

Impianto "PESCOPEGANO"

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio ad alta flessibilità

Comune di Pescopagano (PZ)

COMMITTENTE		COORDINAMENTO / MANDANTE		GEOLOGIA / MANDATARIA		
						
TITOLO ELABORATO				SCALA		
RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE				COMMESSA	1295	
				CODIFICA DOCUMENTO	1295-A-GE-R-01-1	
4						
3						
2						
1	PROGETTO PRELIMINARE		29/10/2021	29/10/2021		
0	PROGETTO PRELIMINARE		07/05/2021	07/05/2021		
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						

Questo disegno non può essere riprodotto, nè utilizzato altrove, nè ceduto a terzi in tutto o in parte senza il consenso scritto degli autori

Rev 28

**COMUNE DI PESCOPAGANO
PROVINCIA DI POTENZA**

Committente:
EDISON S.P.A. - FROSIO Next, Brescia

Progetto:
IMPIANTO "PESCOPAGANO"

**PROGETTO PRELIMINARE
GEOLOGIA**

RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE

Bari, Ottobre 2021

**Geo Tecnologie srl Bari
Prof. Geol. Giuseppe Spilotro**

Sommaro	
1	PREMESSA..... 3
2	IL PROGETTO DELL'IMPIANTO 5
3	DOCUMENTI CONSULTATI 6
4	MODELLO GEOLOGICO 8
4.1	Caratteri geologici e stratigrafici..... 8
4.2	Geomorfologia14
4.3	Carta delle frane.....19
5	GEODINAMICA..... 22
5.1	Tettonica e caratteri geologico-strutturali dell'area..... 22
5.2	Sismicit� storica e recente..... 23
5.3	Lineazioni strutturali secondarie alla tettonica primaria 28
5.4	EFFETTI DEL SISMA DEL 1980 IN AREE PROSSIME A QUELLE DI PROGETTO. 30
5.4.1	Galleria Pavoncelli dell'Acquedotto del Sele, EAAP 30
5.4.2	Danni alla diga di Conza della Campania 32
5.4.3	Frane di prima generazione o riattivate dal sisma del 1980..... 33
6	ACQUE SOTTERRANEE..... 35
7	INDAGINI A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE PRELIMINARE 37
7.1	Sondaggi geognostici 38
7.2	Prove di laboratorio 40
7.3	Profili della radioattivit� naturale gamma in foro 41
7.4	Profili termo-conduttivimetrici 42
7.5	Prove dilatometriche 44
7.6	Indagini geofisiche 45
7.6.1	Sismiche a rifrazione 47
7.6.2	Sismiche a riflessione 47
7.6.3	Sismiche in foro..... 48
7.7	Rilievo geomeccanico..... 49
8	CONDIZIONI GEOLOGICHE RELATIVE ALLE OPERE PRINCIPALI..... 50
8.1	Opera di presa..... 50

8.2	Pozzo piezometrico	52
8.3	Condotta forzata - I tratto (tra opera di presa e pozzo piezometrico).....	53
8.4	Finestra di accesso al pozzo piezometrico	54
8.5	Condotta forzata - II tratto (tra pozzo piezometrico e centrale in caverna).....	55
8.6	Centrale in caverna	56
8.7	Galleria di accesso alla centrale in caverna.....	56
8.8	Condotta forzata - III tratto (tra centrale in caverna e invaso di valle)	58
8.9	Cunicolo delle sbarre	59
8.10	Invaso di valle.....	59
9	APPROFONDIMENTI IN AREE POTENZIALMENTE CRITICHE.....	62
9.1	Sponde dell'invaso del Saetta	62
9.2	Area est svincolo di Pescopagano	71
10	APPENDICE 1.....	79
10.1	ELEMENTI SISMOGENETICI NELL'AREA DI PROGETTO.....	79
10.1.1	Sorgenti sismogenetiche presenti nel database DISS (http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml).....	79
10.1.2	Sorgente Sismica Individuale ITIS079 Pescopagano.....	79
10.1.3	Definizione della sorgente Sismica Individuale (http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/help/15-individual-seismogenic-sources):	80
10.1.4	Sorgente Sismica Composita ITCS087 Pescopagano	82
10.1.5	Definizione della sorgente Sismica Composita	83
10.2	Faglie Attive e Capaci presenti nel database ITHACA (http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Default.aspx)	84
10.2.1	Faglia di Pescopagano, code: 34024.....	87
10.2.2	Faglia di Pescopagano, code: 34025.....	88
11	Appendice 2.....	89
11.1	Piovosità annua, stazione di Pescopagano. Anni 1921 - 1985.....	89

1 PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati dello studio geologico eseguito nell'ampia area impegnata da un progetto di impianto per produzione di energia idroelettrica, promosso da Edison SPA e sviluppato da Frosio Next SRL, descritto nel paragrafo successivo.

L'impianto funzionerà tra due terminali, l'invaso sotteso dalla diga di Saetta sul T. Ficocchia, a SE dell'abitato di Pescopagano, e una vasca riceptrice posta al margine destro del percorso di valle del T. Ficocchia, circa a 3 km prima della sua confluenza nel Fiume Ofanto.

Il committente dello studio è la Frosio Next per conto di Edison SPA.

Parte rilevante del progetto si sviluppa in sotterraneo, attraverso numerosi tratti in galleria per complessivi 5,4 Km, e con ricoprimenti massimi dell'ordine di 370 m; le opere più impegnative sono costituite dalla centrale in caverna e da un pozzo piezometrico, di sviluppo verticale di 80 m, associato a una condotta interrata, che in corrispondenza del pozzo si approfondisce di quasi 300 m.

Completa il progetto la vasca di accumulo finale, della capacità di 0,8 milioni di mc.

Lo scenario geomorfologico e geologico entro cui si sviluppa il progetto è tra i più complessi dell'Appennino meridionale per la coincidenza, per nulla casuale, di formazioni flysciodi in ampie variabilità di facies, e di una tettonica particolarmente intensa sviluppatasi in fasi temporali lunghe e successive. È frequente la presenza di sovrapposizioni di rotture, riconducibili a variazioni di stati tensionali e quindi deformativi succedutisi in tempi sicuramente molto lunghi.

La sismicità dell'area, prossima a quella epicentrale di alcuni sismi, l'ultimo quello dell'Irpinia del 1980, conferma della complessità geologico strutturale dell'area.

Parte del settore centro-settentrionale dell'area di interesse risulta interessato in termini presso che generalizzati da fitte e non mantenute coperture boschive, scarsamente penetrate da sentieri, con l'effetto di una discreta impraticabilità dei luoghi. Ciò ha moderatamente condizionato il posizionamento delle indagini in sito ed il rilevamento geologico in tale settore di studio. Lo studio si avvale quindi di informazioni satellitari, del LIDAR del Geo Portale della Regione Basilicata passo 1 m anno 2015 e, in alcune aree mediante l'uso di un drone.

La descrizione geologica del territorio si avvale di conoscenze sviluppate dal 1905 (cartografia geologica del vicino Acquedotto del Sele) fino alla recente cartografia dell'ISPRA in scala 1:50.000 (anno 2010). Il tutto è stato integrato da specifici rilievi e studio di foto aeree.

Ai fini di una geologia tecnica, quale il progetto richiede, volutamente si ignoreranno gli accorpamenti secondo le attuali tendenze, che leggono in chiave riduzionistica e locale gli assetti stratigrafici secondo sintemi e super sintemi; ci si atterrà invece a

precedenti schemi geologici e geodinamici, in termini formazionali e litologici, di più consolidato uso e di conoscenze anche riferibili alle successive integrazioni geotecniche o geomeccaniche.

Il presente studio si avvale anche di precedenti esperienze dei redattori nell'area, in particolare, il completamento dell'asse viario Nerico Muro Lucano. Lo sviluppo dell'opera tra lo svincolo di Pescopagano e Nerico è parallelo in destra all'asse del progetto di interesse e quindi ha permesso di acquisire utili informazioni sul comportamento di alcune opere (e di alcune criticità) nell'arco degli ultimi 17 anni.

Hanno collaborato al presente studio ed alle fasi di indagini con Geo Tecnologie: Terralab SrL, Dr. Ing Rocco Abbattista, Dr. Ing. Leonardo Coviello, Dr. Geol. Francesco Vitelli.

La presente relazione contiene n 10 allegati, rispettivamente:

- All. 1 PLANIMETRIA GEOLOGICA
- All. 2 SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE
- All. 3 SEZIONE GEOLOGICA IN ASSE SVINCOLO PESCOFAGANO
- All. 4 PROFILI IN ASSE PROGETTO - Con proiezione discontinuità morfologiche e schede di caratterizzazione geomeccanica
- All. 5 TAVOLE STRATIGRAFICHE COMPARATE
- All. 6 INDAGINE GEOFISICA - Profili cross-hole, down hole, sismica a rifrazione,
sismica a riflessione
- All. 7 PROVE DILATOMETRICHE
- All. 8 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO-Terreni e rocce sul tracciato e terre da scavo
- All. 9 RILIEVI GEOMECCANICI
- All. 10 GEOLOGIA E ELEMENTI GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO- Sponde invaso, Imbocchi gallerie, Invaso di valle

2 IL PROGETTO DELL'IMPIANTO

Lo studio geologico esplicitato nei paragrafi a seguire, è calibrato sugli schemi progettuali resi disponibili alla scrivente dal Committente. In particolare, sono stati resi disponibili:

- Relazione di inquadramento geologico;
- Corografia;
- Planimetria su CTR e Ortofoto;
- Planimetria delle aree di cantiere;
- Planimetria,
- Profilo longitudinale;
- Invaso di valle - Planimetria;
- Invaso di valle - Sezioni e profilo canale deviatore;
- Pozzo piezometrico - Sezioni;
- Centrale - Piante e sezioni;
- Planimetria catastale - Zona presa e pozzo piezometrico;
- Planimetria catastale - Zona invaso di valle;
- Relazione generale.

3 DOCUMENTI CONSULTATI

L'area entro cui si sviluppa il progetto ha rilevante interesse dal punto di vista della geodinamica ed a seguire delle altre sezioni interagenti delle Scienze della Terra, per le singolarità presenti, vicinanza ad un vulcano ormai spento e ad aree epicentrali di importanti sismi.

Peraltro, l'alta valle del F. Sele e la valle dell'Ofanto hanno costituito punti di interesse strategico per infrastrutture idriche e di comunicazione. In conclusione, quindi l'area è coperta da un discreto ammontare di lavori a carattere tecnico o scientifico. Tra i tanti, sono stati oggetto di consultazione specifica:

- EAAP 1902, Planimetria e sezione topografica e litologica lungo il tracciato della condotta principale
- SGS 1970 Carta Geologica e note illustrative fogli 186 e 187
- Foglio 451 - "Melfi" della "Carta Geologica d'Italia - scala 1:50.000", ISPRA - Servizio Geologico d'Italia, "Carta Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI)"
- CTR, DTM, DSM 2016 Da RSDI- Geoportale della REGIONE BASILICATA
- DTM 2020 fornito dalla Committenza

Hanno costituito utile fonte di informazioni studi di carattere più specifico quali:

- *Bozzano et alii (1994)* - Prime indicazioni sulla caratterizzazione geologico-tecnica dei depositi terrigeni plio-pleistocenici della media valle del fiume Ofanto. - *Geologica Romana* **30**, 479-486.
- *De Riso R., Picarelli L. (1984)* Strada di collegamento Muro Lucano - Ofantina in località Nerico. Progetto Esecutivo Km 0.000 - 5.800
- *Di Nocera et alii (2020)* - Lo scavo della galleria idraulica Pavoncelli bis (Caposele-Conza): aggiornamento delle conoscenze geologiche nel settore del valico appenninico campano-lucano. - *GT&A*, **2-2020**.
- *Cotecchia V., Monterisi L., Salvemini A., Ventrella N. A.* - *ENGINEERING GEOLOGY PROBLEMS IN SEISMIC AREAS* (vol. 4, pag. 199): analysis of mass movement that occurred during construction of Conza dam (Avellino - Southern Italy) on the Ofanto River.
- *Cotecchia V., Monterisi L., Salvemini A.* - *ENGINEERING GEOLOGY PROBLEMS IN SEISMIC AREAS* (vol. 4, pag. 363): effects of the novembre 23, 1980 earthquake on the Conza dam and on its supplemental structures.
- *Emolo et alii (2000)* - Il terremoto irpino del 1930: caratteristiche della sorgente sismica da simulazioni numeriche del processo di frattura. - *GNGTS - atti del 19° Congresso Nazionale / 10.09*.

- Giannandrea P. (2003) - Analisi sedimentologica del sistema di Monte Sirico (parte alta della successione del bacino dell'Ofanto), Appennino meridionale, Basilicata. - *Il Quaternario*, **16**(2), 269-277.
- Matano F., Di Nocera S., Criniti S., Critelli S. (2020) *Geology of the Epicentral Area of the November 23, 1980 Earthquake (Irpinia, Italy): New Stratigraphical,*
- *Structural and Petrological Constrains. Geosciences* 2020, 10, 247; doi:10.3390/geosciences10060247

I documenti sopra indicati hanno costituito la base informativa per la caratterizzazione geologica, geologico-strutturale e geomorfologica dell'area di studio. Esistono differenze più o meno sostanziali tra le varie cartografie, relative alla posizione e alla natura delle strutture tettoniche, sia all'attribuzione formazionale dei terreni affioranti, che ha subito sostanziali revisioni nel corso del tempo.

Il rilevamento di campagna e le informazioni dalle indagini svolte hanno consentito di ricostruire un modello geologico di sintesi, funzionale alle finalità del presente studio. Data la particolare complessità geologica dell'area, confermata dall'indagine svolta, alcune incertezze interpretative sui termini formazionali e litologici, questi ultimi comuni a più termini formazionali nei nuovi schemi proposti, potrà essere meglio risolta con il supporto di ulteriori indagini e analisi di dettaglio. Nelle antiche cartografie geologiche erano infatti ampiamente presenti termini quali "argille varicolori", "melange tettonico", frazionati e sostituiti oggi da nuove terminologie. L'affinamento terminologico non influenza in ogni caso la lettura geologico-tecnica dell'area di studio.

4 MODELLO GEOLOGICO

4.1 Caratteri geologici e stratigrafici

Dal punto di vista geologico-strutturale, l'area si colloca a ridosso della zona assiale della catena appenninica meridionale.

