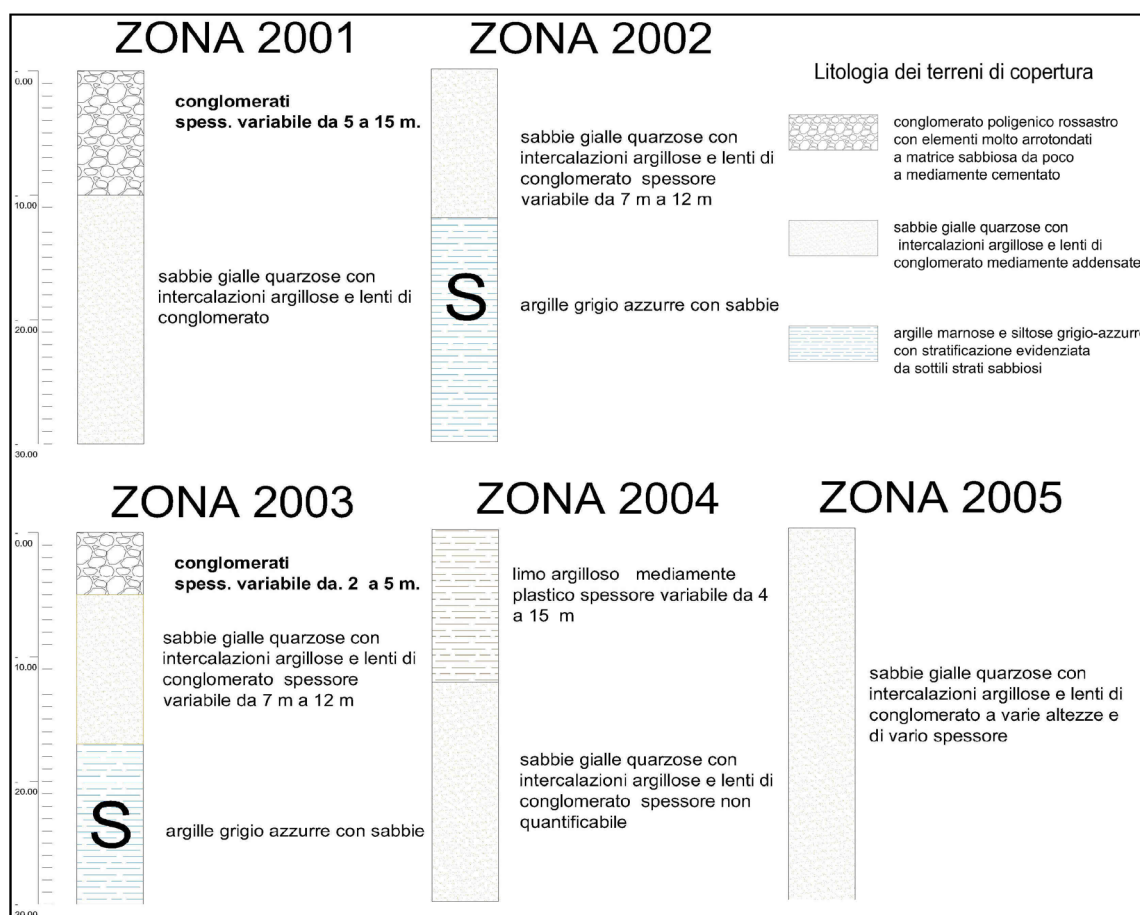


Fig. 30– Stralcio Legenda relativa alla “Carta di Microzonazione sismica di I Livello” Tavola Go5 R.U.

L'area oggetto di intervento ricade nella Macrozona 2005, caratterizzata per la presenza di sabbie gialle quarzose con intercalazioni argillose e lenti di conglomerato a varie altezze e di vario spessore.

Da questo elaborato progettuale, unitamente alle varie campagne di indagini geognostiche a carattere geofisico indiretto avvenute nel corso degli anni all'interno del centro abitato di Ferrandina, è stata realizzato l'elaborato Go6 durante la stesura del Regolamento Urbanistico e riportato in Allegato 11, dove le macroaree individuate dalla Microzonazione sismica di I Livello sono state integrate con la definizione della tipologia di suolo di fondazione secondo le NTC2018.

Inoltre una ulteriore carta di sintesi della pericolosità e criticità Geologica, Geomorfologica, Idrogeologica e Sismica (Tavola Go7 – R.U.) è stata redatta durante la stesura del Regolamento Urbanistico e riportata in Alleato 11, ottenuta dalla sovrapposizione delle caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, idrauliche, geotecniche e sismiche, deriva la sintesi delle pericolosità e criticità ambientali del territorio urbano e periurbano.

Nello specifico il territorio è stato classificato in 8 aree a criticità ambientale variabile, con definizione dell'utilizzabilità ai fini della urbanizzazione in base alle direttive emanate dalla Regione Basilicata con la Legge N°23 del 1999.

L'area di studio rientra nell'Area con criticità puntuale e moderata di tipo II, caratterizzata da modesti fenomeni di instabilità puntuale, e nello specifico rientra nella sottoclasse IIB3 soci definita:

- Aree con pendenze medio-basse ($p < 15^\circ$) caratterizzate dalla presenza, in affioramento, delle Sabbie di Montemarano e dai Conglomerati di Irsina in egual misura, con assenza di fenomeni gravitativi in atto, ma presenza di zone in passato soggette a fenomeni gravitativi (paleofrane). Aree già edificate ed urbanizzate e/o che necessitano di piani attuativi per la nuova edificazione. Ricadono all'interno la zona di Via Lanzillotti, Via Olmi, versante S.Lucia. In tale contesto geomorfologico e litotecnico, l'utilizzo del territorio, in riferimento ai tagli di versante da effettuarsi per le urbanizzazioni previste, sarà preordinato alla realizzazione di opere di sostegno delle pareti di taglio, al fine di mantenere inalterato l'equilibrio geomorfologico generale dei versanti. Sono comprese le seguenti zone:

TRFC₁, (previsti interventi di MO-MS-RC-RE-DR)

TRFNC_{2c}, TRFNC_{2b}, TRFNC_{2d}, TRFNC_{2e}, TRFNC_{2f}, TRFNC_{2u}, TRFNC_{2v}, TRFNC_{2s}, TRFNC_{2p},

TRFNC_{2o}, TRFNC_{2g}, TRFNC_{2r} (previsti interventi di MO-MS-RC-RE-DR per edificiesistenti e nuove costruzioni su aree libere mediante piani attuativi)

TRFNC_{2m} (previsti interventi di MO-MS-RC-RE-DR)

TRFNC_{2l} (previsti interventi di DR con obbligo di Piani attuativi)

TCF_{3e}, TCF_{3d}, TCF_{3h}, TM_{1e}, TM_{1f}, TM_{1i} (previsti interventi di nuove costruzioni mediante piani attuativi)

F_{2g}, F_{1c}, F_{2c}, F (spazi per attrezzature pubbliche di interesse generale) I, I_c

(spazi per attrezzature di interesse comune)

**Nota: MO=Manutenzione ordinaria; MS=Manutenzione straordinaria, R= Restauro RC=Risanamento conservativo, RE= Ristrutturazione edilizia, DR= Demolizione e ricostruzione, AUI= Ampliamento unità immobiliari*

9. Considerazioni conclusive

Il presente studio, svolto sulla base di ricerche e conoscenze bibliografiche, unitamente al rilevamento geologico e geomorfologico di superficie ed alla campagna di indagine geognostica a carattere geofisico, condotta dallo scrivente sull'area di studio, hanno consentito di definire a priori le caratteristiche geologiche dei terreni relativi alla progettazione preliminare/definitiva inerente l'incarico professionale di "Progettazione Definitiva ed Esecutiva – CIG: 86965972Eo – per i lavori di "Adeguamento Sismico della Scuola Primaria F. D'Onofrio ubicata in Via B. Lanzillotti – CUP: E44I20000040001".

Dal punto di vista morfologico l'area sorge a quote prossime ai 470 metri circa sul livello del mare su un terrazzo marino, costituente la porzione terminale della successione sedimentaria appartenente al complesso post-orogenico di colmamento della "Fossa Bradanica"; questo terrazzo marino si presenta come una dorsale collinare e risulta essere interessato da fenomeni di erosione accelerata e da movimenti gravitativi diffusi.

Dal punto di vista Geologico l'area di studio risulta essere interessata da un orizzonte antropico costituito dalla pavimentazione esistente dallo spessore medio di circa 1 – 1,5 mt e da un orizzonte terrigeno di natura prevalentemente sabbiosa, e sabbiosa – limosa, ascrivibile alle Sabbie di Monte Marano caratterizzato da uno spessore che supera abbondantemente i 30 mt.

Dal punto di vista Idrogeologico, l'area è caratterizzata probabilmente dalla presenza di modesti accumuli idrici superficiali di natura meteorica che si intercettano a diverse profondità dal p.c. all'interno delle litologie sabbiose.

La realizzazione degli interventi in progetto è possibile secondo gli accorgimenti ed alle disposizioni contenute nel NTC 17 gennaio 2018 il Comune di Ferrandina deve essere inteso come appartenente alla Zona 2, a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,25 (a_g/g) che deve essere opportunamente scalato in fase esecutiva.

Nell'area di studio è stata condotta, una campagna di indagine geofisica consistita in n. 02 prospezioni sismica con metodologia M.A.S.W. (M1 – M2) che hanno consentito di stimare, secondo le vigenti Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC 17 Gennaio 2018) la categoria di suolo di fondazione, e n° 02 prospezione sismica a rifrazione di superficie in Onde P con elaborazione tomografica dei dati (TS1 – TS2) per meglio definire gli spessori e le geometrie dei litotipi presenti il loco.

Difatti le indagini M.A.S.W. M1 e M2 hanno consentito di stimare la velocità equivalente V_{Seq} che risulta essere rispettivamente **474** e **389** m/s dall'attuale piano campagna, definendo il sito indagato appartenente alla **Categoria B** di suolo di fondazione così definito:

“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 ed 800 m/s”

La tomografia sismica in Onde P non ha riscontrato particolari degni di nota mostrando un assetto deposizionale tipico dei sedimenti sabbiosi e sabbioso-limosi con un assetto regolare e piano parallelo.