L'Appennino lucano è composto da unità tettoniche che nel Mesozoico costituivano distinti domini paleogeografici di bacino pelagico e di piattaforma. La ricostruzione paleogeografica più largamente accettata individua, da ovest (aree interne) verso est, le seguenti unità:

- Unità Liguridi e Sicilidi (Trias -Eocene): successioni di dominio oceanico nelle quali si rinvencono anche sequenze ofiolitiche;
- Unità di Piattaforma Appenninica (Trias -Cretaceo inf.) successioni sedimentarie che raggiungono spessori di 3000 m aventi facies tipiche di ambienti di scogliera, lagune di retroscogliera, margini di scogliera, scarpate, ecc.;
- Unità del Bacino di Lagonegro (Trias - Miocene): successioni depositatesi in un bacino localizzato ad est della Piattaforma Appenninica, con caratteristiche litologiche tipiche dei depositibacinali sia in facies distali che prossimali;
- Unità della Piattaforma Apula (Mesozoico): caratterizzata da una potente successione carbonatica (circa 6000 m) depositatesi in un vasto altofondo intraoceanico di bassissima profondità, emerso definitivamente al termine del Mesozoico.

Lo sviluppo della catena appenninica ha avuto luogo a partire dall'Eocene coinvolgendo dapprima le unità tettoniche più interne e nel corso del processo deformativo spinto fino al Pleistocene (1,5 My) le successioni appartenenti ai domini paleogeografici esterni.

Il quadro paleogeografico subisce quindi sostanziali modifiche: le unità Sicilidi e Liguridi si accavallano sulle unità di Piattaforma Appenninica, la quale viene smembrata e successivamente impilata sulle unità del Bacino Lagonegrese. Con la progressione dell'avanzamento del fronte della catena, anche le unità lagonegresi vengono coinvolte direttamente nella deformazione.

Tra il margine orientale delle coltri alloctone e la Piattaforma Apula (avampaese autoctono dell'Appennino Meridionale) si instaura nel Miocene il Bacino Irpino (Cocco et al. 1972).

Successivamente sulle unità Lagonegresi ed Irpine si individuano i bacini plio-pleistocenici di Muro Lucano e dell'Ofanto nei quali si depositano inizialmente sedimenti argillosi di prodelta e di piattaforma e, in seguito al sollevamento progressivo della catena orientale, sabbie e conglomerati di fan-delta.

Le successioni affioranti nell'area di studio sono, a partire dal più antico al più recente:

- UNITÀ LAGONEGRESI

Flysch Galestrino (Cretaceo inf.)

Flysch Rosso (Cretaceo inf. - Oligocene)

UNITA' IRPINE

Flysch di Castelvetero

- UNITÀ DI BACINO INTRAMONTANO

Unità di Ariano Irpino (Pliocene medio-inf.)

- DEPOSITI CONTINENTALI

Depositi alluvionali, detriti di falda, eluvioni, detriti di frana (Pleistocene - Olocene).

Una descrizione sintetica dei caratteri delle singole unità è la seguente:

Flysch Galestrino

È costituito da argille e argilliti fogliettate, grigio chiare e verdastre e di colore senape quando alterate, con intercalazioni di strati decimetrici di marne e calcari marnosi a frattura prismatica. La successione è costituita da sedimenti pelagici di bacino con spessori di alcune centinaia di metri.

Verso l'alto passano stratigraficamente ai terreni del Flysch Rosso. Nell'area di studio è affiorante in limitati settori nella parte meridionale e, lì dove presente, appare solo subaffiorante (Figura 4-1).



Figura 4-1 Livello marnoso nella Formazioni del Flysch Galestrino

Flysch Rosso

Rappresenta il prodotto della sedimentazione al margine occidentale e nella zona assiale del Bacino Lagonegrese (depositi pelagici e torbidity). In questi depositi sono frequenti frane intraformazionali e sedimenti messi in posto da flussi gravitativi.

I litotipi che costituiscono questa formazione mostrano spessori variabili e, nel complesso, la formazione appare costituita da un'alternanza di litofacies prevalentemente calcaree e calcaree-marnose-argillose.

Membro calcareo

Le porzioni più rigide del Flysch Rosso (Figura 4-2) sono costituite da una successione calcareo-clastica con facies prevalentemente medio-grossolane localmente caratterizzate dalla presenza di nummuliti e alveoline.

Localmente si rinvengono strati di spessore superiore al metro, di calcareniti e calciruditi massive con brecciole e clasti a spigoli vivi e in banchi con stratificazione mal definita. Si presentano di colore bianco localmente ricristallizzate, spesso molto fratturate, con intercalati sottili livelli di marne e argilliti fogliettate di colore variabile dal grigio al rosso. In talune calcareniti sono evidenti la gradazione e le strutture torbiditiche.

A più altezze nella successione, sono presenti dei livelli di calcilutiti con liste di selce scura e bianca e diaspri in strati spessi fino a circa 10 cm di colore nero e rosso.

Membro calcareo-marnoso-argilloso

I litotipi sono caratterizzati da un'alternanza di calcilutiti a volte silicizzate e calcisiltiti marnose biancastre o rosate, marne silicizzate, livelli con liste e noduli di selce, argille e argille marnose laminate di colore variabile dal rosso al verde e al grigio. Gli strati hanno spessori variabili da alcuni centimetro a qualche decimetro (Figura 4-3)



Figura 4-2 Membro calcareo della Formazione del Flysch Rosso

Quando prevalgono i termini argillosi appare subaffiorante.

La distinzione tra le due litofacies non sempre è agevole; queste risultano spesso giustapposte sia per motivi stratigrafici che tettonici.

Nell'area del pozzo piezometrico appare il passaggio stratigrafico alla sottostante formazione del Flysch Galestrino (Figura 4-4), ma il limite tra le due formazioni non è evidente, anche a causa delle caratteristiche litologiche simili tra le due formazioni in corrispondenza del loro passaggio (presenza di livelli siliciferi, alternanze di argilliti e marne calcaree sia nella parte basale del Flysch Rosso che nel Flysch Galestrino).



Figura 4-3 Alternanza di argilliti, marne e calcilutiti all'interno della Formazione del Flysch Rosso



Figura 4-4 Passaggio stratigrafico tra le formazioni del Flysch Galestrino e del Flysch Rosso

Flysch di Castelvete

Rappresenta il prodotto della sedimentazione nel margine occidentale del bacino Irpino. È costituito alla base da arenarie quarzoso-feldspatiche a grana medio-grossolana in banchi e strati spesso amalgamati, intercalati a conglomerati grossolani lentiformi, e,

nella parte alta, da alternanze di silt e argille marnose ai quali sono intercalati olistoliti calcarei provenienti dalla Piattaforma Appenninica.

Affiora presso il lago Saetta: lungo la sponda destra dell'invaso ed in corrispondenza dello sbarramento, sono presenti i termini basali (Figura 4-5) costituiti da arenarie medie beige in strati decimetrici con interstrati di argille siltose. Nella successione si trovano intercalati livelli conglomeratici. Verso la parte meridionale dell'area perilacuale si ha il passaggio ai termini superiori, costituiti da silt e argille marnose.



Figura 4-5 Arenarie del Flysch di Castelvetere affioranti presso la sponda destra del lago di Saetta.

Argille e sabbie dell'Unità di Ariano

I depositi dell'Unità di Ariano (Figura 4-6) rappresentano il prodotto della sedimentazione nel Bacino dell'Ofanto e di Muro Lucano e poggiano in discordanza sia sulle Unità Lagonegresi che su quelle della Piattaforma Appenninica. L'intera successione pliocenica è costituita da litofacies legate ai cicli di trasgressione e regressione che hanno determinato il colmamento dei bacini intramontani. Nell'area di studio è possibile distinguere:

Argille siltose grigio-azzurre, argille marnose, massicce o stratificate, limi argillosi talora sabbiosi, con rare e sottili intercalazioni di associazioni pelitico-sabbiose;

Sabbie bioclastiche quarzoso-calcaree e quarzose a luoghi disuniformemente cementate, con intercalazioni di livelli limoso-argillosi e livelli o lenti conglomeratiche.

Affiorano diffusamente nella porzione settentrionale dell'area di studio. Si rinvennero in corrispondenza del sondaggio S2, a partire da circa 20 m di profondità fino a fine sondaggio (60 metri), dove sono rappresentate da argille siltose con livelli marcatamente fossiliferi, con presenza di abbondanti gusci e frammenti di gusci di

bivalvi. La sismica a riflessione confermerebbe il litotipo fino all'elevazione di 300 m slm, profondità di significatività dell'indagine stessa.



Figura 4-6 Argille e sabbie dell'Unità di Ariano. In basso, a sinistra prevalenza della componente sabbiosa, a destra di quella limoso-argillosa

Depositi caotici di detriti, ricoprimenti e frane pleistoceniche

Coltri di materiale caotico a matrice argillosa contenente blocchi calcarei, calcareo-marnosi ed arenacei anche di grosse dimensioni. Ricoprono i depositi dell'Unità di Ariano con spessori variabili da qualche metro a qualche decina di metri. Gli accumuli di frana si sarebbero formati a seguito dell'intensa attività tettonica post-Calabrianica che ha determinato il ringiovanimento del rilievo.

In letteratura si ritrovano anche con varie definizioni, tra cui "melange tettonico".

Depositi di frana

Depositi a matrice limoso-argillosa, caotici, con elementi lapidei di varia natura, granulometria e spessori, fortemente variabili in funzione rispettivamente dei terreni coinvolti e della morfologia dei versanti.

Depositi alluvionali

I depositi alluvionali sono localizzati sulla piana alluvionale dell'alveo attuale del fiume Ofanto e in alveo dei vari tributari, tra cui il t. Ficocchia, ed i fossi confluenti. Lembi

residui di depositi alluvionali terrazzati si trovano a quote superiori ai 200 metri nel Piano di Mesole e Piano della Contista.

Sono costituiti da ghiaie poligeniche, immerse in matrice sabbiosa, con lenti ghiaiose e sabbioso-limose. Nei tratti al piede o in attraversamento di versanti nel Flysch Rosso è normale il rinvenimento di blocchi calcarei anche di grosse dimensioni, mentre lingue residue di corpi detritici sono rinvenibili nel settore centro-settentrionale delle alluvioni del T. Ficocchia.

Coltre detritica

In corrispondenza di solchi o di avvallamenti, si rinvencono le coperture detritiche composte da pezzame lapideo, di natura prevalentemente calcarea, dalle dimensioni molto variabili, inglobato in limi argillosi di colore generalmente marrone e argilliti profondamente alterate.

La cartografia geologica prodotta sulla base delle attuali conoscenze è riportata nell'Allegato 1 alla presente relazione; le sezioni geologiche interpretative sono riportate nell'Allegato 2. È opportuno ricordare che in tali sezioni i rapporti stratigrafici derivano dalle proiezioni degli affioramenti di superficie, ove possibile, ma spessori delle varie coltri e rapporti stratigrafici effettivi potranno scaturire solo da specifiche indagini.

4.2 Geomorfologia

L'area di indagine è localizzata sulla catena montuosa appenninica nella zona nord-occidentale della Basilicata. I rilievi più alti - Monte Carruzzo (1227 m), Monte Nuovo (1140 m), Toppo di Castelgrande (1248 m) - determinano nell'area lo spartiacque destro al bacino del Fiume Ofanto. Lungo il versante settentrionale si sviluppa il bacino del serbatoio artificiale del Saetta, che costituisce il limite meridionale dell'area di interesse. Da qui prosegue verso Nord il corso del torrente Ficocchia, fino ad arrivare alla confluenza con il Fiume Ofanto. Il corso d'acqua risulta incassato, sia quando attraversa le unità del substrato pre-pliocenico, sia in corrispondenza dei terreni di riempimento del bacino dell'Ofanto, con fianchi vallivi molto acclivi.

I caratteri morfologici del territorio sono definiti principalmente da una tormentata storia geologica, con la presenza in superficie degli effetti di una tettonica distensiva e trascorrente, e numerosi ribassamenti e scollamenti secondari a tali eventi strutturali primari. Inoltre l'antica instabilità tettonica ha determinato la presenza in rapporti evidentemente complessi di formazioni flyschioidi a varia componente litologica, e di un esteso graben, entro cui si sviluppa buona parte del progetto, colmato da sedimenti pliocenici.



Figura 4-7 Il graben tettonico che ribassa in zona centrale le argille della formazione di Ariano (da Google Earth)

Dal punto di vista morfologico si individuano quindi diversi paesaggi: quello caratterizzato da rilievi a dominante argillosa, con versanti dolci, a volte interrotti da dorsali calcaree, e che in alcuni tratti formano degli ampi pianori; si alterna il paesaggio caratterizzato da rilievi molto acclivi, in corrispondenza delle aree nelle quali affiorano le successioni a prevalente componente lapidea, generalmente carbonatica.

I caratteri morfologici sono di difficile percezione nelle aree coperte da boschi, privi di gestione forestale, e quindi particolarmente fitti e impenetrabili.

In corrispondenza dei versanti a prevalente componente argillosa sono presenti diversi movimenti gravitativi, di varia tipologia, dimensione e stato di attività. L'interessamento di tali movimenti con le opere in sotterraneo è, come meglio specificato in altro paragrafo, marginale; le opere in superficie, in particolare l'invaso di valle, interagiscono con forme morfologiche calanchive, soggette a sfoliazioni pellicolari.

Alcune instabilità si sviluppano in corrispondenza del contatto stratigrafico tra il Flysch Rosso ed il Flysch Galestrino, in prossimità della spalla sinistra dello sbarramento del Saetta.

Altro movimento gravitativo particolarmente importante sia per dimensioni sia per i danni procurati alla rete infrastrutturale dell'area, interessa il versante alla destra idrografica del torrente Ficocchia, all'altezza dello svincolo stradale di Pescopagano.

Lo sviluppo complessivo di questo movimento franoso è leggibile direttamente sulle opere stradali e da anteprese di rilevamenti satellitari.

Altri elementi identificativi (cigli e scarpate, depositi di frana chiaramente distinguibili dalle coltri che ricoprono estesamente i versanti che, invece, sono riconducibili a un

probabile sovrascorrimento e a frane più antiche) sono presenti nella parte alta del versante, ma non concorrono ad una chiara delimitazione del corpo instabile.

Questa frana è responsabile della compressione registrata in corrispondenza della spalla destra del viadotto sul torrente Ficocchia. È ipotizzabile che il movimento gravitativo si sviluppi dalla parte alta del versante per una lunghezza di circa 3 km, e abbia uno spessore massimo di circa 40 m, mobilitando le spesse coperture detritiche che caratterizzano il versante (All. 3). Il movimento è attivato al piede del versante nel torrente Ficocchia.