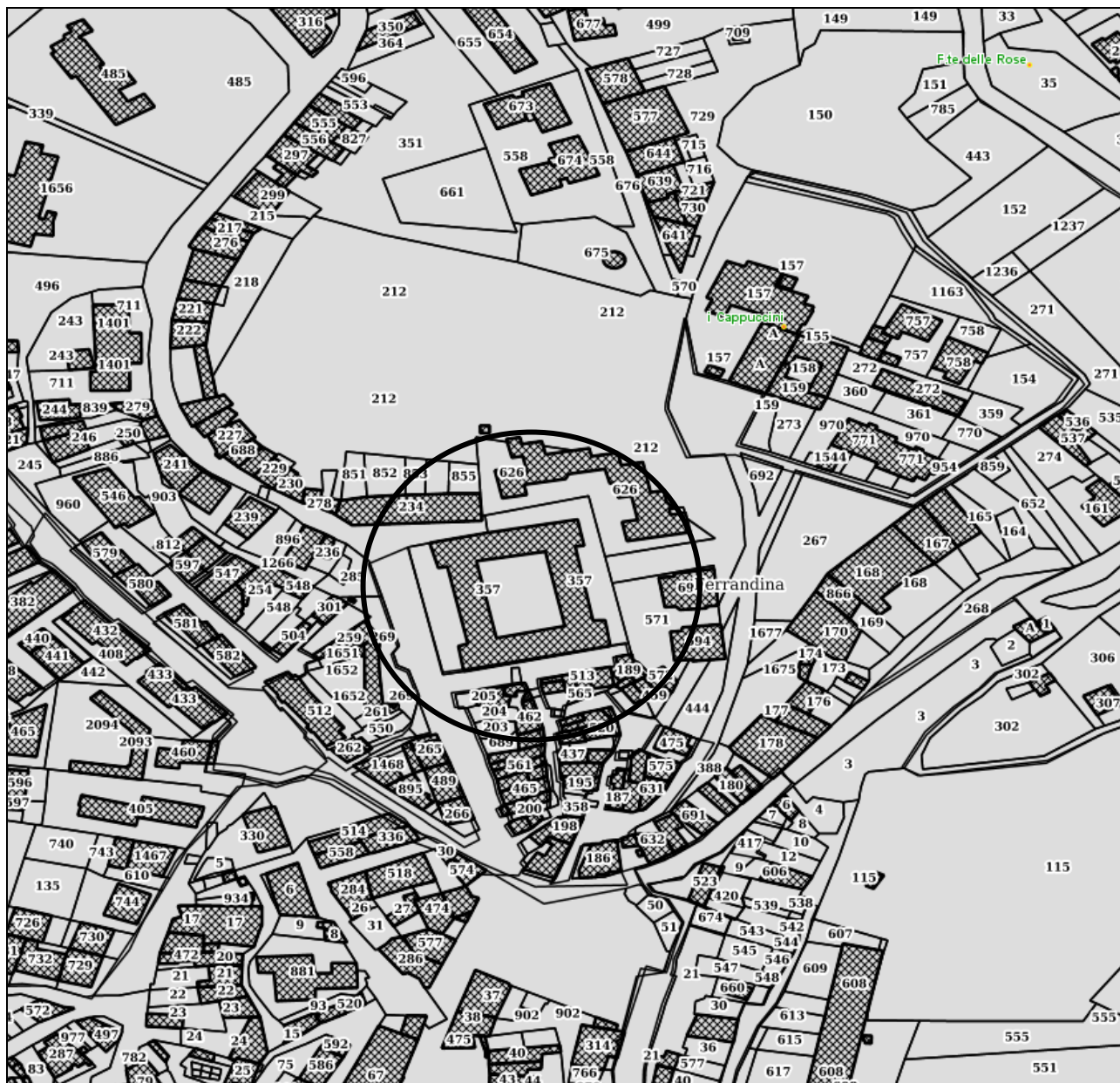
Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica del sito, come brevemente descritto al capitolo 6, si necessita di effettuare n. 02 sondaggi geognostici con il prelievo di campioni per ogni punto di indagine al fine di poter definire i principali parametri geotecnici utili alla progettazione esecutiva e per verificare l'eventuale rinvenimento di falde freatiche.

Salandra, Agosto 2021

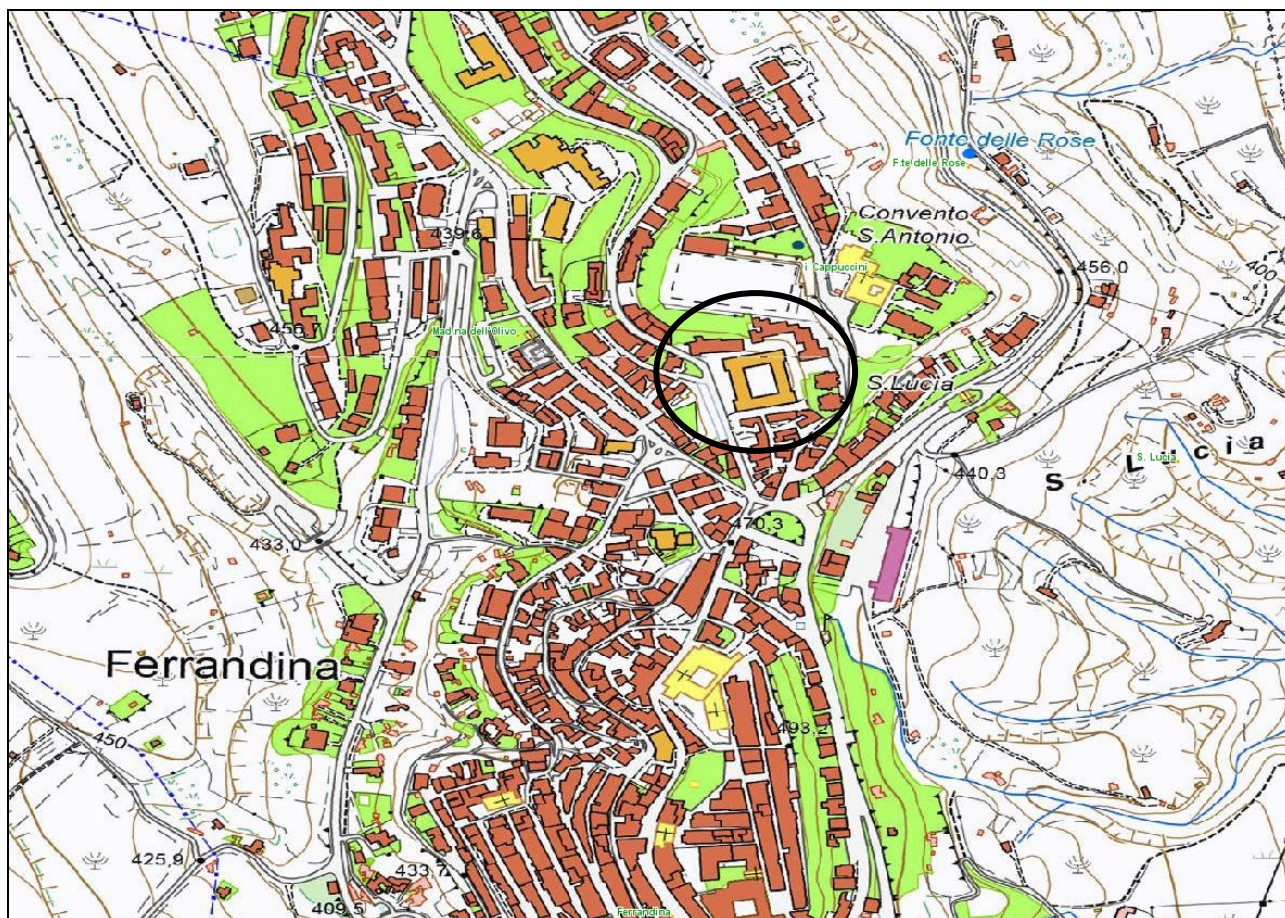
IL RELATORE
(Dott. Geol. Filippo Zuccaro)
f.to digitalmente



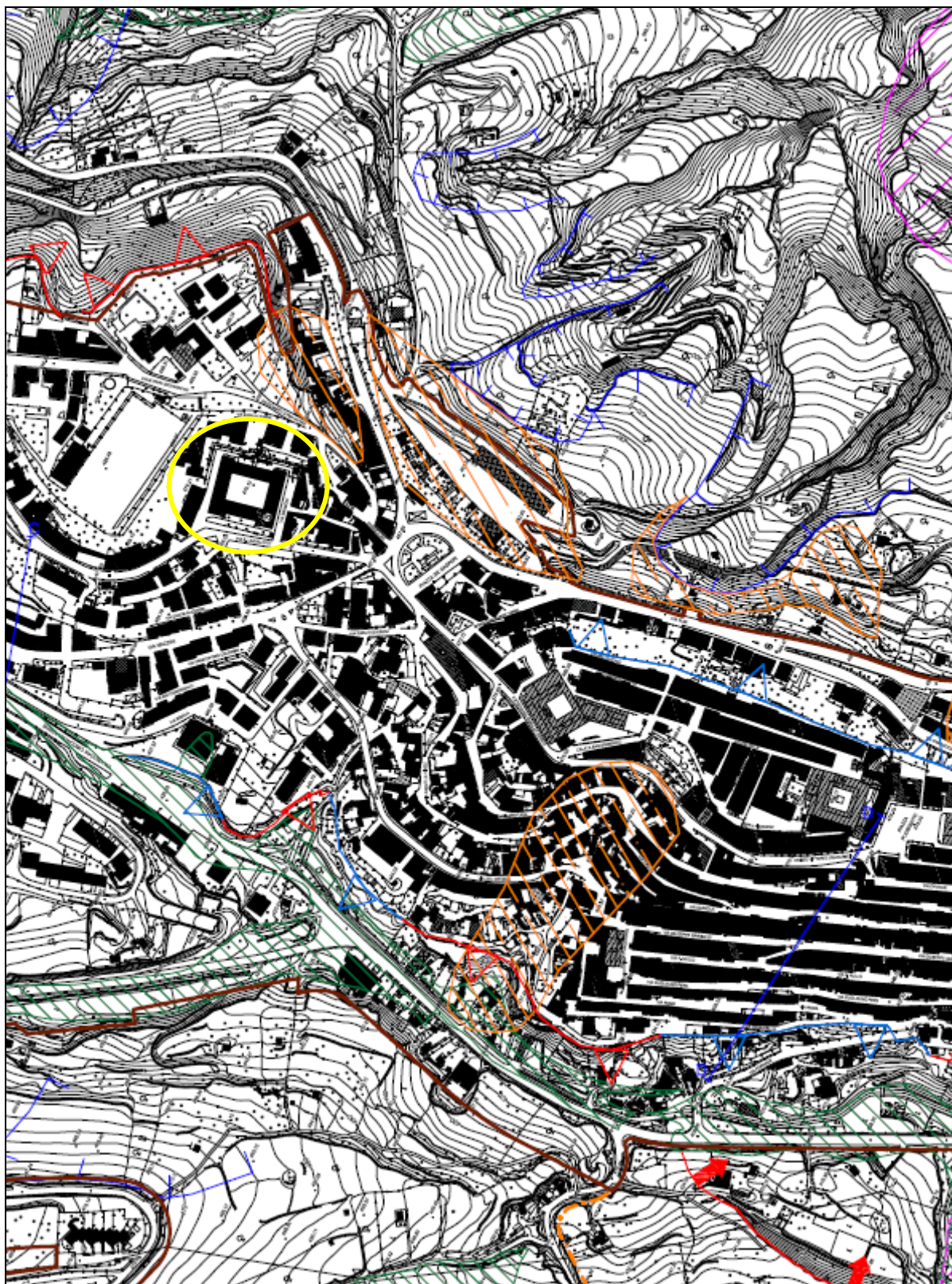
ALLEGATO 1 – Foto aerea dell'area di studio.