Sulla base delle informazioni disponibili il tracciato delle opere in sotterraneo (oltre 100 m in sotterraneo nel tratto di interesse) non è interessato da tale movimento gravitativo.

Le scarpate nelle argille plioceniche.

A seguito della distensione tettonica Est - Ovest nella metà settentrionale dell'area di studio, effetto di un presumibile fagliamento sepolto, si è determinato un graben delimitato in maniera pressoché simmetrica da scarpate di faglia (non segnate in cartografia SGS ed ISPRA come tali) piuttosto ripide, che ribassano la parte centrale di un precedente colmamento di bacino pliocenico di argille limose grigie, con coperture detritiche (interpretate anche come frane, cartografia SGS e presente studio) di un melange tettonico, presente oggi con spessori variabili sia sulle sponde del graben, che sulla parte ribassata.

Sulle scarpate, in argille fortemente addensate, si esplicano tipici fenomeni pellicolari di sfoliazione e di soil slaking, a scala centimetrica e tuttavia responsabili di modesti accumuli vegetati nelle tasche delle scarpate.

L'estensione areale di tali processi erosivi non ha subito nel tempo sostanziali modifiche, come può desumersi dal confronto tra ortofoto dell'area acquisite in un arco di tempo di circa trent'anni (Figura 4-8)

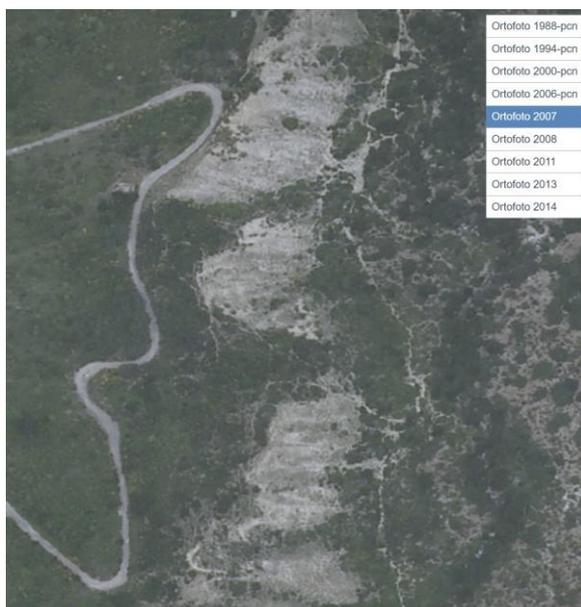




Figura 4-8 Il graben tettonico che ribassa in zona centrale le argille della formazione di Ariano (da Google Earth)

Altro carattere morfologico deriva dalla ripetuta gradonatura in diverse parti dell'area, effetto di una tettonica prevalentemente distensiva, con componenti anche trascorrenti (Figura 4-9).

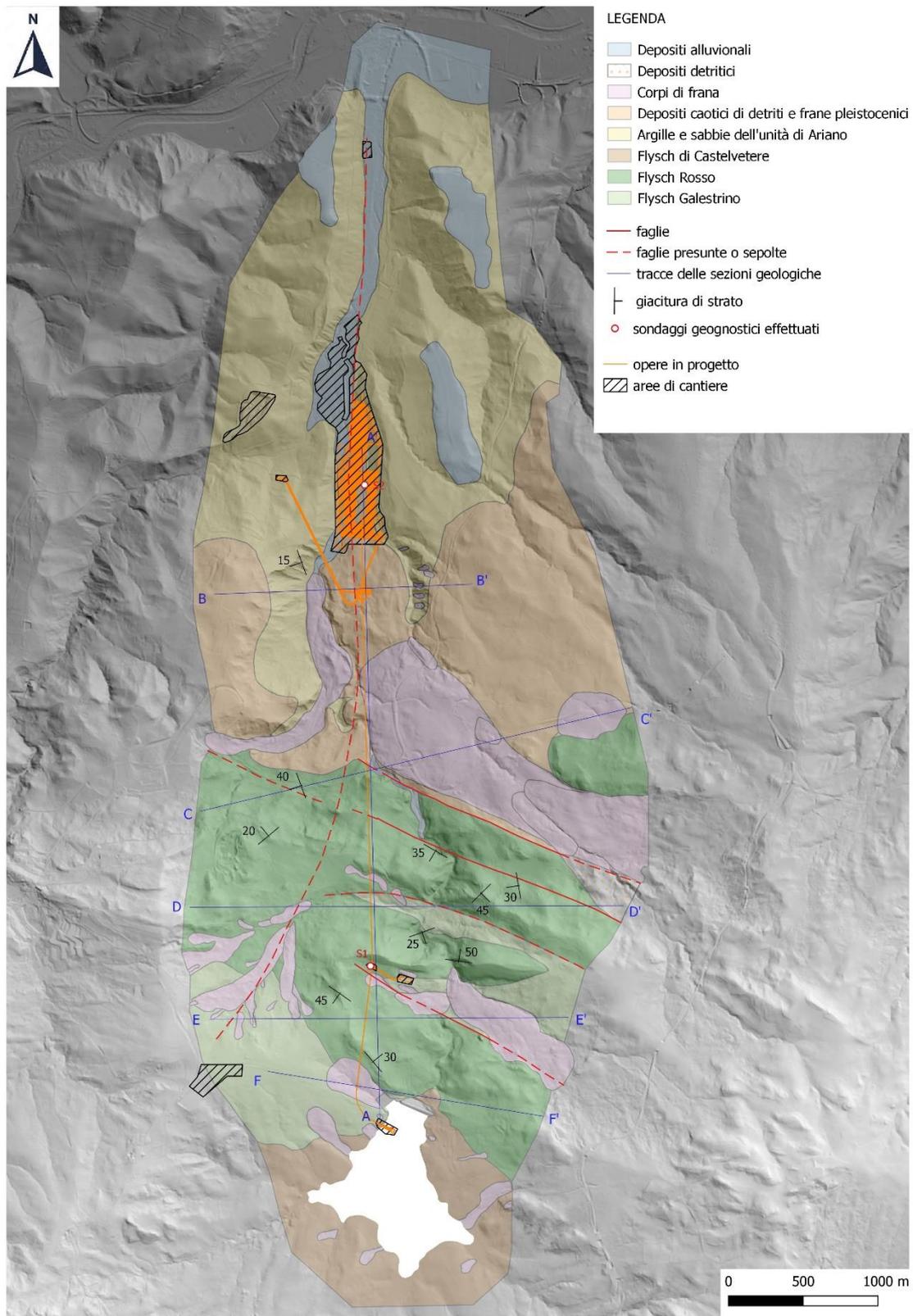


Figura 4-9 Modello geologico dell'area di interesse drappeggiato su DTM.1

4.3 Carta delle frane

Le informazioni sulle frane presenti nell'area di studio, sono state dedotte preliminarmente dalla consultazione delle fonti disponibili, consistenti nella cartografia geologica a scala 1:50000 (ISPRA) e 1:100000 (SGS, rilevata in scala 1:25000) e negli elaborati del PAI vigente (Figura 4-10 Cartografia pregressa dei movimenti franosi (Carte geologiche e PAI)), che a sua volta ha recepito e rielaborato i dati cartografici dei progetti nazionali AVI e IFFI, oltre le segnalazioni comunali e provinciali.

Questi dati sono stati a loro volta aggiornati, riclassificati ed integrati, ove necessario, con i prodotti derivanti delle attività di rilevamento geologico-geomorfologico, con l'aiuto della consultazione di foto aeree, di cartografia e DTM passo 1 m, e di rilievi fotografici con l'aiuto di un drone.

Il prodotto distingue su base geomorfologica i fenomeni franosi per stato di attività e per tipologia di movimento (Figura 4-11). Si specifica che nella carta geologica sono stati riportati i corpi di frana corrispondenti ai fenomeni censiti nel corso dei rilievi in campo.

CARTA DELLE FRANE RILEVATE

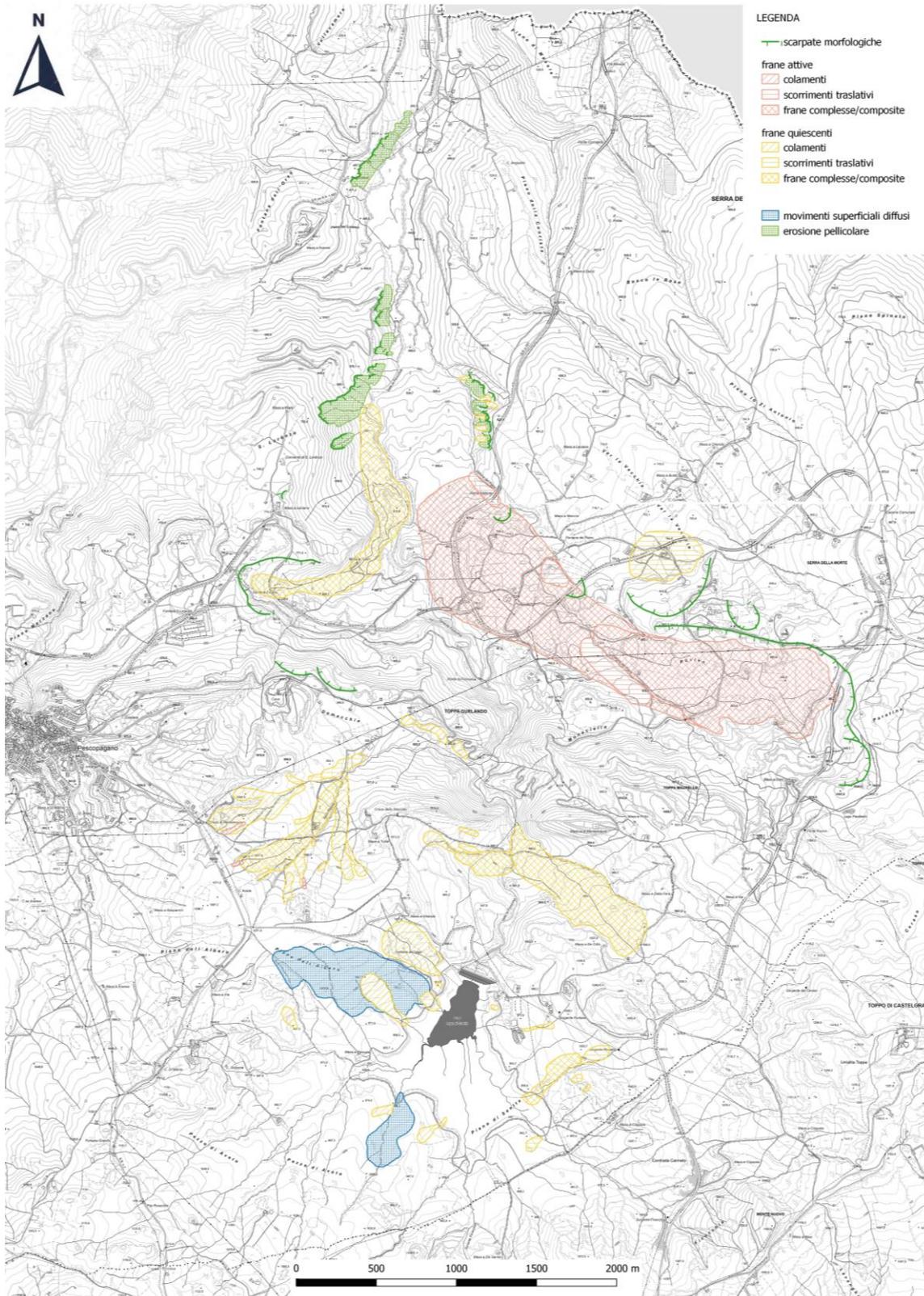


Figura 4-11 Cartografia dei movimenti franosi rilevati (e revisione carte pregresse)

È opportuno segnalare che, con riferimento alla cartografia pregressa delle frane, gli archivi IFFI e PAI e le carte geologiche SGS ed ISPRA censiscono come frane sia scorrimenti di grandi masse detritiche, datati presumibilmente a partire dal tardo pliocene, attive sui lembi marginali del graben, sia forme morfologiche riconducibili ad effetti secondari della intensa e complessa attività tettonica pregressa nell'area. Ci si riferisce in particolare alle segnalazioni in sinistra Ficocchia sui versanti calanchivi che sovrastano l'area dove è previsto il serbatoio di valle. Come in tutte le morfologie calanchive scolpite in terreni coesivi o cementati, la superficie esposta ad alta pendenza è soggetta a fenomeni erosivi di superficie (esfoliazioni, slaking, ecc.). Inoltre, al cambio di pendenza alla sommità della parete calanchiva, possono determinarsi scorrimenti marginali della esigua coltre detritica retrostante.

Alla grande frana tra il Km 5.8 e 6.6 della strada Nerico Muro Lucano è dedicato infine il paragrafo 9.2 della presente relazione.

5 GEODINAMICA

5.1 Tettonica e caratteri geologico-strutturali dell'area

L'Appennino meridionale è una catena montuosa a pieghe e sovrascorrimenti, originatasi in regime compressivo legato alla subduzione del margine adriatico della placca africana sotto quella europea. Gli assi delle pieghe e i fronti dei sovrascorrimenti hanno un'orientazione media a scala regionale NW-SE definita in letteratura come *direzione appenninica*.

L'assetto strutturale dell'Appennino meridionale è ulteriormente complicato dalla presenza di un fitto sistema di faglie estensionali e trascorrenti, contemporanee e posteriori all'impilamento delle successioni, geneticamente legate all'apertura del bacino di retroarco del Tirreno, al collasso gravitativo dell'orogene e alle differenti velocità di avanzamento di porzioni di sovrascorrimenti e sistemi di sovrascorrimenti.

L'evoluzione tettonica dell'Appennino meridionale che ha portato agli attuali rapporti geometrici fra le diverse unità, al loro diffuso piegamento e impilamento è confermata da numerosa letteratura scientifica (Carta Geologica dell'Appennino Meridionale di Bonardi et al. 1988, Pieri et al. 1997 e bibliografia contenuta) e da ricerche di geologia strutturale e geofisica per la localizzazione di giacimenti sotterranei di idrocarburi.

Il regime tettonico attuale è legato alla fase di estensione post-orogenica che, a partire dal Miocene superiore, si è prodotta attraverso un sistema di faglie ad alto angolo a carattere distensivo e trascorrente con orientazione prevalente NW-SE.