ALLEGATO 2 – Stralcio Catastale (Foglio 44 particella 357)



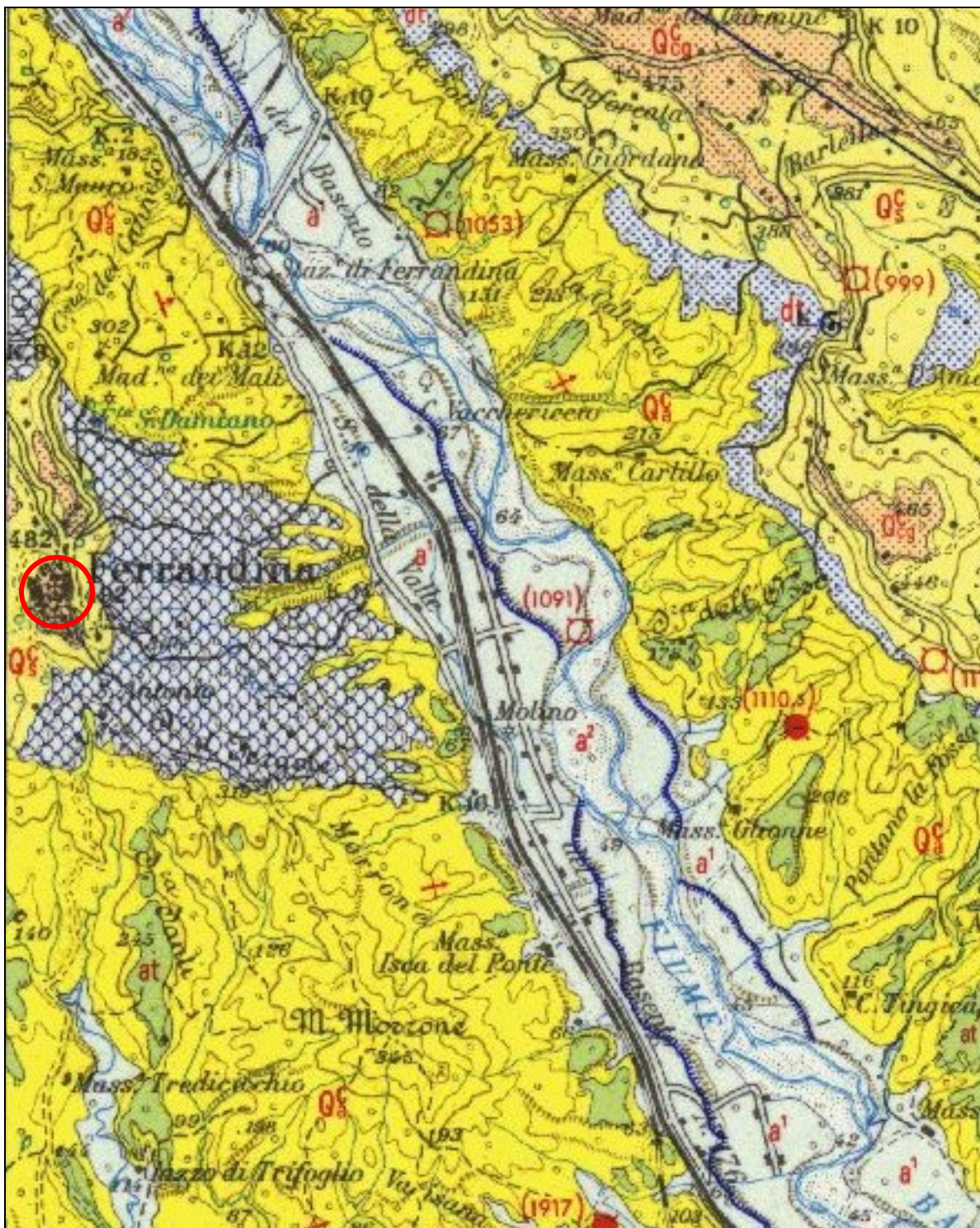
ALLEGATO 2 – Stralcio CTR



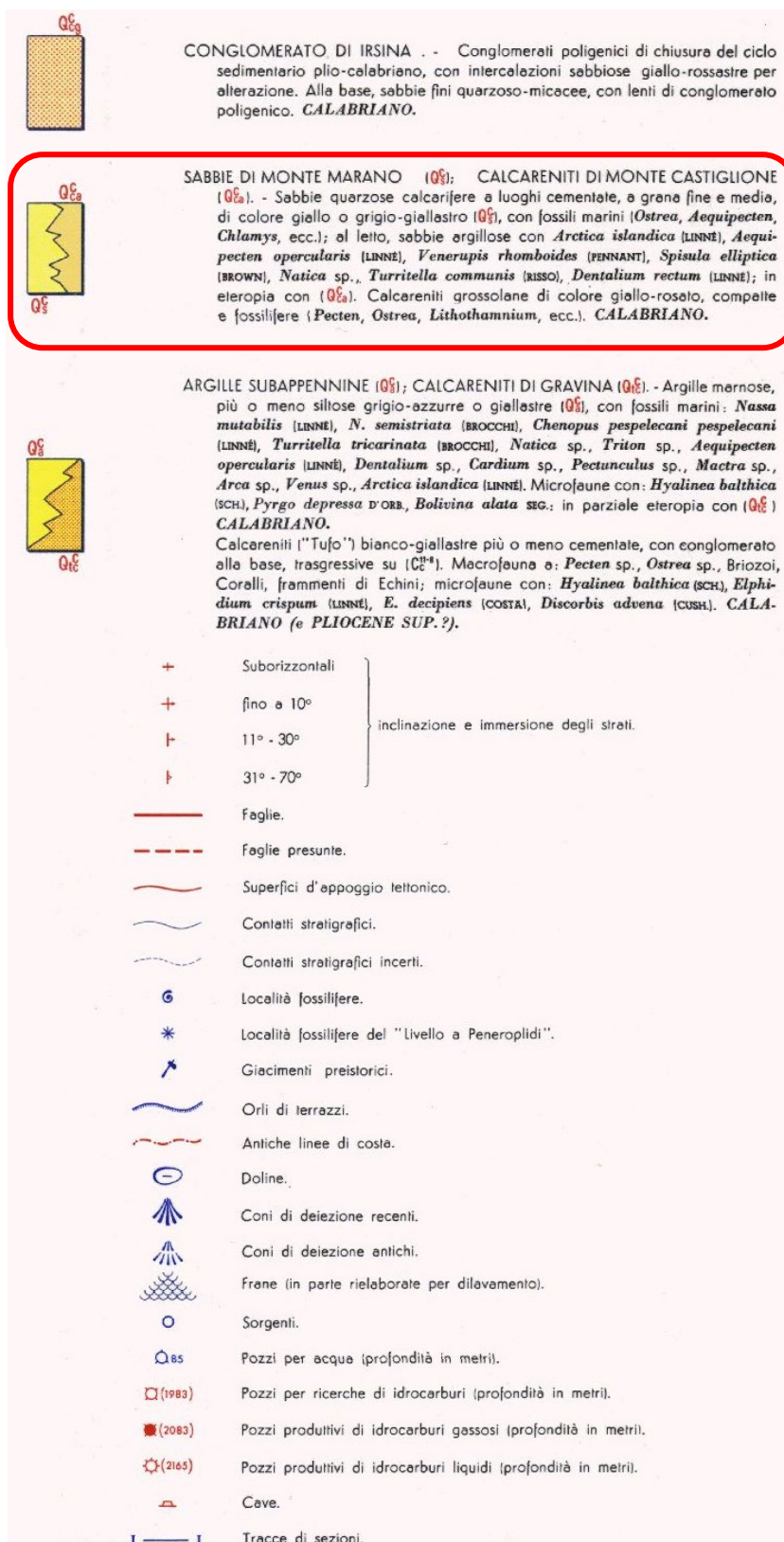
ALLEGATO 3 – Stralcio Carta Geomorfologica (Tavola Go3 – R.U.)

- 
- Materiale di accumulo lungo le vallate e nei pendii costituito da un ammasso eterogeneo a componente sabbioso-limoso prevalente con scheletro ghiaioso, Spessore (1m / 4m),
-
- 
- Pareti verticali o sub-verticali con opere di protezione e/o di sostegno
-
- 
- Pareti verticali o sub-verticali senza opere di protezione e/o di sostegno
-
- 
- Ciglio di distacco di frana recente ed attuale
-
- 
- Erosione delle acque incanalate
-
- 
- Verifica di stabilità
-
- 
- Frane in atto di tipo scorrimento traslativo
-
- 
- Paleofrane di tipo scorrimento rotazionale-traslativo
-
- 
- Ambito urbano (AU)
-
- 
- Ambito peri-urbano (APU)
-
- 
- Limite area di rispetto cimiteriale

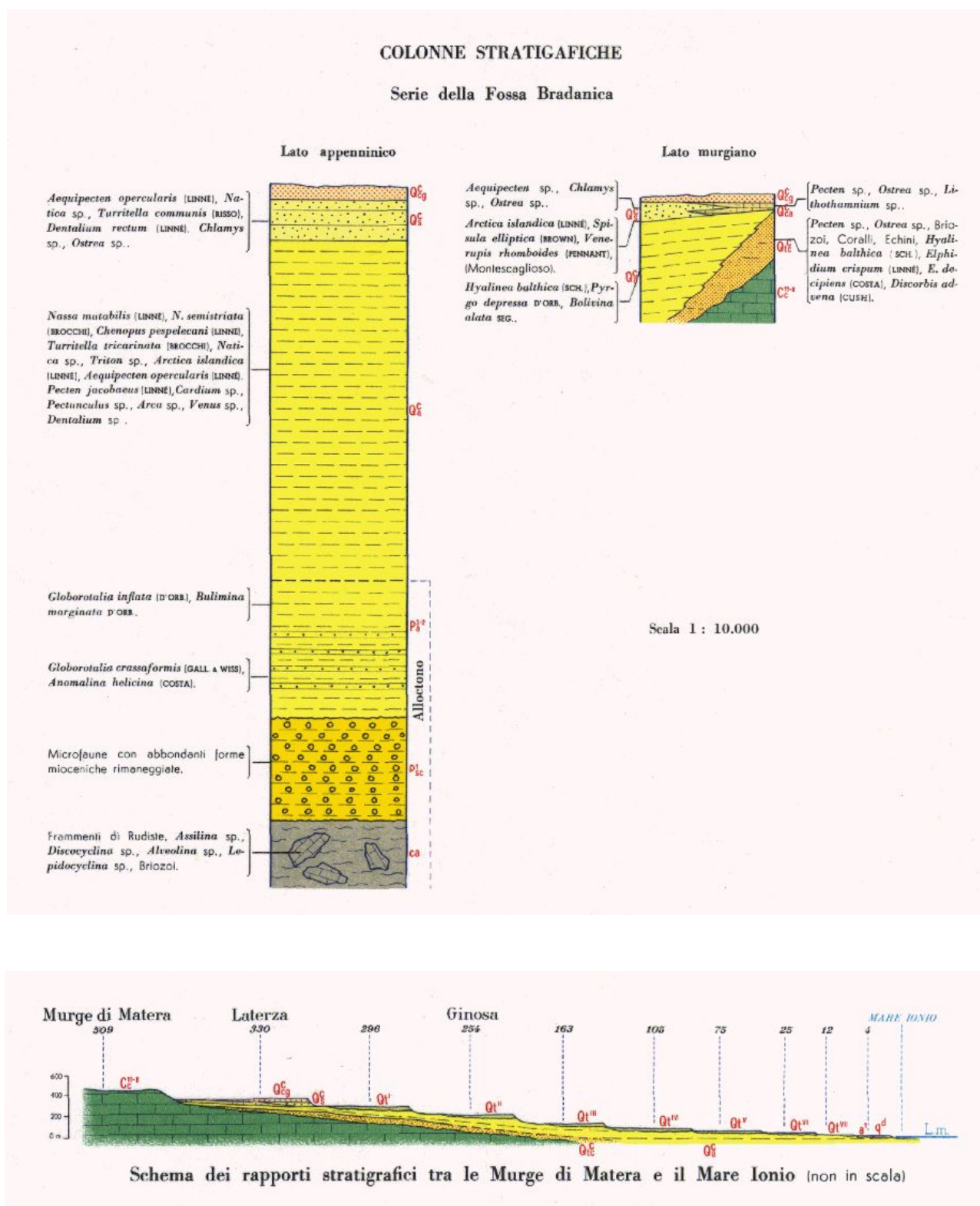
ALLEGATO 3 – Legenda Carta Geomorfologica (Tavola Go3 – R.U.)



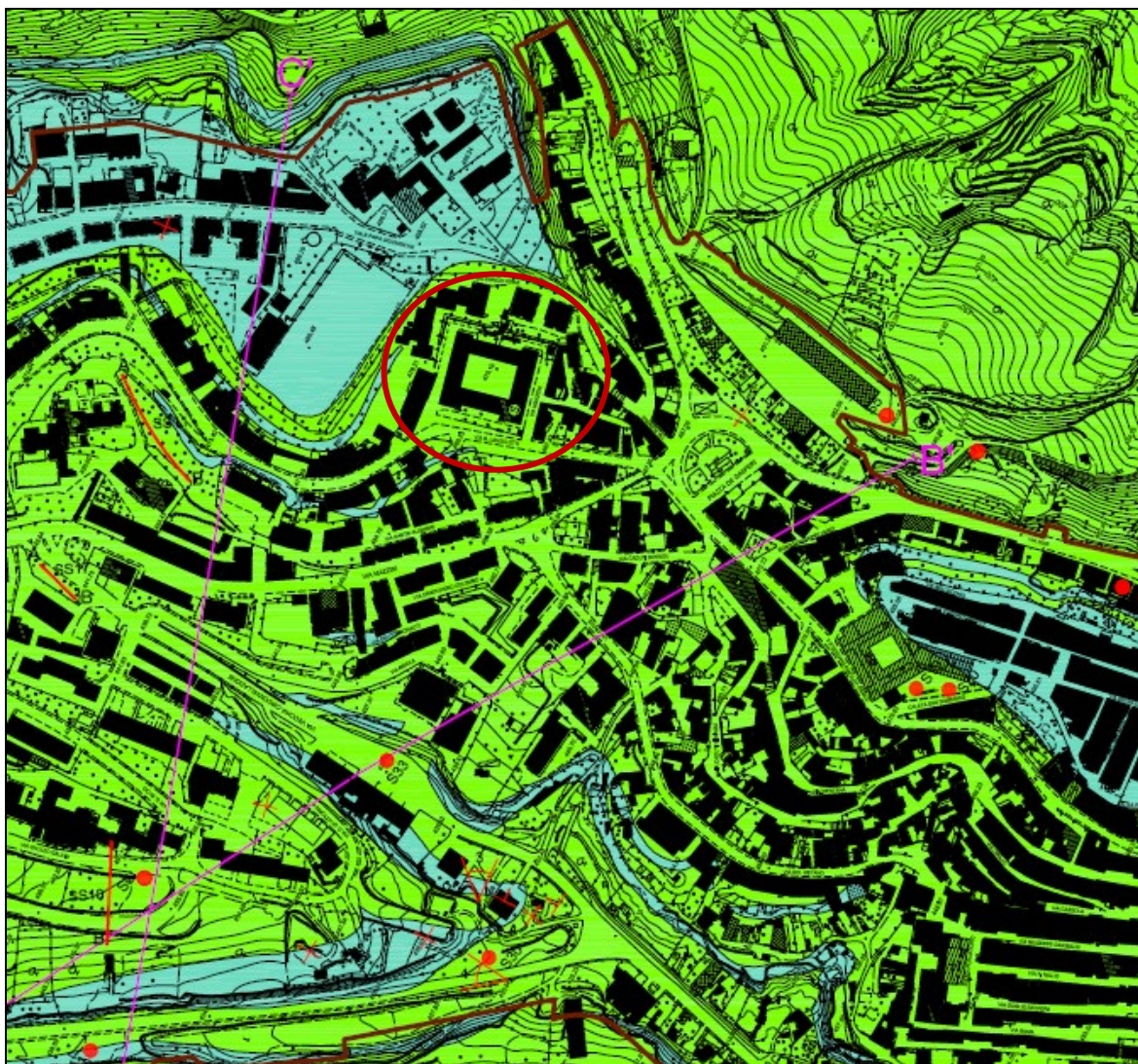
ALLEGATO 4 – Stralcio del foglio n° 201 “MATERA” della Carta Geologica D’ Italia (scala 1:100.000)











ALLEGATO 4 – Legenda del foglio n° 201 "MATERA" della Carta Geologica D' Italia (scala 1:100.000)



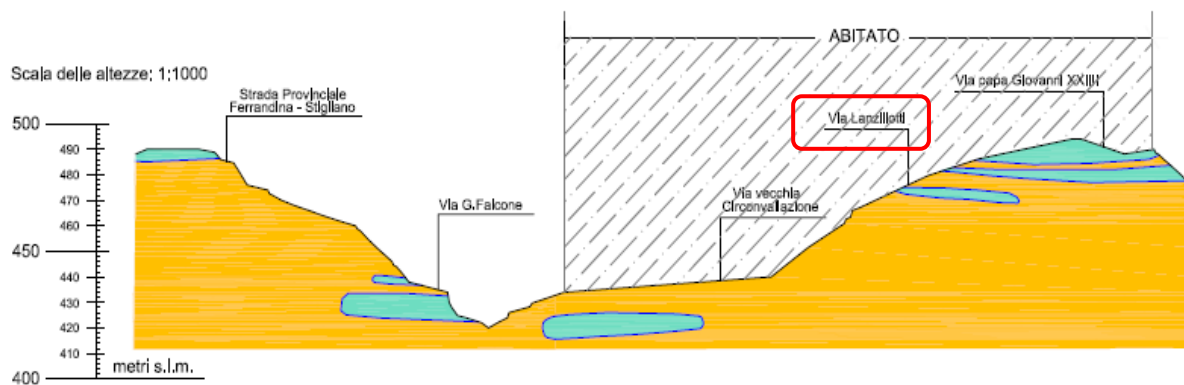
ALLEGATO 4 – Schema dei rapporti stratigrafici foglio n° 201 “MATERA” della Carta Geologica D’Italia (scala 1:100.000)







- | | |
|---|--|
|  | CONGLOMERATO DI IRSINA : Ghiaie poligeniche, comprese in una matrice sabbiosa rossastra con grado di cementazione, di natura calcarea, variabile. Nell'ambito della formazione si alternano livelli sabbioso-arenitici. (Pliocene superiore) |
|  | SABBIE DI MONTE MARANO : sabbie calcareo-quarzose, sabbie argillose di colore giallastro-ocra a granulometria abbastanza uniforme; la stratificazione è marcata al cui interno talora si rinvengono lenti ed inclusioni ghiaiose. (Pliocene superiore) |
|  | ARGILLE SUBAPPENNINE : argille sabbiose e marnose di prevalente colore grigio azzurro. Localmente si rinvengono piccole lenti sabbiose concentrate in prevalenza nella parte alta, al passaggio con la sovrastante formazione delle sabbie di Monte Marano. In affioramento si presentano alterate assumendo un colore giallastro. (Pliocene) |
|  | DETRITI DI FRANA RECENTI E ATTUALI : materiale incoerente, a granulometria variabile costituito da terreni sabbiosi inglobanti scheletro ghiaioso ad elementi subarrotondati e poligenici |
|  | Direzione e pendenza degli strati. |
|  | Strati sub - orizzontali o poco inclinati. |
|  | Limite tra i terreni |
|  | Traccia di sezione |