A tale sistema sono riconducibili le scarpate di faglia che caratterizzano l'area di studio; esse disarticolano le unità pre-plioceniche e fungono da faglie bordiere, determinando un generale ribassamento delle successioni geologiche verso NE e mettendole in contatto laterale con i depositi plio-pleistocenici di riempimento del bacino dell'Ofanto. Questa più recente tettonica distensiva si è sovrapposta alle strutture legate alla precedente fase tettonica compressiva di costruzione della catena, i cui effetti nell'area in esame sono rappresentati dalle strutture plicative e

dalle tracce dei sovrascorrimenti. Ne deriva una forte complessità strutturale, che trova evidenza nell'elevato stato di fratturazione degli ammassi rocciosi e nella complessità dell'assetto geologico (variabilità giaciturale, rapporti geometrici complessi tra i diversi corpi geologici, presenza di rocce cataclastiche, ecc.). La tettonica articolatasi in tempi successivi ha conseguentemente deformato e disarticolato le strutture tettoniche preesistenti (vedi ad esempio la piega ad S del flysch rosso in sn viadotto dello svincolo di Pescopagano) rendendo puramente indicative le informazioni geometriche rilevabili in superficie.

A questo quadro geologico-strutturale molto articolato, corrisponde un'importante storia sismica dell'area.

5.2 Sismicità storica e recente

L'Appennino meridionale presenta una storia sismica tra le più severe dell'Italia, sia in termini di intensità, che di frequenza di terremoti. L'elevata attività tettonica dell'Appennino si manifesta con un generale sollevamento ancora in atto, in seguito al quale si sviluppano o attivano grossi sistemi di faglie estensionali con direzione NW-SE, NE-SW, E-W, NNW-SSE.

I terremoti individuati tra i più significativi per l'area Vulture-ofantina sono i seguenti:

- Benevento, anno 375, scala MCS IX (Me = 6,0)
- Irpinia, anno 989, scala MCS IX (Me = 6,0)
- Potenza, anno 1273, scala MCS IX (Me = 5,8)
- Melfi, anno 1353, scala MCS IX (Me = 6,0)
- Italia centro-meridionale, anno 1456, scala MCS XI (Me = 7,1)
- Irpinia, anno 1466, scala MCS VIII-IX (Me = 6,1)
- Basilicata, anno 1561, scala MCS X (Me = 6,4)
- Campania, Basilicata, anno 1688, scala MCS XI (Me = 6,6)
- Basilicata, Irpinia, anno 1694, scala MCS X-XI (M = 6,8)
- Irpinia, Beneventano, anno 1702, scala MCS X (Me = 6,3)
- Irpinia, anno 1732, scala MCS X (Me = 6,5)
- Italia Meridionale, Molise, anno 1805, scala X (Me = 6,5)
- Basilicata, anno 1826, scala MCS VIII (Me = 5,8)
- Vulture, anno 1851, scala MCS VIII-X (M = 5,6 - 6,4)
- Basilicata, anno 1857, scala MCS XI (Me = 6,9)
- Irpinia, anno 1910, scala MCS VIII (Me = 5,8)
- Campania, Basilicata, anno 1930, scala MCS X (Me = 6,7)
- Irpinia, anno 1962, scala MCS IX (Me = 6,2)
- Irpinia, anno 1980, scala MCS X (M = 6,9)
- Basilicata, anno 1990, scala MCS VII (M = 5,0)
- Basilicata, anno 1991, scala MCS VI (M = 4,5)

L'analisi della sismicità storica è stata effettuata sulla base dei dati contenuti nel Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990 pubblicato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e dalla SGA (storia geofisica ambiente), integrati con i dati più

recenti. Le intensità dei terremoti sono state espresse sulla base della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) che stima le intensità macrosismiche dei terremoti risentite nelle aree epicentrali sulla base dell'osservazione e delle descrizioni storiche dei danni causati dal terremoto e sulla base di magnitudo equivalente.

Anche le fonti storiche raccontano ampiamente come il comune di Pescopagano sia stata duramente segnata, sin dalle proprie origini, dalla violenza dei terremoti, registrando ingenti danni sia nel patrimonio edilizio sia in termini di vite umane (Lioi, 2008).

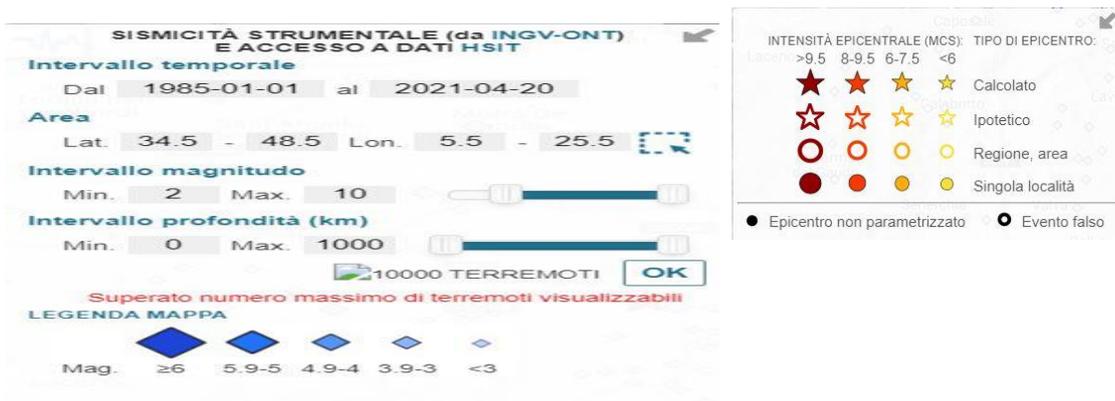
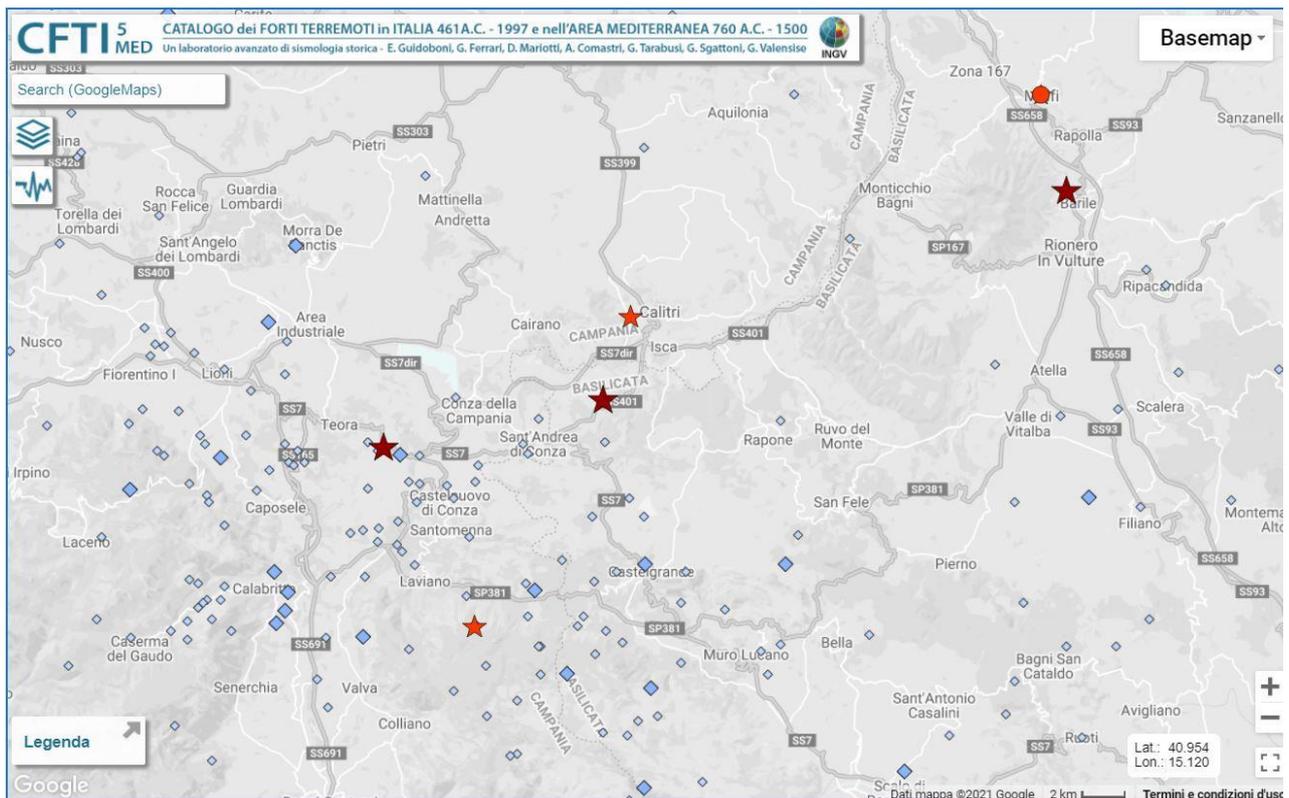


Figura 5-1 Mappa degli eventi storici e strumentali per l'areale in esame (<http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/#>)

Tra i terremoti storici rilevanti e prossimi all'area di studio, corrispondente al forte evento riportato nel riquadro della Figura 5-1 in alto, è l'evento del **08.09.1694** con epicentro **Irpinia-Basilicata**.

Nelle note descrittive sull'evento si legge:

"La scossa distruttiva avvenne l'8 settembre alle ore 11:40 GMT circa (le 17 e tre quarti in ora italiana); a Napoli fu percepita di durata variabile tra 30 e 60 secondi ("un credo recitato" o "un miserere", secondo l'espressione dei testimoni), distinti in una prima scossa e una immediata replica definita "laterale", in direzione nord-sud.

Il terremoto causò estese distruzioni nell'area appenninica al confine tra le attuali province di Avellino e Potenza e danni ingenti in un'area estesa a gran parte della Campania e della Basilicata e a parte della Puglia. L'area dei massimi effetti risultò localizzata nell'alta valle dell'Ofanto; le distruzioni gravi e diffuse si estesero a nord fino all'alta valle del fiume Ufita e a sud fino alle propaggini settentrionali dei Monti della Maddalena. Furono quasi completamente distrutti 14 paesi: Atella, Bella, Cairano, Calitri, Carife, **Castelgrande**, Guardia Lombardi, Muro Lucano, **Pescopagano**, Rapone, Ruvo del Monte, Sant'Andrea di Conza, Sant'Angelo dei Lombardi, Teora; altri 18 paesi della dorsale appenninica campano-lucana subirono distruzioni estese a circa la metà dell'abitato. Numerosi crolli totali e gravi lesioni furono riscontrati in 40 località, tra cui Potenza; in altri 130 centri abitati circa, fra cui Avellino, Napoli e Salerno, furono rilevati crolli sporadici e lesioni diffuse; danni leggeri si ebbero a Bari, Benevento, Foggia e in altre 30 località circa. La scossa fu sentita senza danni a Lecce e Brindisi e più leggermente fino a Chieti e Fano a nord, e Messina a sud." (<http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/quake.php?01166IT>)

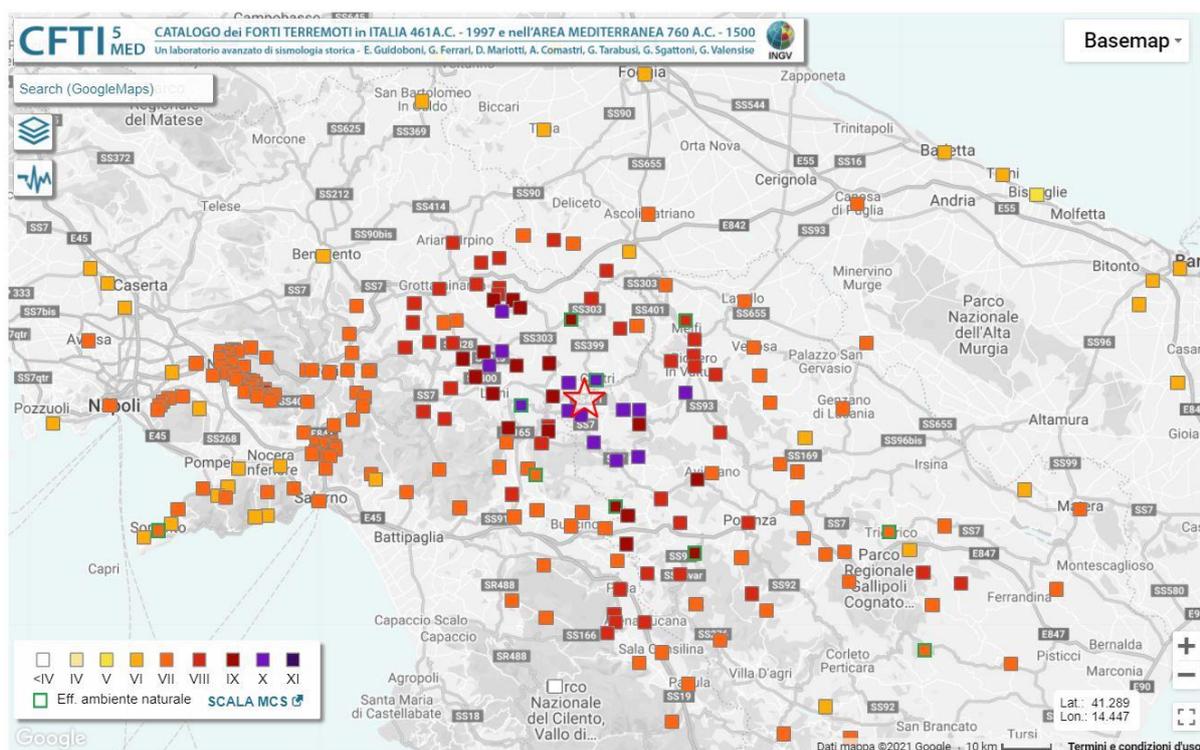


Figura 5-2 Mappa degli effetti macrosismici del terremoto dell'Irpinia-Basilicata, del 8. 9.1694 (<http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/quake.php?01166IT>).

Tra i terremoti recenti di maggiore intensità vanno evidenziati quelli del 1930 e del 1980. Il primo ha avuto epicentro fra Lacedonia e Bisaccia e, da simulazioni numeriche del processo di frattura, è associato ad una faglia normale orientata in direzione appenninica e immergente verso SW (Emolo et alii, 2000). L'evento del 1980, con epicentro tra Teora, Castelnuovo di Conza e Conza della Campania, si è sviluppato a seguito dell'attivazione della faglia di Monte Marzano (faglia Irpinia), con orientazione

NW-SE, che si è attivata per una lunghezza di oltre 35 km e in alcuni punti ha provocato la rottura superficiale del terreno, con un rigetto variabile tra 20 cm e 1 metro (Valensise & Pantosti, 2001; Galli, 2010). La rottura si è propagata dall'ipocentro con tre distinti fenomeni di rottura lungo differenti segmenti di faglia, di cui quelli legati al sistema principale immergenti verso NE, ed uno (subevento 3) sviluppatosi su una faglia antitetica immergente verso SW (Figura 5-3).