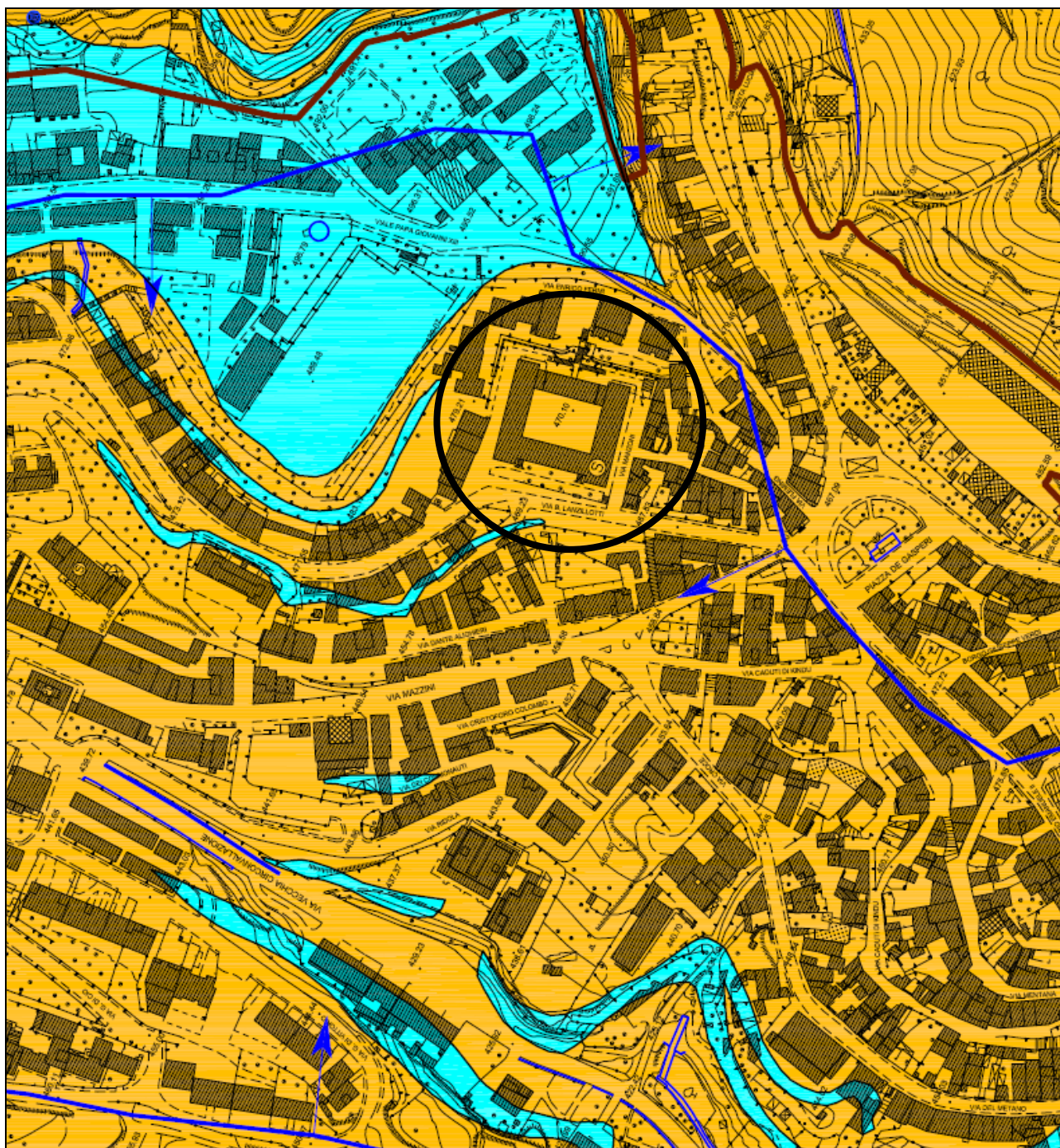
ALLEGATO 4 – Carta Geologica schematica (tavola Go1 R. U.) e relativa Legenda

SEZIONE C-C'

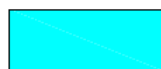


-  **CONGLOMERATO DI IRSINA**: Ghiaie poligeniche, comprese in una matrice sabbiosa rossastra con grado di cementazione, di natura calcarea, variabile. Nell'ambito della formazione si alternano livelli sabbioso-arenacei. (Pliocene superiore)
-  **SABBIE DI MONTE MARANO**: sabbie calcareo-quarzose, sabbie argillose di colore giallastro-ocraceo a granulometria abbastanza uniforme; la stratificazione è marcata al cui interno talora si rinvenivano lenti ed inclusioni ghialose. (Pliocene superiore)
-  Limite stratigrafico tra i terreni
-  Profilo morfologico

ALLEGATO 4 – Sezioni della Carta Geologica schematica (tavola G02 R. U) e relativa Legenda



ALLEGATO 5 – Stralcio Carta Idrogeologica (Tavola Go4 – R.U.)



Depositi ghiaioso-sabbiosi (conglomerato di Irsina-detriti di frana)

Permeabilità primaria alta. $1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec} < K < 5,6 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$



Depositi sabbiosi (sabbie di Monte Marano).

Permeabilità primaria medio-alta. $8,4 \times 10^{-3} \text{ cm/sec} < K < 5,6 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$



Formazione delle Argille Subappennine.

Permeabilità primaria molto bassa (complesso affiorante)

$1,3 \times 10^{-5} \text{ cm/sec} < K < 9,5 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$

Formazione delle Argille Subappennine.

Praticamente impermeabile (terreni presenti nel sottosuolo)

$6,6 \times 10^{-7} \text{ cm/sec} < K < 1,6 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$



Sorgenti di strato e/o pozzi.



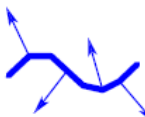
Reticolo Idrografico



Direzione flusso acque reticolo



Limite di permeabilità tra i terreni



Spartiacque idrogeologico



Scatolare per lo smaltimento delle acque meteoriche



Ambito urbano (AU)



Ambito peri-urbano (APU)



Limite area di rispetto cimiteriale

ALLEGATO 4 – Legenda Carta Idrogeologica (Tavola Go4 – R.U.)



ALLEGATO 6 – Documentazione Fotografica indagini geofisiche
(MASW M1 - TOMOGRAFIA SISMICA TS1)

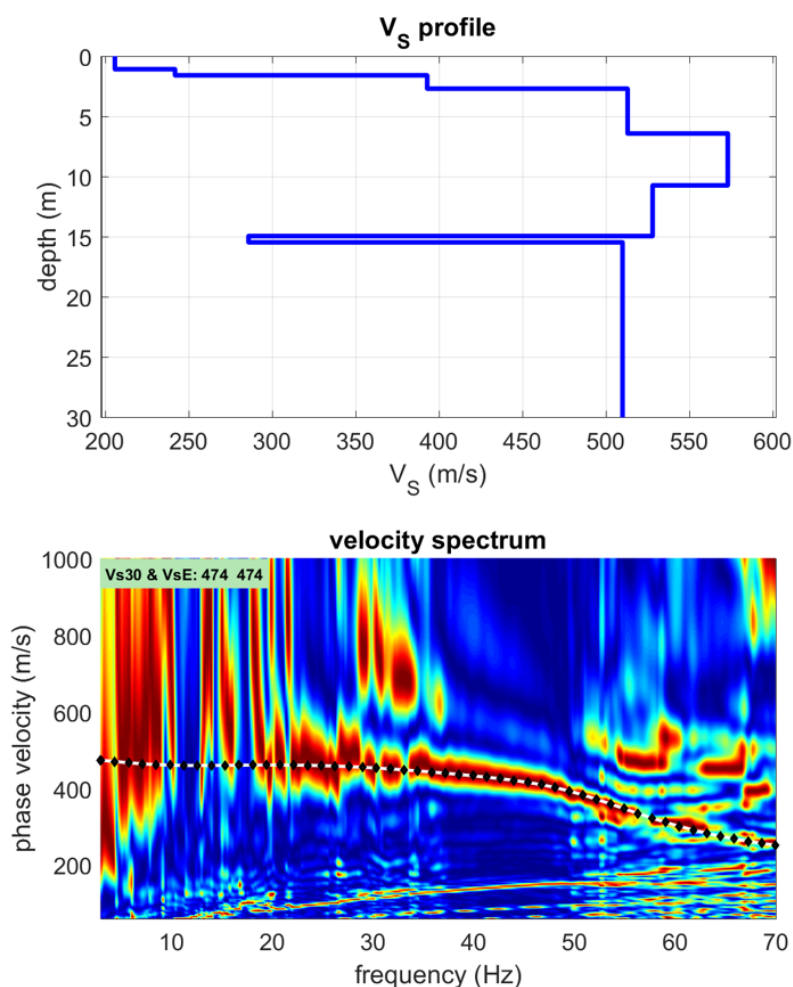


ALLEGATO 6 – Documentazione Fotografica indagini geofisiche
(MASW M2 - TOMOGRAFIA SISMICA TS₂)



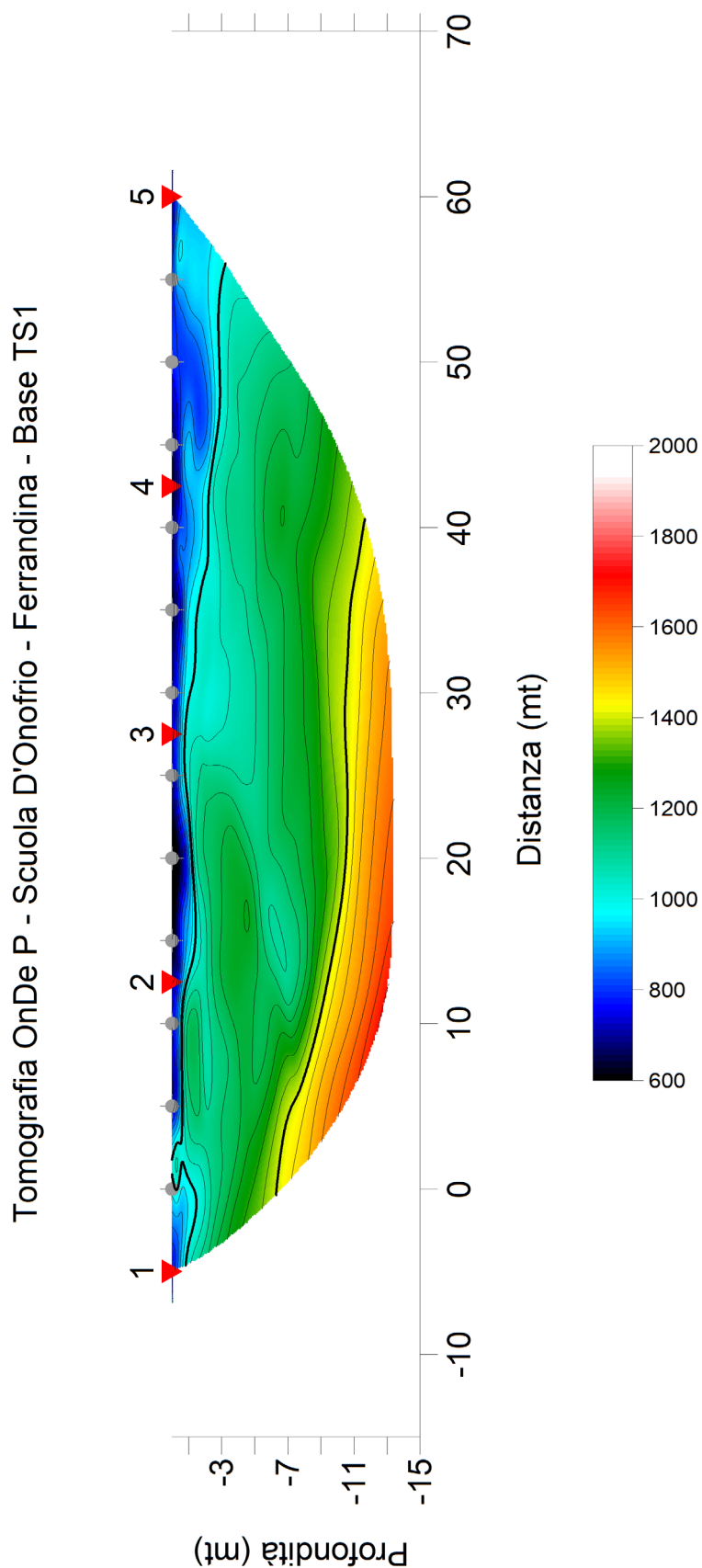
ALLEGATO 7 – Ubicazione indagini

Committente	COMUNE di FERRANDINA	Sismografo	Ambrogeo ECHO/2010
N° Prova	MASW M1	Geofoni	n° 12 (freq. 4,5 Hz vert.)
Località	FERRANDINA	Acquisition Time	1,0 sec.
Data	AGOSTO 2021	Sample intervall	0.478 us