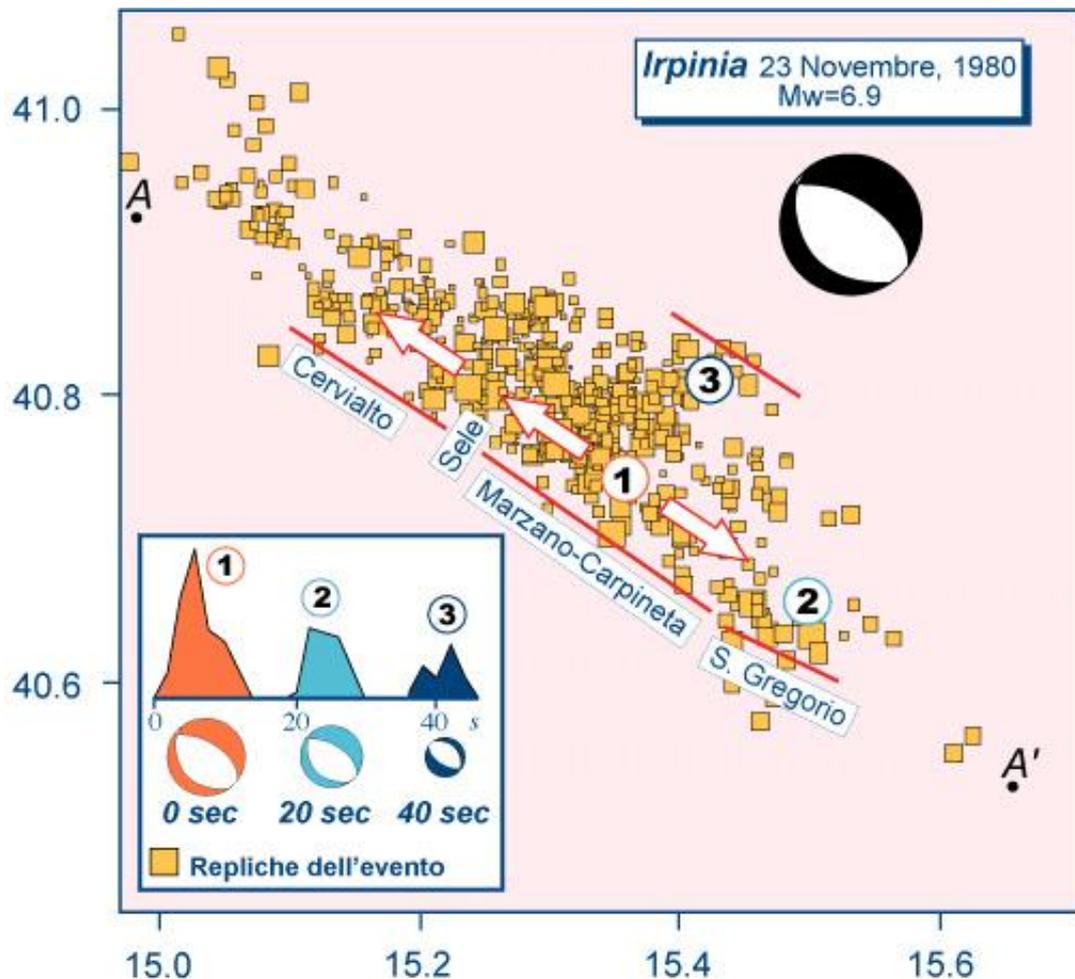


Figura 5-3 Subeventi del terremoto del 1980 lungo differenti segmenti di faglia (<http://legacy.ingv.it/roma/attivita/sismologia/sorgentesismica/esempi/irpinia/figura1.html>)

Dal database delle sorgenti sismogenetiche dell'INGV **DISS**, Database of Individual Seismogenic Sources, si evince che l'area di studio è interessata da varie strutture sismogenetiche (Figura 5-4). In particolare quella indicata come *ITCS087 Conza della Campania -Tolve* è una sorgente composta il cui segmento principale è stato associato al terzo sottoevento del terremoto del 1980.

Come sorgente sismica individuale è riportata, sempre dallo stesso database, la sorgente *ITIS079 Pescopagano*.

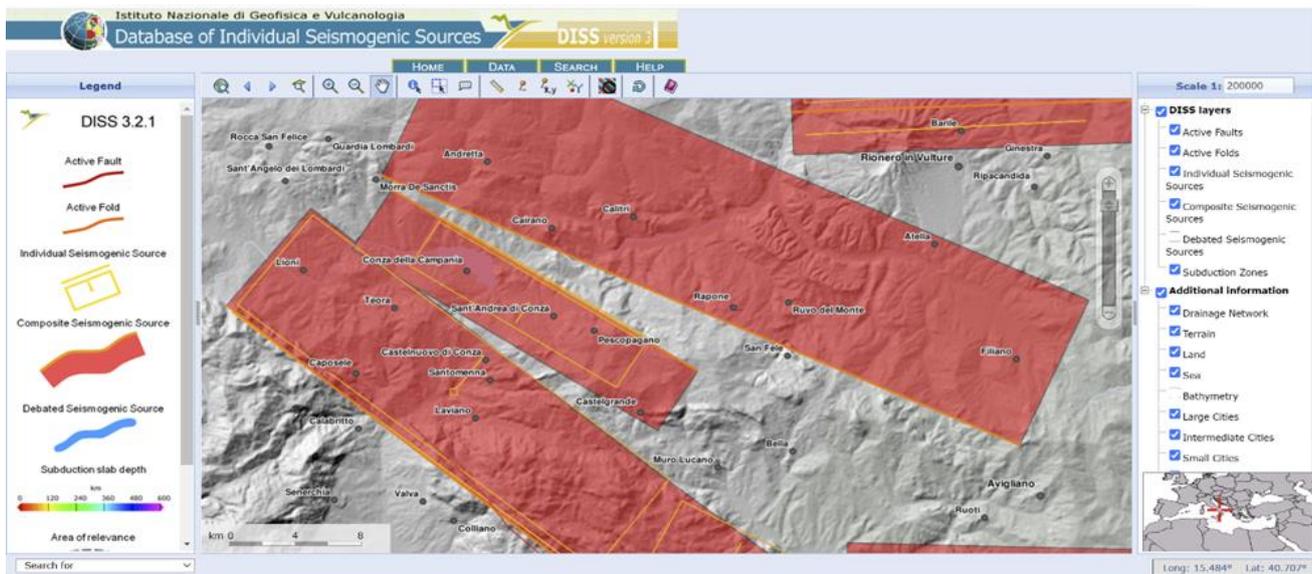


Figura 5-4 Sorgenti sismogenetiche presenti nel database DISS (<http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>)

Il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA, attraverso il progetto **ITHACA (ITaly Hazards from CApable faults)**, ha sintetizzato le informazioni disponibili sulle faglie capaci, faglie in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie. Anche in questo caso si rilevano diverse strutture tettoniche che ricadono entro l'area di interesse (Figura 5-5).



Figura 5-5 Faglie capaci individuate nel progetto ITHACA (<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>)

Tra le strutture riportate nel database, e che ricadono nei pressi dell'area in oggetto, si evidenziano le due faglie di Pescopagano riportate con il codice 34024 e 34025. In Appendice 1 alla presente Relazione sono riportate le schede descrittive delle strutture tettoniche su richiamate, a cui si rimanda per un approfondimento.

5.3 Lineazioni strutturali secondarie alla tettonica primaria

Quanto illustrato nei precedenti capitoli e paragrafi 4 e 5 evidenzia con chiarezza le instabilità bacinali antiche e recenti nella scala dei tempi geologici dell'area di interesse. Le conseguenze sono rappresentate dalle successioni bacinali che si sono sedimentate e variamente accavallate, da lineazioni tettoniche, anche sepolte e alcune delle quali stimate come potenzialmente ancora attive ("capaci"), e non da ultimo, da un vulcano che non solo ha elevato il suo cono fino a 1400 m circa, sconvolgendo l'idrografia della regione, ma anche spegnendosi irreversibilmente 130.000 anni fa.

La disponibilità di accuratissimi DTM evidenzia numerose lineazioni strutturali (Figura 5-6), alcune delle quali coincidenti con strutture tettoniche primarie, mentre un numero rilevante nei terreni della formazione di Ariano, sono ascrivibili ad assestamenti gravitativi, secondari alla tettonica primaria distensiva, che ha determinato il graben che ha ribassato parte della formazione. Il ribassamento è marcato da scarpate quasi simmetriche sui lati W ed E del graben, scolpiti per faglie dirette nelle argille limose della formazione di Ariano (Figura 5-7). I piani di taglio possono veicolare in profondità acque, che in virtù della bassa permeabilità dell'ammasso, possono saturare la fascia di discontinuità.

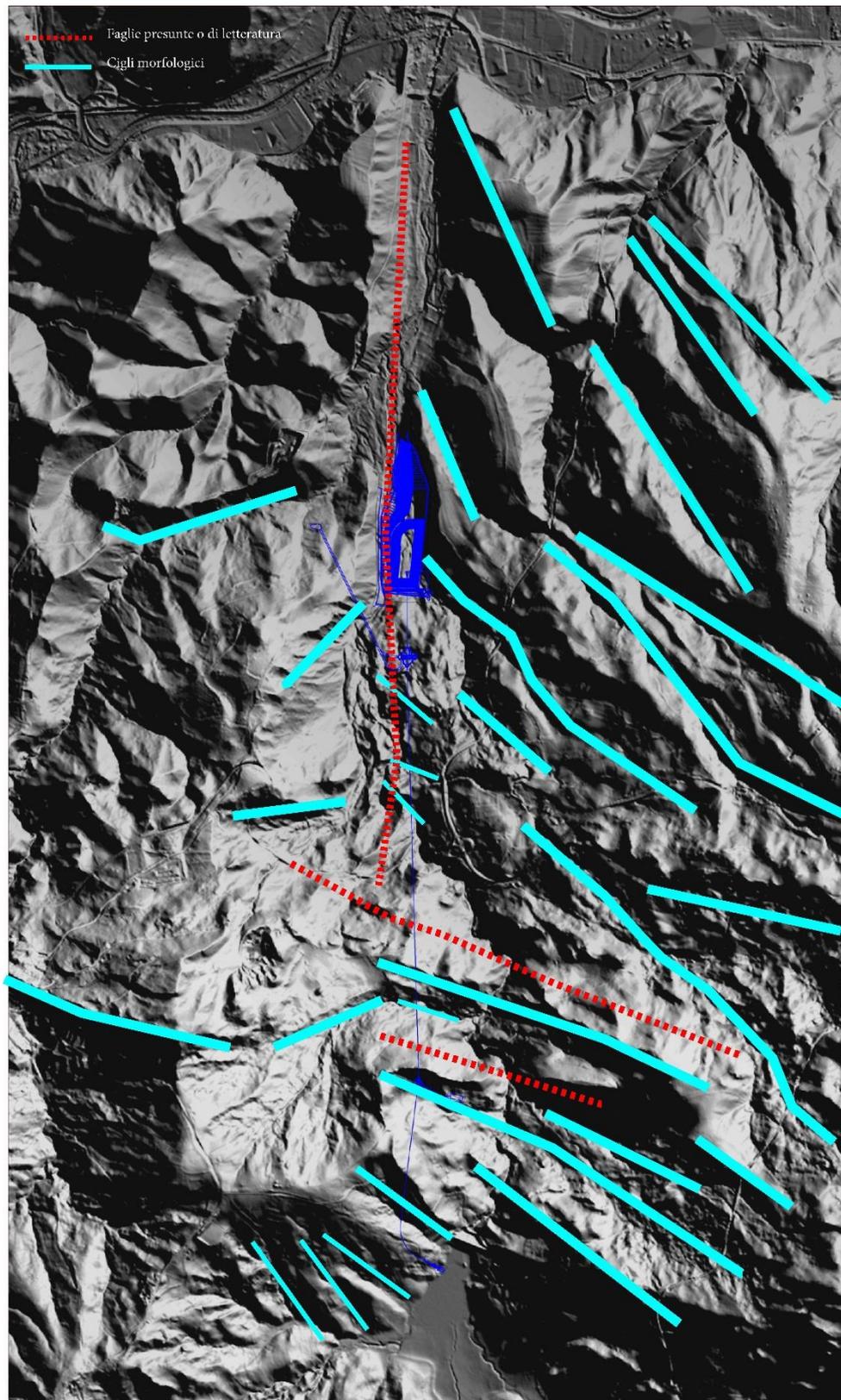


Figura 5-6 Faglie e discontinuità strutturali marcate sul DTM



Figura 5-7 Immagine del graben nei limi argillosi grigi della Formazione di Ariano

5.4 EFFETTI DEL SISMA DEL 1980 IN AREE PROSSIME A QUELLE DI PROGETTO

5.4.1 Galleria Pavoncelli dell'Acquedotto del Sele, EAAP

Il tracciato della condotta principale dell'acquedotto pugliese (1915) attraversa il T. Ficocchia a breve distanza dalla vasca di valle (*Figura 5-8*). Nella parte iniziale del tracciato, la galleria Pavoncelli, lunga 12 km, in sezioni a diverse progressive subì per effetto del terremoto dell'Irpinia del 1980 danni strutturali seri, principalmente riconducibili a schiacciamento della sezione anulare con sollevamento dell'arco rovescio (*Figura 5-9*).

La trasposizione dei punti di danneggiamento sulla sezione geologica permette di evidenziare come tali tratti corrispondano in massima parte a punti di variazione delle litologie attraversate, in rapporti tettonici, mai stratigrafici (*Figura 5-10*).

È utile osservare che la galleria, secondo la tecnologia dell'epoca (1910) risulta costruita con sezioni variabili per spessore dei rivestimenti, ma in mattoni. Quindi di ottima resistenza a sforzi a simmetria cilindrica, ma praticamente nulla in relazione a sforzi deviatorici, quali quelli indotti dal movimento presumibilmente asincrono delle masse afferenti a diverse unità formazionali in prossimità delle aree di discontinuità strutturali.