PROVA M.A.S.W. M1 – SPETTRO DI FREQUENZA E CURVA DI DISPERSIONE ONDE DI RAYLEIGH


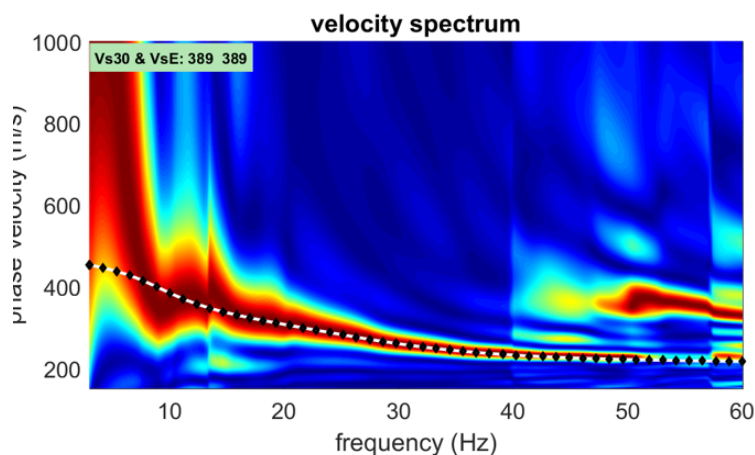
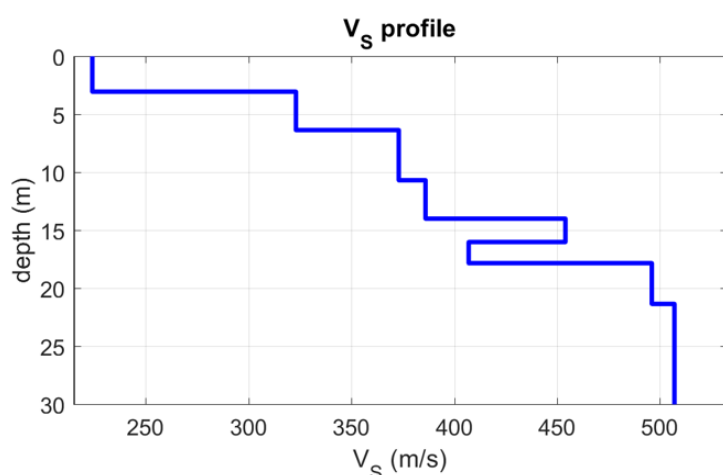
Strato	Profondità		Spessore mt	Vs m/s	MASW M1
	da	a			
1	0.0	1.1	1.1	206	ANALISI IN Onde di Rayleigh
2	1.1	1.6	0.5	242	
3	1.6	2.7	1.1	393	V_{Seq} = 474
4	2.7	6.4	3.7	513	
5	6.4	10.7	4.3	573	
6	10.7	14.9	4.2	528	
7	14.9	15.4	0.5	286	Categoria Suolo dal p.c. "B"
8	15.4	-	-	510	

ALLEGATO 8 – Elaborazione dati indagine M.A.S.W. M1



ALLEGATO 8 – Tomografia sismica in Onde P – Base TS1

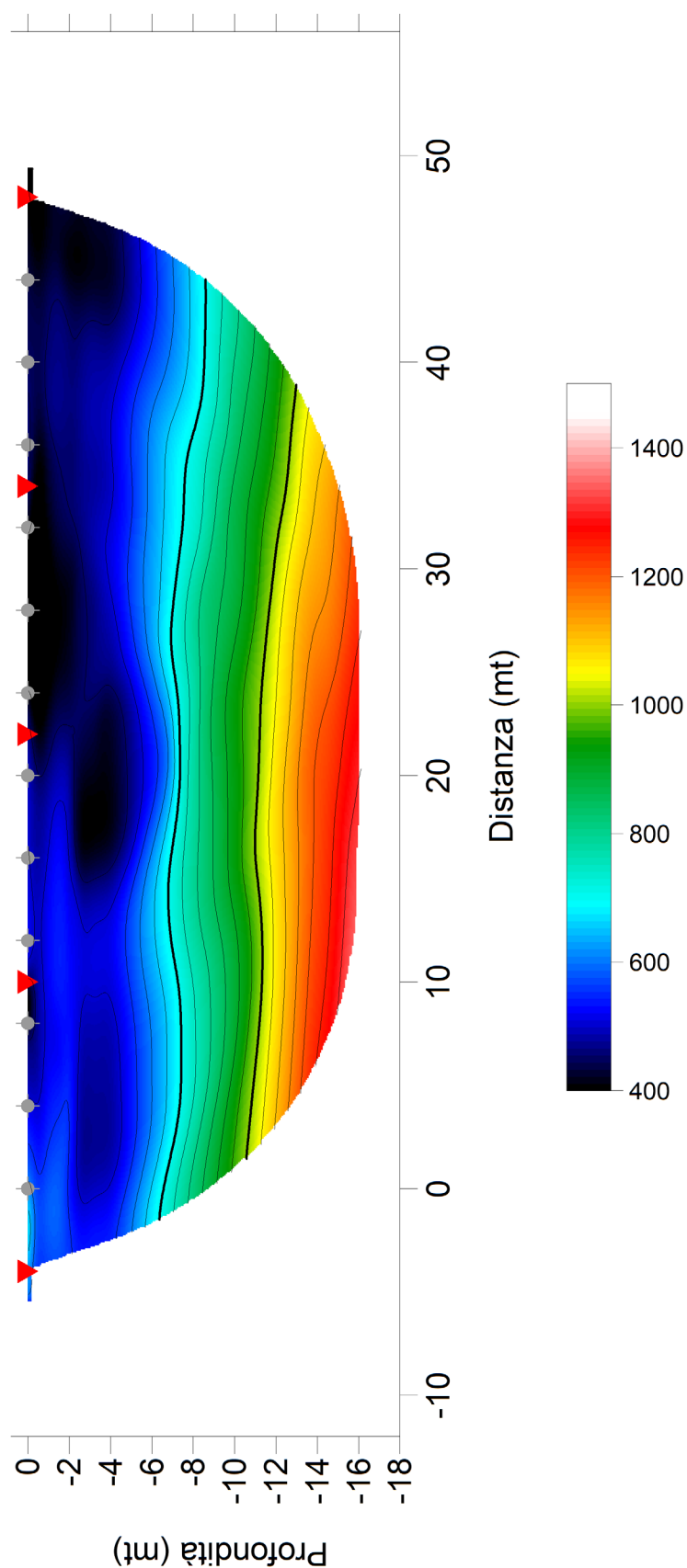
Committente	COMUNE di FERRANDINA	Sismografo	Ambrogeo ECHO/2010
N° Prova	MASW M2	Geofoni	n° 12 (freq. 4,5 Hz vert.)
Località	FERRANDINA	Acquisition Time	1,0 sec.
Data	AGOSTO 2021	Sample intervall	0.478 us

PROVA M.A.S.W. M1 – SPETTRO DI FREQUENZA E CURVA DI DISPERSIONE ONDE DI RAYLEIGH


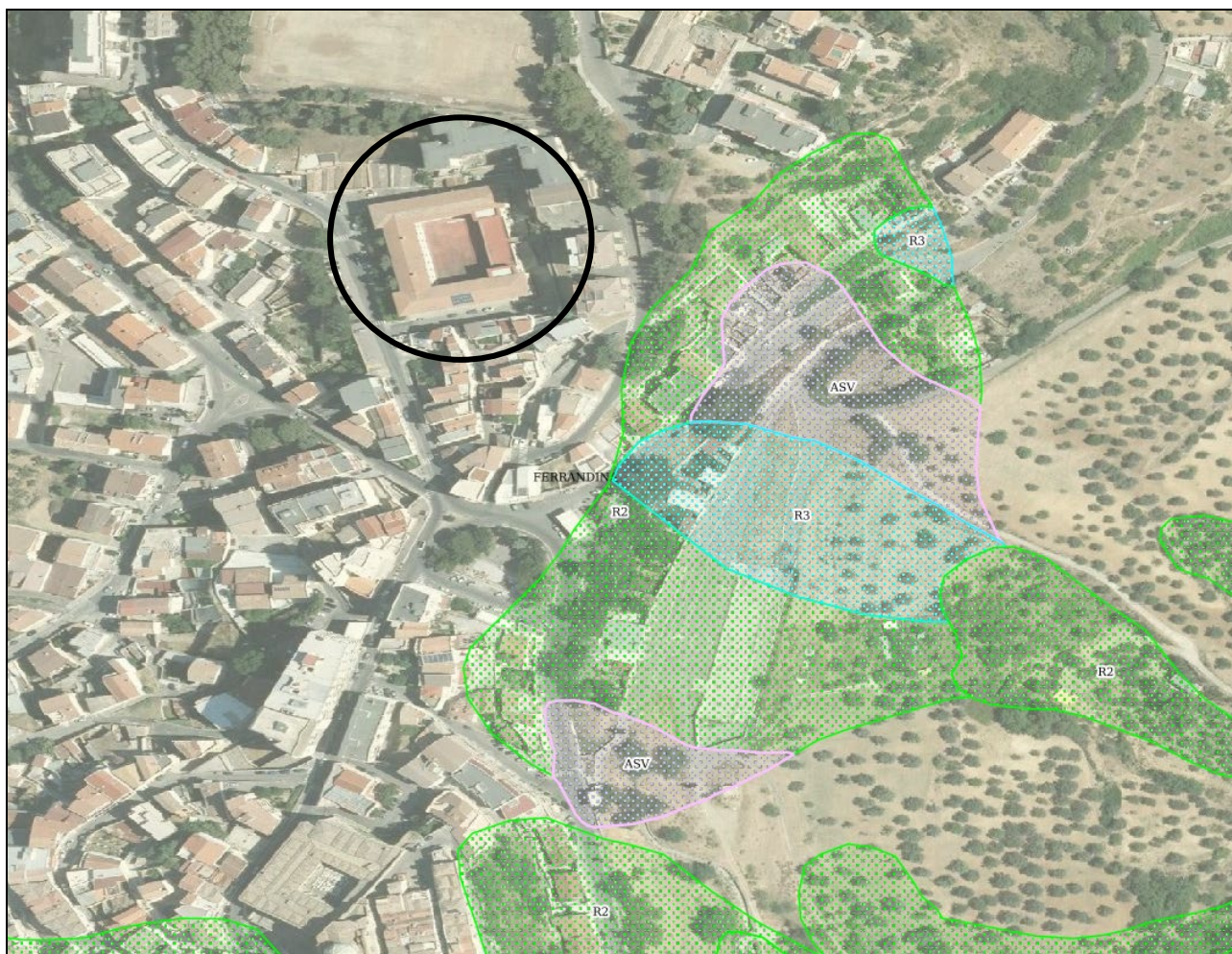
Strato	Profondità		Spessore mt	Vs m/s	MASW M1 ANALISI IN Onde di Rayleigh
	da	a			
1	0.0	3.0	3.0	224	V_{Seq} = 389
2	3.0	6.3	3.3	323	
3	6.3	10.6	4.3	373	
4	10.6	13.9	3.3	386	
5	13.9	15.9	2.0	454	
6	15.9	17.7	1.8	407	
7	17.7	21.2	3.5	496	Categoria Suolo dal p.c. "B"
8	21.2	-	-	507	

ALLEGATO 8 – Elaborazione dati indagine M.A.S.W. M2

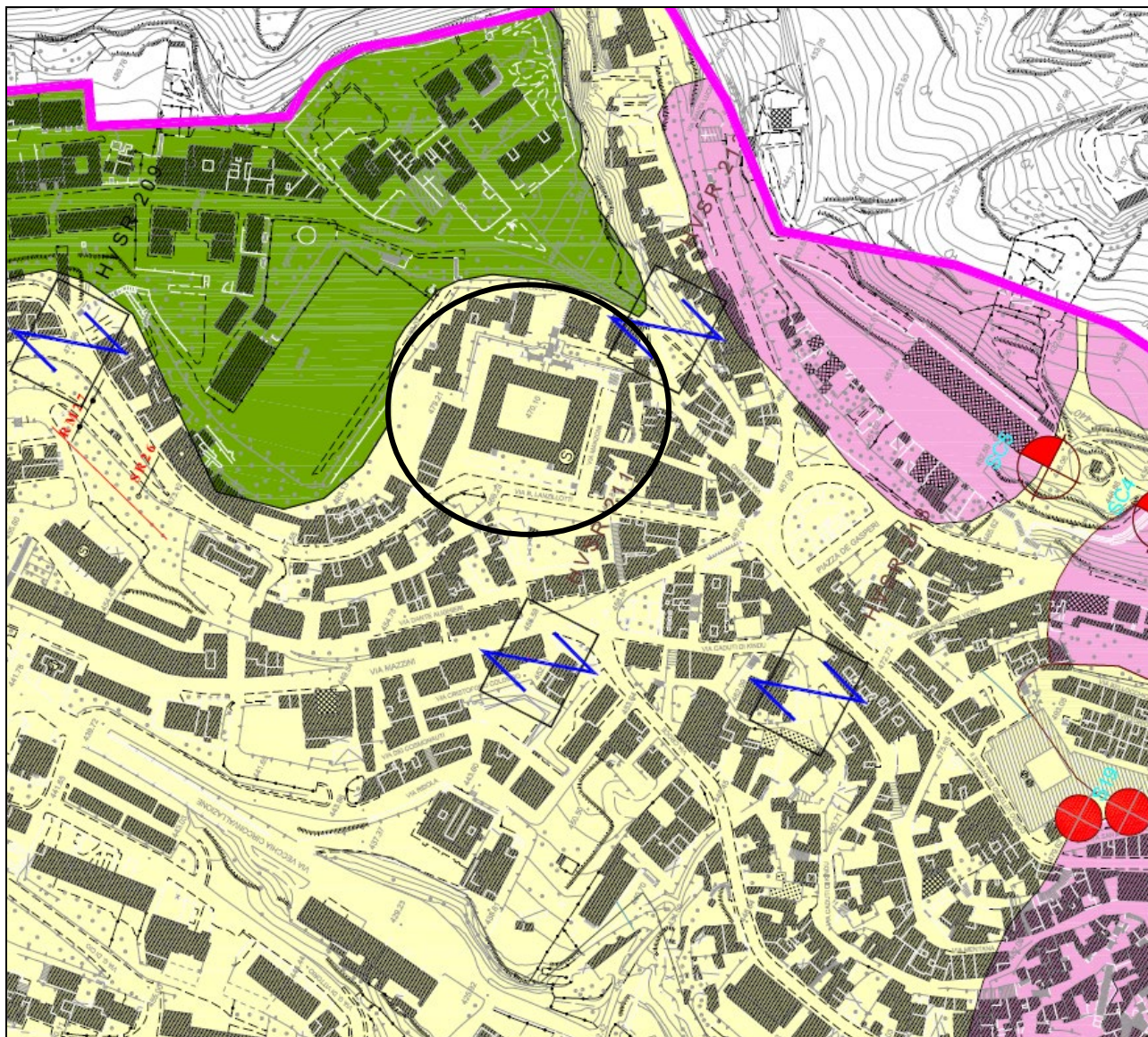
Tomografia sismica Onde P - Scuola D'Onofrio - Ferrandina - Base TS2 -



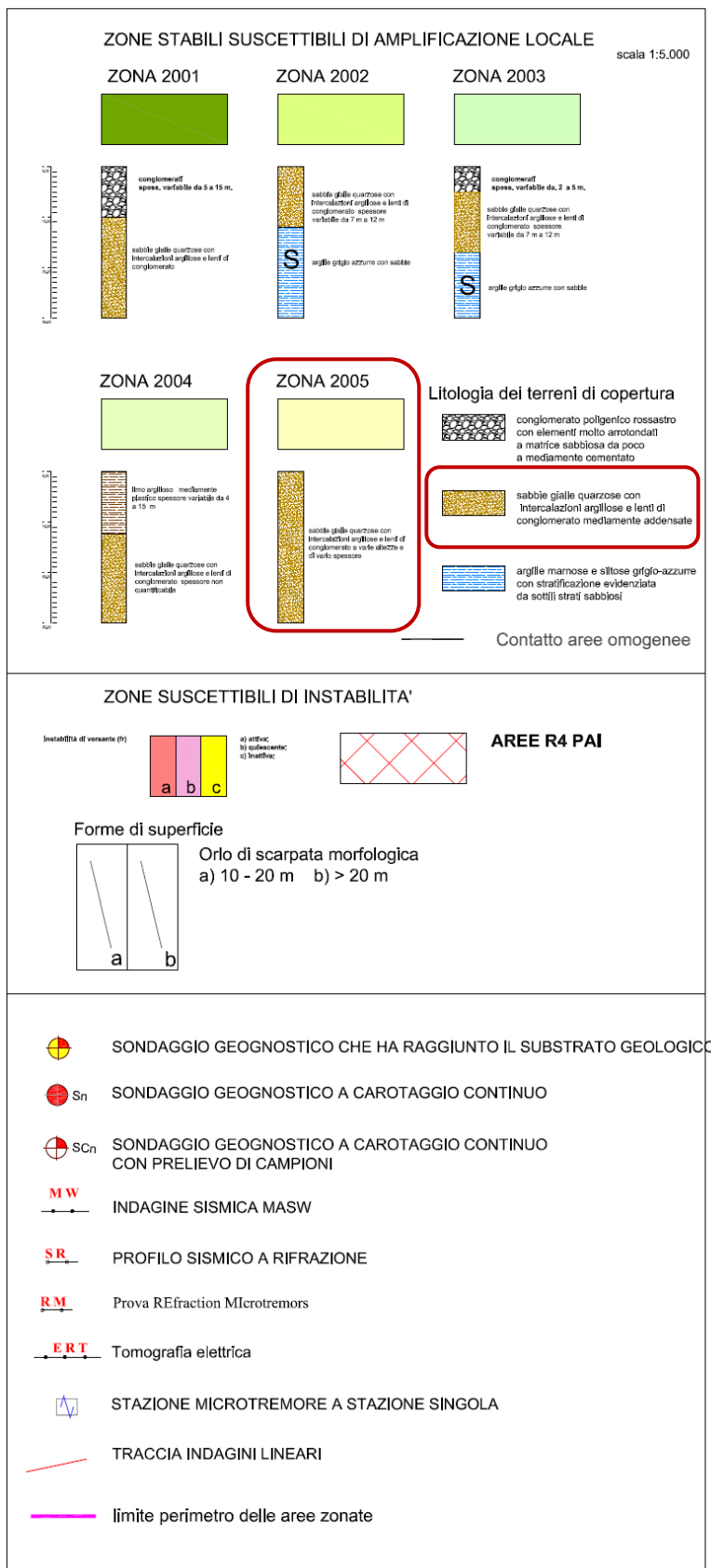
ALLEGATO 8 – Tomografia sismica in Onde P – Base TS2