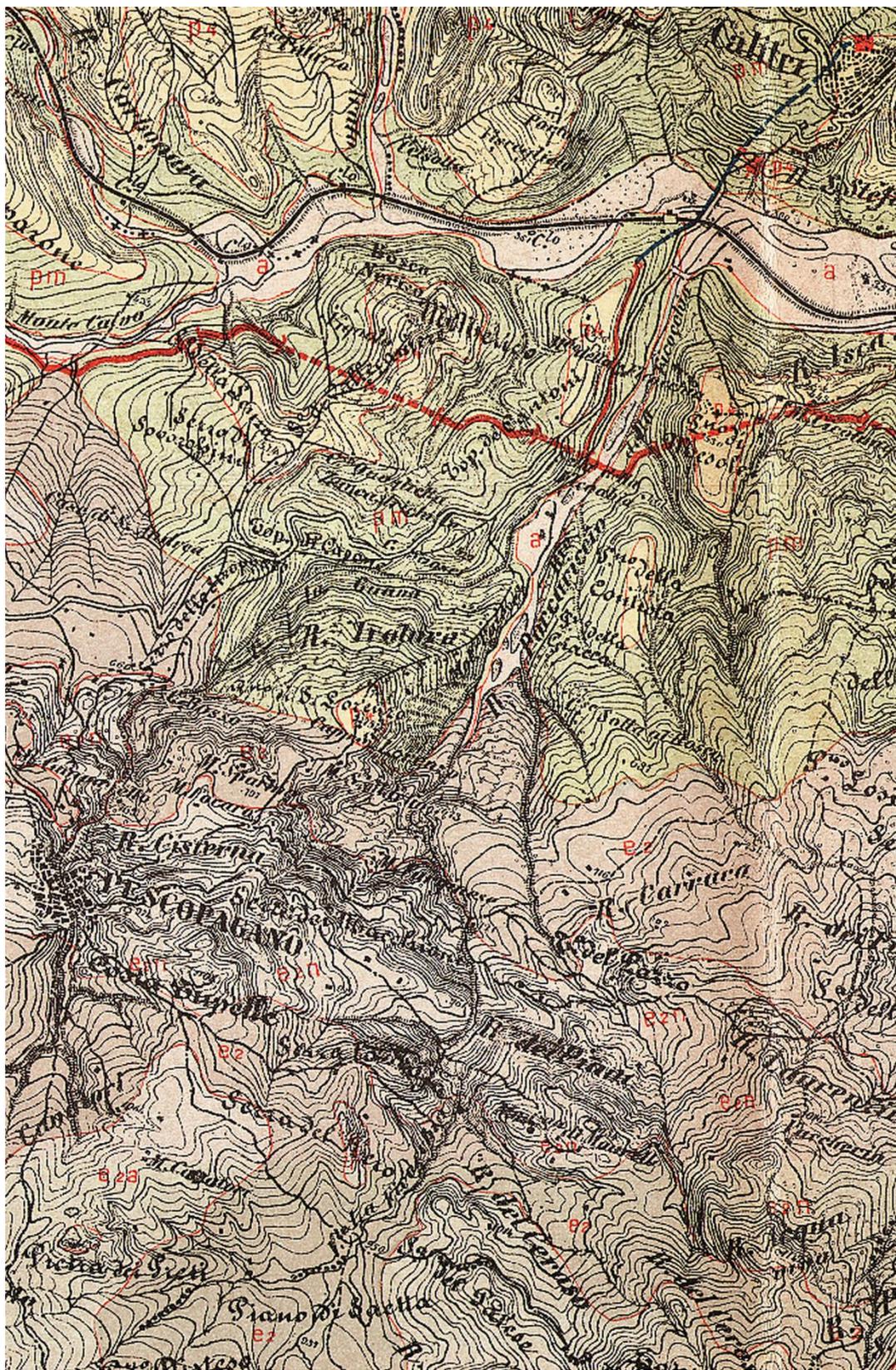


Figura 5-8 Cartografia geolitologica del 1905 con il tracciato dell'Acquedotto del Sele che taglia la valle del T. Ficcocchia poco a valle della vasca di accumulo finale. Risulta assente nella Piana del Saetta l'omonimo invaso, costruito qualche anno dopo.



Figura 5-9 Esempio di dissesto della Galleria Pavoncelli dell'EAAP a seguito del terremoto del 1980.

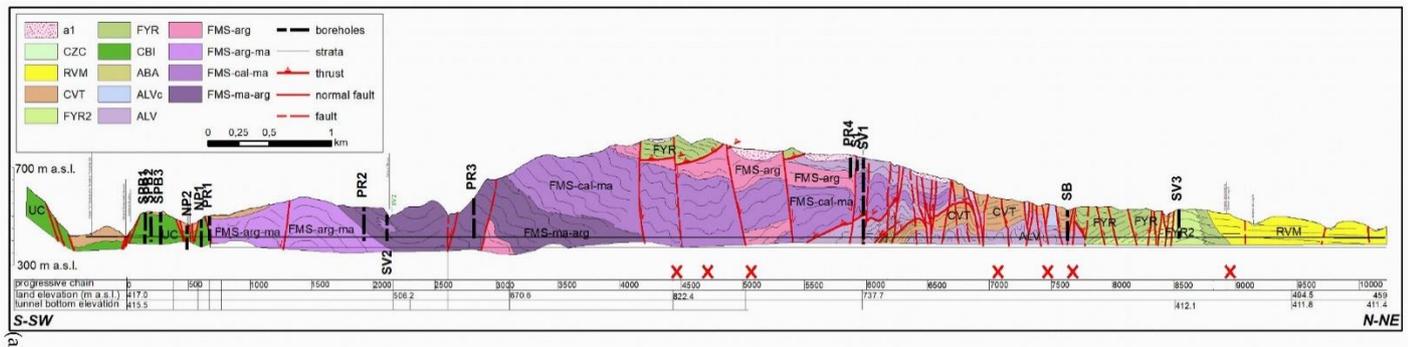


Figura 5-10 Profilo geologico della Pavoncelli bis (parallela a circa 100 m dalla Pavoncelli. Da Matano et Al., 2020). X indicano i punti di rottura dopo il sisma del 1980

5.4.2 Danni alla diga di Conza della Campania

Durante l'evento sismico avvenuto nel mese di novembre nel 1980, la diga di Conza, ancora in fase di costruzione, riportò alcuni danni:

- cedimenti differenziali sul piano di fondazione della diga.
- abbassamento di 20 cm dello sfioratore.
- danni a viadotti e alla rete ferroviaria al bordo del futuro invaso
- seri danneggiamenti alla casa di guardia in costruzione

5.4.3 Frane di prima generazione o riattivate dal sisma del 1980

Una sintesi conoscitiva sulle frane sismoindotte dal terremoto dell'Irpinia del 1980 è riportata nel lavoro: *Esposito E., Gargiulo A., Iaccarino G., Porfido S. (1996) Distribuzione dei fenomeni franosi dai terremoti dell'Appennino Meridionale. Censimento delle frane del terremoto dell'Irpinia del 1980. CNR, Convegno Internazionale «La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica», Alba 1996*, e nell'ampia bibliografia lì riportata, da cui sono estratte le note che seguono.

I danni all'ambiente fisico provocati dai terremoti di elevata intensità forniscono indicazioni non sostituibili sullo scuotimento delle diverse aree, coinvolgendo il regime delle acque sotterranee, la stabilità dei pendii ed alterando in più occasioni lo stesso paesaggio.

La ripetizione degli eventi sismici nello stesso tratto di catena fornisce elementi di interesse con la valutazione degli effetti al suolo, specie per la franosità indotta, che in genere è costituita dalla riattivazione di fenomeni preesistenti, ovvero dal distacco di crolli da pareti instabili con elevata acclività.

Il censimento delle frane riattivate con il terremoto irpino del 1980 ha fornito la posizione di 199 frane, di cui è nota la litologia coinvolta, il contesto morfologico e l'intensità sismica in sito.

L'analisi critica della distribuzione dei fenomeni franosi ha individuato alcuni aspetti importanti, tra cui la collocazione delle frane di crollo e scorrimento rotazionale, addensate nelle aree delle isosiste del X, IX, VIII e VII MSK, con il 55% del totale, mentre tutti gli scorrimenti rotazionali avvenuti nelle isosiste X, IX e VIII si verificano con tempi di ritardo fino a diverse ore

Nella Valle dell'Ofanto sono frequenti le condizioni litostratigrafiche di sovrapposizione di litologie rigide su litotipi a comportamento plastico-viscoso. In questo caso è consueto il verificarsi di scorrimenti rotazionali con superficie di rottura approfondita nella successione a comportamento duttile, come è stato riscontrato sia in Irpinia che nei dintorni di Potenza.

Tutti i crolli sono avvenuti in corrispondenza del *main shock*.

Le frane di scorrimento rotazionale, pari al 20 % del totale, si verificano in gran parte nelle isosiste di IX e VI MSK. Nel caso degli scorrimenti rotazionali le riattivazioni a grandi distanze segnalano la forte influenza di situazioni di instabilità pregresse.

Tra gli scorrimenti rotazionali più noti non si può trascurare il caso di Calitri (AV) in cui la frana di 23 milioni di mc ha coinvolto la porzione meridionale dell'abitato, provocando danni notevoli ad edifici di nuova costruzione ed alla parte più esterna del centro storico.

La sollecitazione sismica ha evidenziato la riattivazione di frane di ampia dimensione, riferibili nella totalità dei casi a "franosità avvenuta", come Buoninventre, 25-30 milioni di mc. Ritardi segnalati, fino a 72 h dal *main shock*, sono relativi al 51 % degli scorrimenti rotazionali, rappresentati da riattivazioni di frane preesistenti, mentre i crolli si addensano al tempo $t = 0$ e coinvolgono prevalentemente terreni rocciosi, nelle aree delle isosiste comprese tra il IX e VII grado.

Una considerazione porta alla conclusione che la sollecitazione sismica fa riemergere le condizioni di instabilità latenti, come nel caso dei pendii a forte acclività che danno luogo a crolli, ovvero le condizioni di instabilità di fatto, che già hanno subito una mobilitazione recente, come è il caso delle frane quiescenti.

6 ACQUE SOTTERRANEE

Con una piovosità media dell'ordine di 1000 mm/y (variabile tra 700 e 1500 mm/y, v. Appendice 1), deflussi superficiali ed infiltrazione efficace sono controllati dalle litologie in affioramento, dalla morfologia e dall'uso del suolo. Nell'area in esame prevalgono nella parte centrale e settentrionale litologie e termini formazionali a bassa permeabilità, laddove nella parte centro meridionale, caratterizzata peraltro da maggiore elevazione e morfologie più ripide, emergono formazioni flyscioidi a più elevata componente lapidea. Le coperture vegetali sono prevalentemente boschive, visivamente priva totalmente di manutenzione, e quindi molto fitte e penetrabili con difficoltà. Si presume quindi un elevato consumo di acqua per EVT e un elevato intercettamento della precipitazione prima che raggiunga il suolo. La possibilità di determinare serbatoi idrici sotterranei è quindi legata a estesi contatti in contrasto di permeabilità, permeabile su impermeabile, ovvero a masse carbonatiche imballate in depositi argillosi o detritici a componente argillosa prevalente, in qualche modo connessi con aree di alimentazione. Entrambe le situazioni, qualora presenti nell'area, non danno luogo ad acquiferi e/o punti sorgentizi significativi. Le sorgenti presenti in zona, legate per lo più ad assetti locali del Flysch Rosso, sono caratterizzate da portate generalmente inferiori a 1 l/s .

Con riferimento ai singoli termini formazionali, l'unità del Flysch Rosso è caratterizzata (in termini non generalizzabili) da argille, argilliti scagliettate e marne, pressoché impermeabili, alternate a stratificazioni raramente orizzontali di rocce carbonatiche e calcareo-marnose che costituiscono un'unità permeabile per fratturazione e raramente per carsismo. Le acque sotterranee possono risiedere e circolare quindi negli strati calcarei fratturati, in quanto tali, dotati di anisotropia di permeabilità, dovuta alla disposizione delle principali strutture, piani di strato e di fratturazione, alla loro continuità nello spazio. Gli interstrati argillosi sostengono tali circolazioni o falde, fin quando gli assetti generali formazionali risultano sufficientemente regolari e non in condizioni sconvolte. Nelle zone a più elevata presenza di termini lapidei imballati nel Flysch Rosso si determinano frequentemente serbatoi di accumulo di acque sotterranee, che danno luogo a sorgenti anche perenni, sia pure dotate di elevati indici di variabilità e modeste portate (frazioni di l/s).

I grandi ammassi detritici si comportano come terreni omogenei a causa della obliterazione presso che completa dei caratteri strutturali originali, a permeabilità variabile, normalmente bassa, dettata dalla prevalenza delle granulometrie. In generale, consentono livelli piezometrici elevati e prossimi al p.c. nelle conche erosive, situazioni queste che alimentano attraverso elevati valori delle pressioni interstiziali, filtrazioni parallele al pendio e quindi fenomeni di instabilità, per la concomitanza delle forze di filtrazione e della riduzione delle componenti di resistenza attritiva.

Più semplice la risposta idrogeologica delle argille limose grigio azzurre, impermeabili, e sottoposte in zona a classiche coperture sabbiose o ad accumuli detritici o di alterazione. Tali coperture, in virtù della maggiore permeabilità rispetto alle

sottostanti argille, determinano un acquifero di modesta potenzialità rinvenuto nel sondaggio S2 (vedi) e sicuramente estendibile all'intera area di presenza del litotipo sottomesso a termini più permeabili. Le stratificazioni sabbiose sovrastanti le argille appaiono in dx e sn del vallone Ficocchia ben stratificate, ma a granulometria spostata verso la sabbia fina e il limo. Sviluppando presumibilmente significativa capillarità ed evt, non determinano quindi episodi sorgentizi significativi, né evidenziano problematiche di instabilità delle parti alte dei versanti.

Infine i depositi alluvionali, che nel tratto in esame sono sostanzialmente associati al fondovalle dell'Ofanto e del T. Ficocchia, corrispondono sistematicamente ad acquiferi in relazione alla presenza di un bedrock tipicamente impermeabile, ed alla condizione di alimentazione da parte del corso d'acqua. Bisognerà tenerne conto nei punti in cui le opere in sotterraneo o le sponde dell'invaso di valle si avvicinano a tali corpi. I corpi alluvionali possono contenere lingue di terreni detritici provenienti dalla sponda Est, che frazionano l'acquifero, ma non modificano l'andamento generale del flusso.