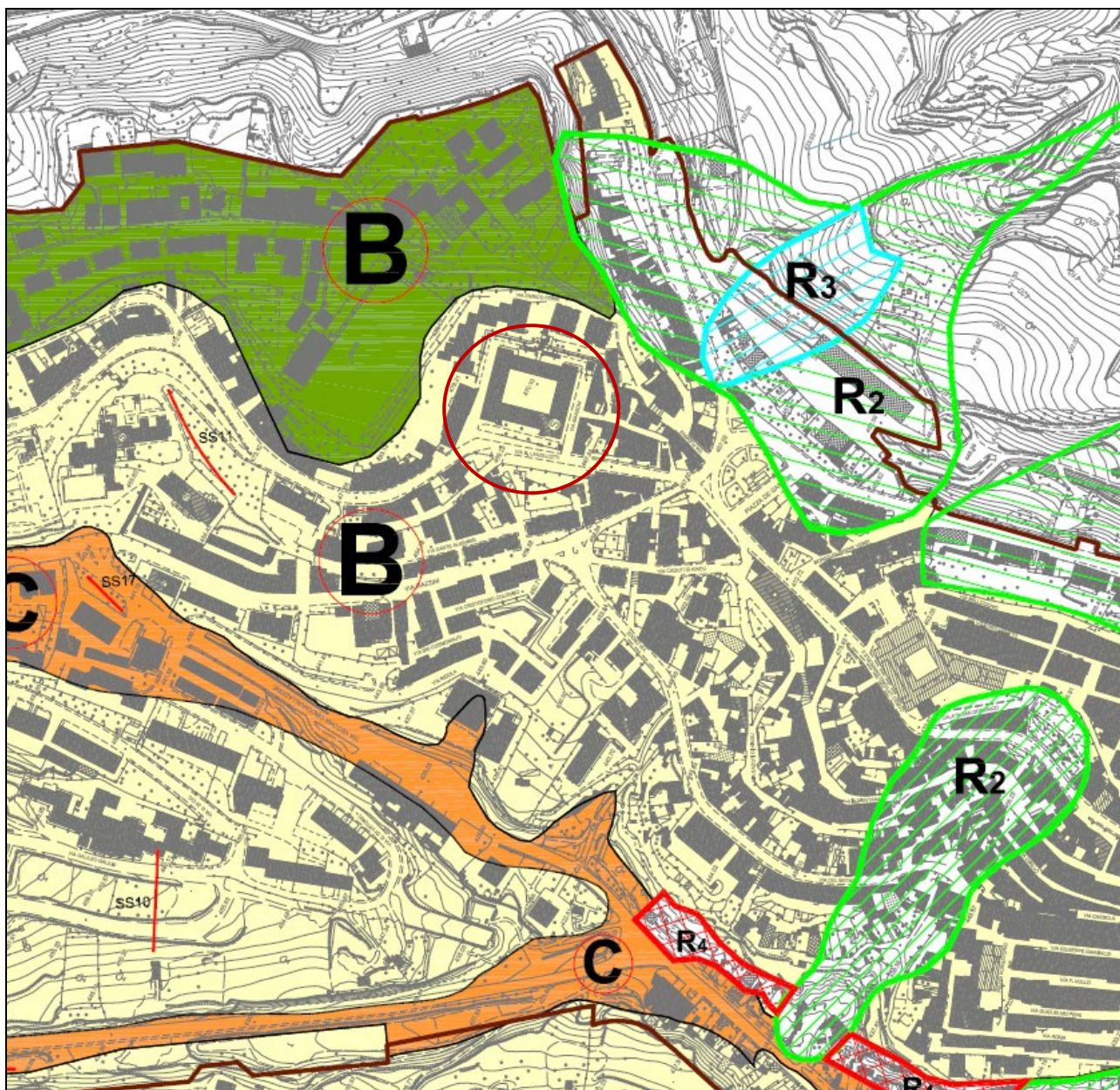
ALLEGATO 9 – Stralcio carta del rischio idrogeologico – PAI – (rsdi.basilitata.it)



ALLEGATO 10 – Stralcio Carta di Microzonazione Sismica Regionale (Tavola G05 – R.U.)



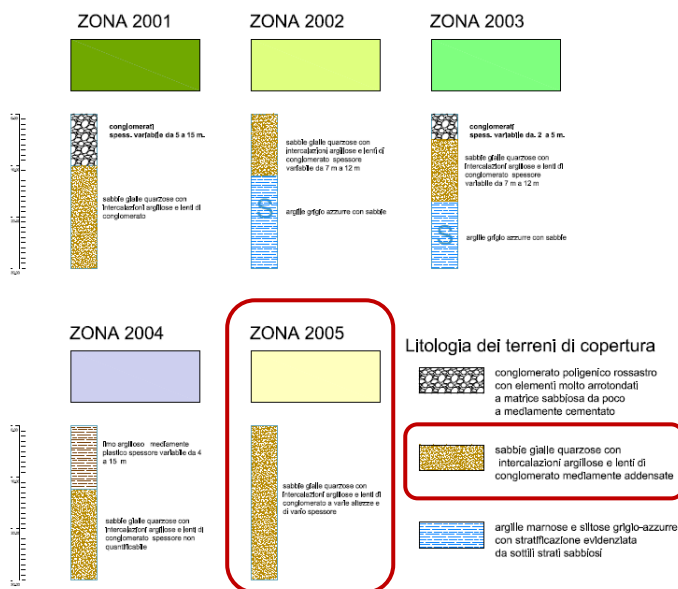
ALLEGATO 10 – Legenda Carta di Microzonazione Sismica Regionale (Tavola Go5 – R.U.)



ALLEGATO 11 – Stralcio carta della classificazione sismica dei suoli (Tavola G 06 – R.U.)

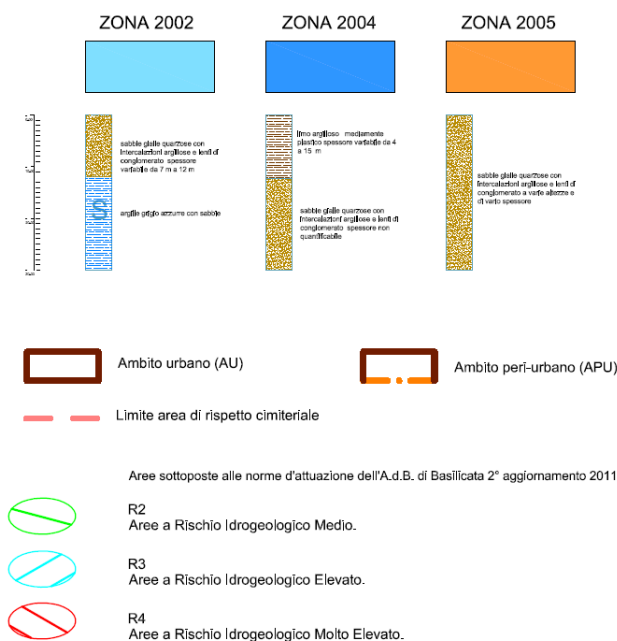
Suolo di categoria B : $360 \text{ m/s} < V_{s30} < 800 \text{ m/s}$

Simbologia come da tavola della microzonazione Regionale Tavola G05

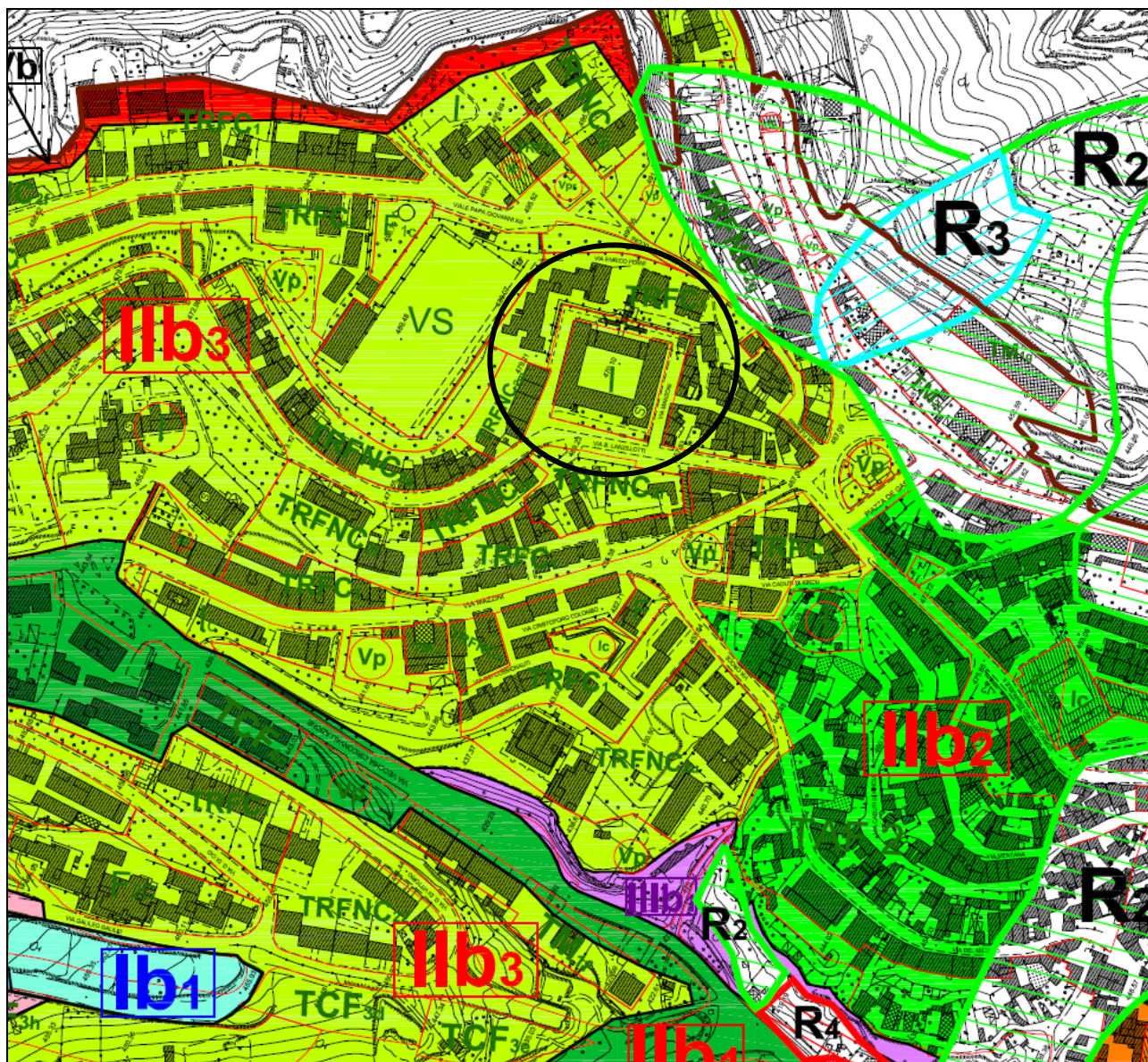


Suolo di categoria C : $180 \text{ m/s} < V_{s30} < 360 \text{ m/s}$

Simbologia come da tavola della microzonazione Regionale Tavola G05



ALLEGATO 11 – Legenda carta della classificazione sismica dei suoli (Tavola G 06 – R.U.)



ALLEGATO 12 – Stralcio Carta di Sintesi della pericolosità e criticità Geologica, Geomorfologica, Idrogeologica e Sismica (Tavola G07 – R.U.)