Infine, l'esperienza su altre gallerie negli ammassi argillosi in Basilicata informa che ammassi argillosi omogenei e compatti, ma frazionati da fratturazioni tettoniche, soffrono di seri problemi di acque sotterranee e di tutti i fenomeni ad esse connesse proprio in corrispondenza dell'intercettamento in profondità delle sopra citate discontinuità. Queste infatti diventano linee idraulicamente conduttive verso punti a potenziale relativo zero, non sempre visibili, e quindi possono creare condizioni locali di attraversamento di fasce destrutturate, con arricchimento granulometrico per asportazione delle particelle fini, e con carichi idraulici di diverse atmosfere trasmessi anche ai fanghi generati nelle fasce di discontinuità (cfr. All. 4). Alcune scaturigini, per quanto di modesta entità, si correlano con locali fenomeni di instabilità.

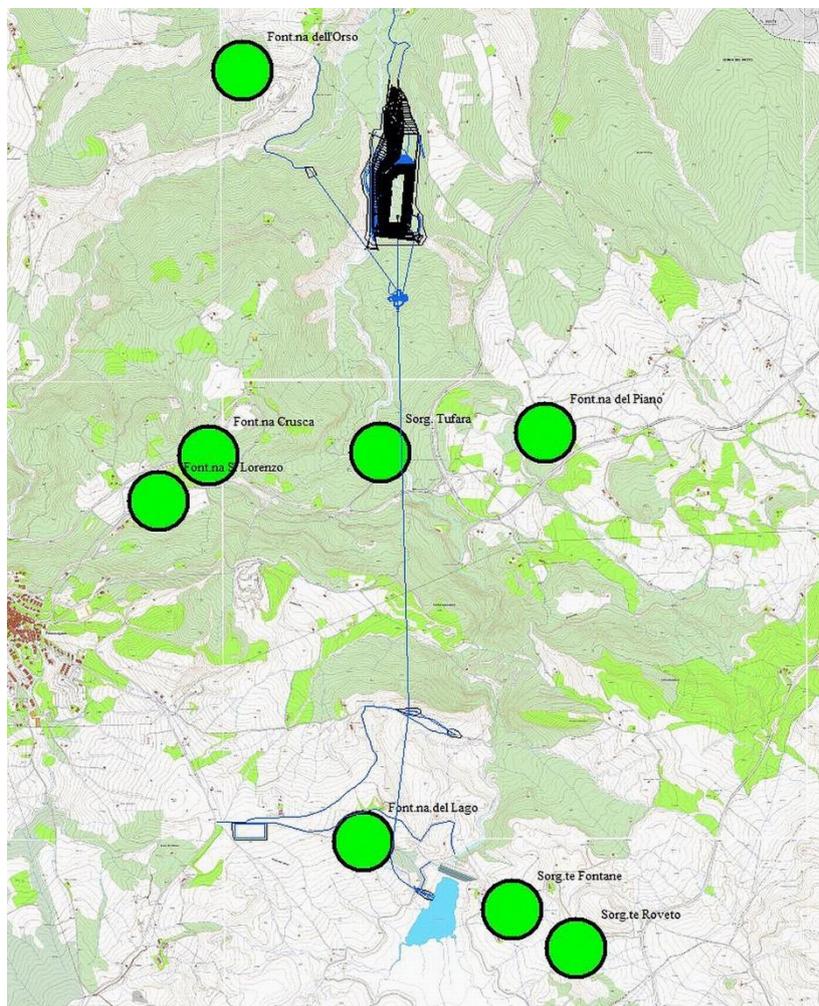


Figura 6-1 Sorgenti censite nell'area di interesse

7 INDAGINI A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE PRELIMINARE

Gli studi geologici propedeutici alla Progettazione Definitiva dell'impianto idroelettrico di Pescopagano si sono avvalsi di estensivi piani tematici ormai informatizzati e direttamente verificati e validati in sito, e da specifiche indagini in sito ed in laboratorio condotte tra il 2020 e l'inizio del 2021. In particolare, sono consistite nella realizzazione di:

- Sondaggi geognostici: n 3 in due postazioni rappresentative delle condizioni stratigrafiche e strutturali delle opere principali, il pozzo piezometrico, centrale in caverna e serbatoio di accumulo finale. Nei fori è stato possibile eseguire inoltre:

- prelievo di campioni indisturbati o rappresentativi;
- Prove geotecniche di classificazione e di resistenza in laboratorio su campioni indisturbati o rappresentativi;
- Analisi chimiche finalizzate alla classificazione delle terre da scavo su campioni rappresentativi;
- Profili della radioattività naturale gamma in foro;
- Profili termo-conduttivimetrici in foro;
- Prove dilatometriche in foro a varie profondità.

Nelle aree interessate dalle principali opere è stata condotta inoltre una campagna di indagini geofisiche ed in particolare:

- Prospezioni sismiche a rifrazione;
- Prospezioni sismiche a riflessione;
- Prospezioni sismiche in foro (cross hole) tra i fori S1 ed S1 bis e prove Down Hole nei due fori anzidetti

Infine, sono stati realizzati n 4 profili geomeccanici in aree di affioramento del membro calcareo marnoso del flysch rosso.

7.1 Sondaggi geognostici

I sondaggi geognostici sono stati terebrati in corrispondenza delle opere maggiori, in posizione condizionata dalla possibile accessibilità dei mezzi necessari all'esecuzione; nello specifico il primo sondaggio (S1) è stato eseguito in prossimità del pozzo piezometrico, interessando una profondità complessiva da piano campagna pari a circa 80 m, a carotaggio continuo. Per problemi tecnici di esecuzione, gli 80 m sono stati raggiunti con due fori di sondaggio paralleli e vicini 1 m tra loro. Il primo foro ha riguardato i primi 60 m di profondità, tutti eseguiti a carotaggio continuo; nel secondo invece si è proceduto a distruzione per i primi 60 m e a carotaggio continuo negli ulteriori 20 m. Tale situazione ha permesso un ulteriore approfondimento investigativo, ossia la realizzazione del profilo sismico di tipo Cross-Hole (vedi specifico paragrafo). Il sondaggio S1 ha interessato per i primi 7 m circa materiale limo argilloso di colore dal marrone al grigiastro, con la presenza di clasti calcarei marnosi. Sino alla profondità di 25 m circa si è riscontrata la presenza di argilliti, di colore grigio, molto frammentate. Sino a fondo foro invece si ha riscontro della presenza di calcari e calcilutiti, normalmente compatte (peso volume 2,6 g/cm³), ma affette da fasce di fratturazione.

Nel sondaggio S1 sono stati prelevati 10 campioni, in seguito sottoposti a prove di laboratorio.



Figura 7-1 Il quadratino in rosso evidenzia la posizione del pozzo piezometrico

Il secondo sondaggio (S2) è stato eseguito in prossimità dell'invaso di valle. Il sondaggio ha raggiunto la profondità di circa 60 m dal piano campagna, eseguito a carotaggio continuo. Dopo una copertura detritica eluviale prevalentemente argillo-limosa della potenza di un paio di metri, e fino alla profondità di 20 m è stato rinvenuto il deposito variamente definito in letteratura, melange tettonico o deposito di frana pleistocenico, con alternanze disordinate e disarticolate di materiali a variabile litologia: silt sabbiosi nei successivi 4 m, ghiaie negli ulteriori 3 m; alla profondità di circa 10 m da piano campagna si è avuta la comparsa di un brandello di argille siltose grigio-azzurre, seguito da calcilutiti ed ancora clasti sciolti di selce. Alla profondità di 20 m circa e sino a fondo foro si è riscontrata la presenza continua delle argille siltose grigio azzurre molto compatte della formazione di Ariano.

Nel sondaggio S2 sono stati prelevati 11 campioni, in seguito sottoposti a prove di laboratorio.



Figura 7-2 La polilinea di color magenta indica il contorno dell'invaso di valle

7.2 Prove di laboratorio

Sui campioni prelevati dai sondaggi di cui sopra sono state eseguite prove di laboratorio; a seconda della tipologia di campione le prove effettuate sono le seguenti:

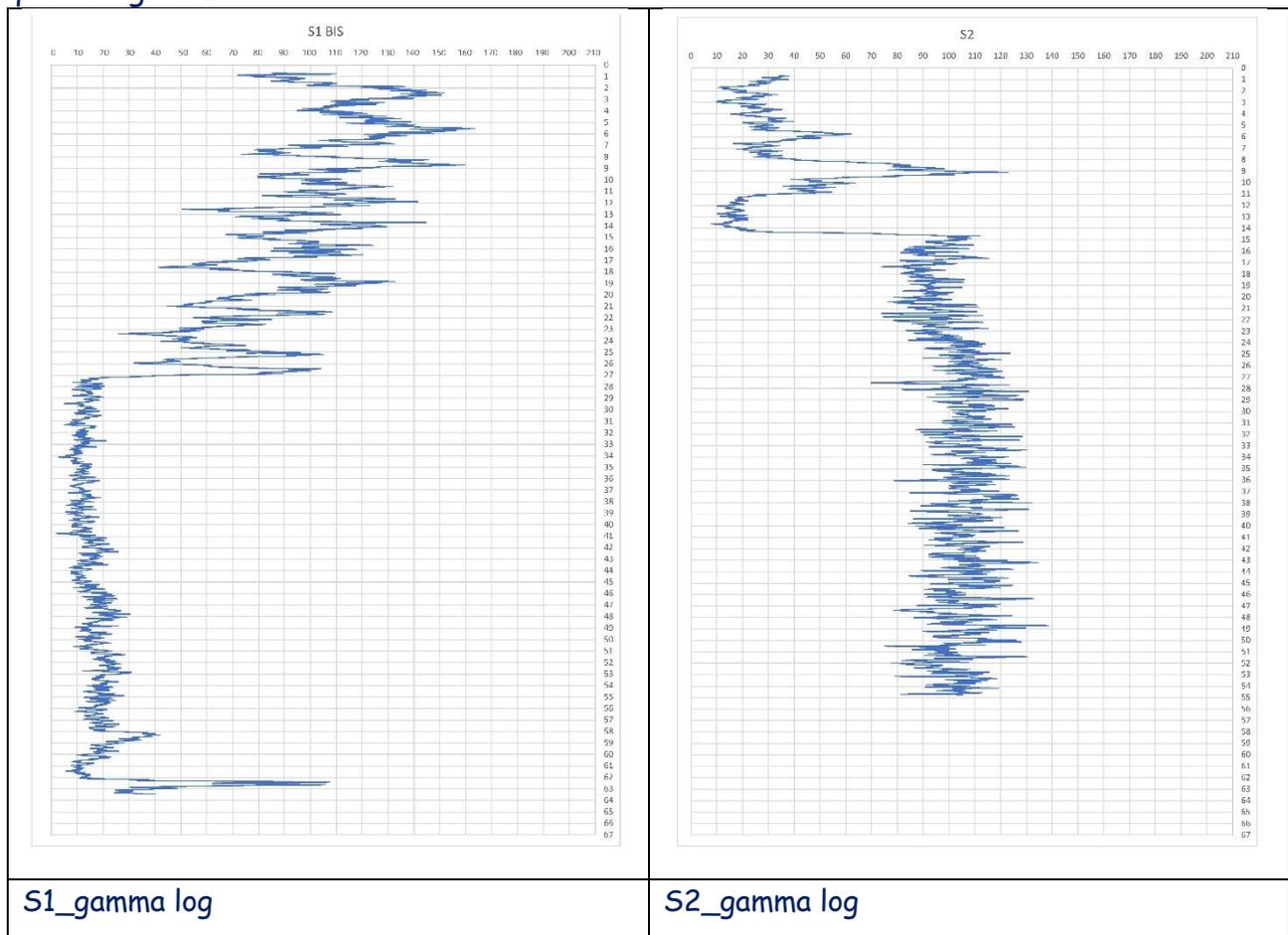
- Riconoscimento fisico, con la determinazione di:
 - Umidità naturale;
 - Peso di volume naturale;
 - Peso di volume secco;
 - Peso di volume saturo;
 - Peso specifico;
 - Indice dei vuoti;
 - Porosità;

- Grado di saturazione;
- Granulometria;
- Limite liquido;
- Limite plastico;
- Indice plastico;
- Quantità di carbonati di calcio.
- Caratterizzazione meccanica con:
 - Prova di compressione uniassiale;
 - Misura delle velocità soniche sui campioni;
 - Prove Point Load Test;

I risultati delle prove sono riassunti nell'apposito allegato dedicato (All. 8).

7.3 Profili della radioattività naturale gamma in foro

All'interno di ciascun foro di sondaggio sono state eseguite misure della radioattività naturale gamma a mezzo di apposita strumentazione. I risultati di tale indagine sono riportati nell'apposito allegato (All. 5) ove sono confrontabili con il profilo stratigrafico ed i profili da caratterizzazioni geofisiche ed idrogeologiche in foro, e riportati anche qui di seguito.



Come si evince dalle immagini, i risultati rispecchiano distintamente i dati stratigrafici rinvenuti dai sondaggi, confermando le differenze litologiche riscontrate. I profili di

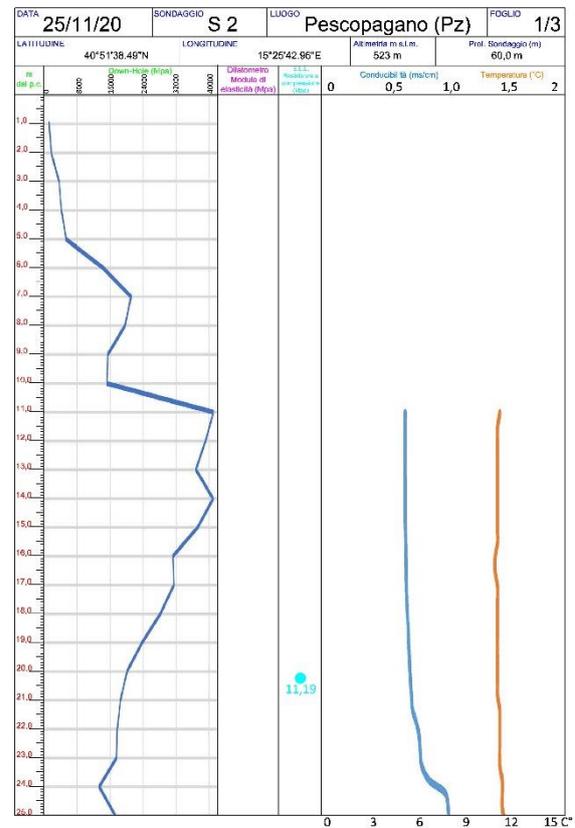
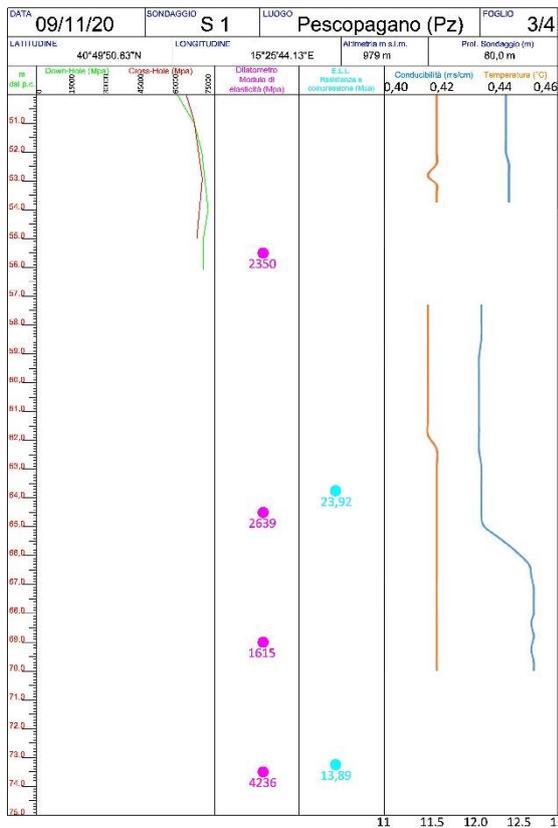
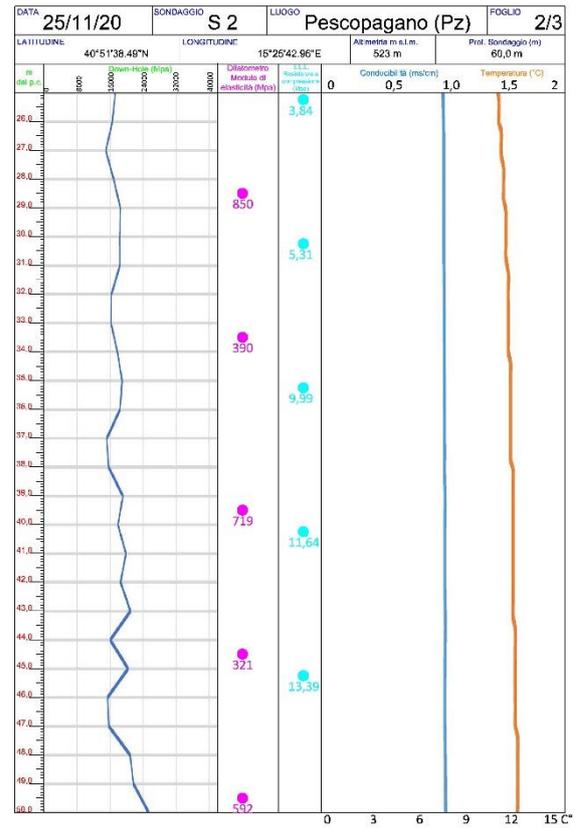
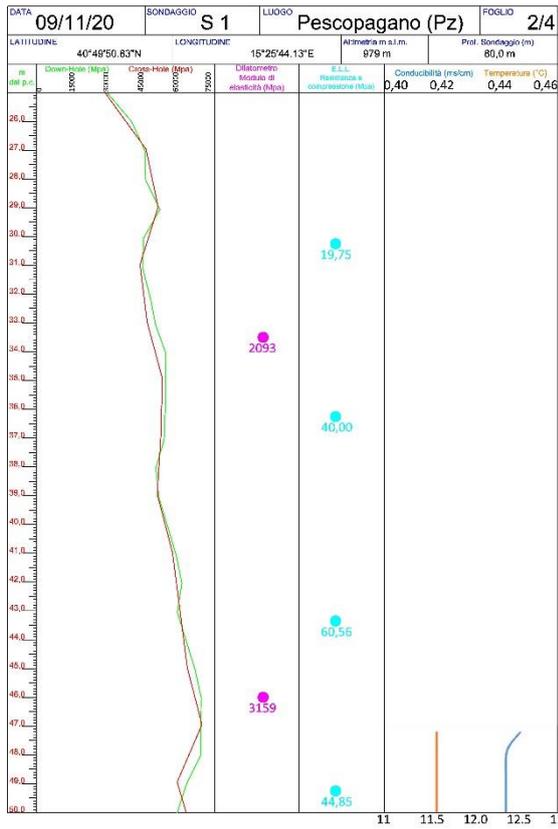
radioattività confermano le omogeneità litologiche e litotecniche degli ammassi entro cui ricadono le principali opere, le calcilutiti in S1 al di sotto dei 25 m e le argille siltose del S2 al di sotto dei 20 m.

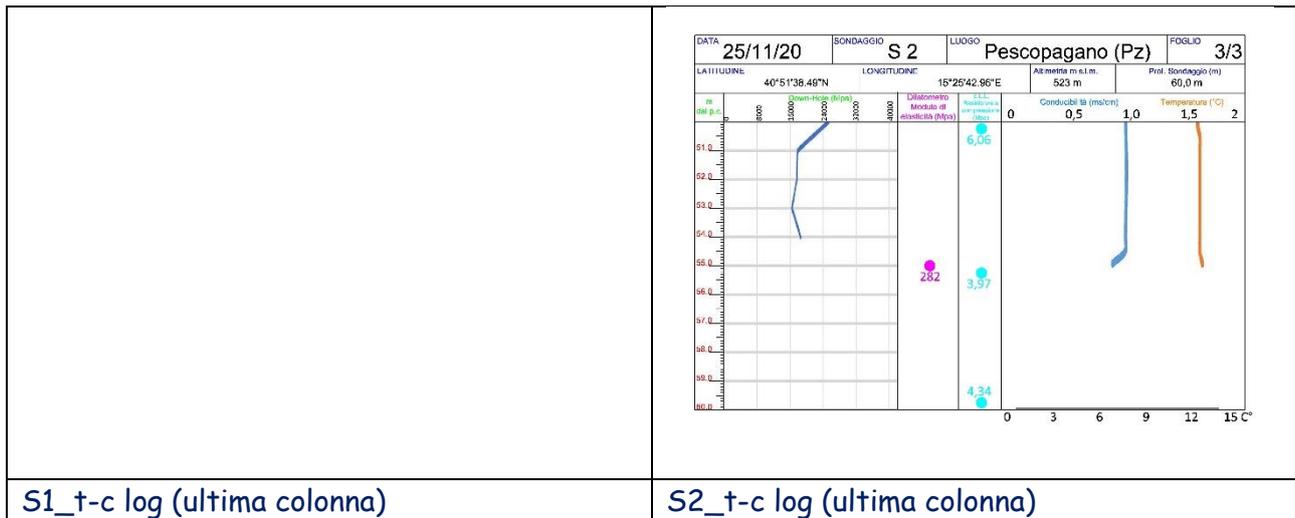
7.4 Profili termo-conduttivimetrici

Questa indagine ha rilevato il profilo della temperatura e della conducibilità elettrica dell'acqua presente nei fori di sondaggio.

Nel sondaggio S1 è stato possibile ricostruire i profili da quota 47 m da pc nel S1 e da 57 m nel S1 bis. In entrambi i casi non si tratterebbe di intercettamento di acquiferi, ma di acqua di riempimento del foro, proveniente da modesti orizzonti acquiferi perforati nella parte superiore del sondaggio.

Nel sondaggio S2 invece, è stato possibile rilevare i profili dalla quota di 11 m da pc fino a fondo foro. La colonna idrica anche in questo caso proviene dall'acquifero al passaggio tra le coperture detritiche e l'ammasso argilloso detritico sovrastante. La costanza dei valori e la persistenza di un carico di circa 1 Atm al tetto dell'ammasso evidenziano ancora una volta la buona omogeneità dell'ammasso e l'assenza di fratture idraulicamente conducibili nel foro esaminato.





7.5 Prove dilatometriche

Le prove dilatometriche in foro sono state eseguite su entrambi i sondaggi, alle diverse profondità d'interesse. Nel sondaggio S1 sono state eseguite 6 prove a profondità dai 33 ai 75 metri circa, e nel secondo sondaggio S2 a profondità dai 28 ai 55 metri.

I valori del modulo di elasticità riscontrati nei vari sondaggi sono determinati in funzione di cicli di carico e delle deformazioni conseguenti.

Dilatometro (S01)	
m	MPa
Profondità	Modulo di Elasticità (Mpa)
33,5	2093
46	3159
55,5	2350
64,5	2639
69	1615
73,5	4236

Dilatometro (S02)	
m	M
Profondità	Profondità
28,5	28,5
33,5	33,5
39,5	39,5
44,5	44,5
49,5	49,5
55	55

Le prove sono state eseguite quasi tutte con tre cicli di carico, ognuno di questi a differenti pressioni, a seconda della litologia del caso. Infatti nel sondaggio S1 sono stati utilizzati cicli di carico aventi pressioni massime e minime rispettivamente di 10-8 MPa, 22-10 MPa, 38-8 MPa, mentre nel sondaggio S2 sono stati utilizzati cicli a pressioni minori, rispettivamente di 6-3 MPa, 12-10 MPa, 26-8 MPa.

I moduli in tabella fanno riferimento all'ultimo ciclo di carico effettuato.

Nel sondaggio S1 il modulo cresce con la profondità con valori congruenti con la litologia lapidea attraversata. Diversi i risultati relativi al sondaggio S2, i cui valori sono di un ordine di grandezza inferiori, ma riferiti ad una litologia molto diversa, argille limose fortemente diagenizzate. Lascia perplessi il valore del coefficiente di Poisson assegnato a tale litologia, non congruente con la stessa (0,25 contro valori decisamente superiori che ci si attenderebbe in materiali a rilevante frazione argillosa).

7.6 Indagini geofisiche

Nelle aree interessate dalle principali opere è stata condotta una campagna di indagini geofisiche ed in particolare:

- N 7 profili di sismica a rifrazione;
- N 7 profili di sismica a riflessione;
- Una prospezione sismica tra fori (cross hole) tra i fori S1 ed S1 bis.

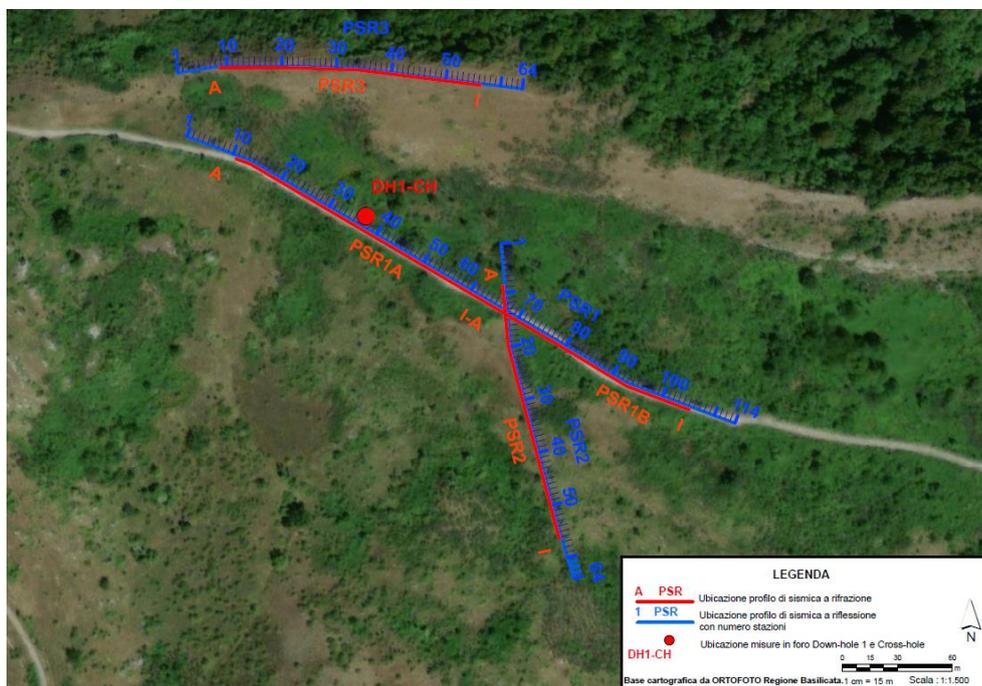


Figura 7-3 Indagini geofisiche zona pozzo piezometrico

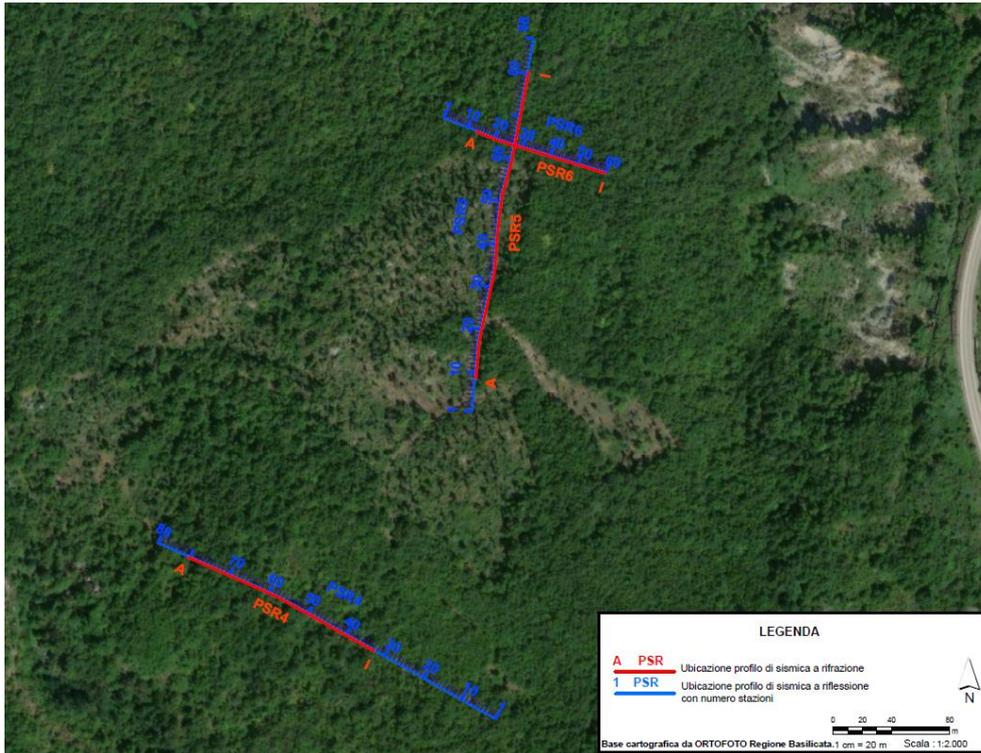


Figura 7-4 Indagini geofisiche zona centrale in caverna

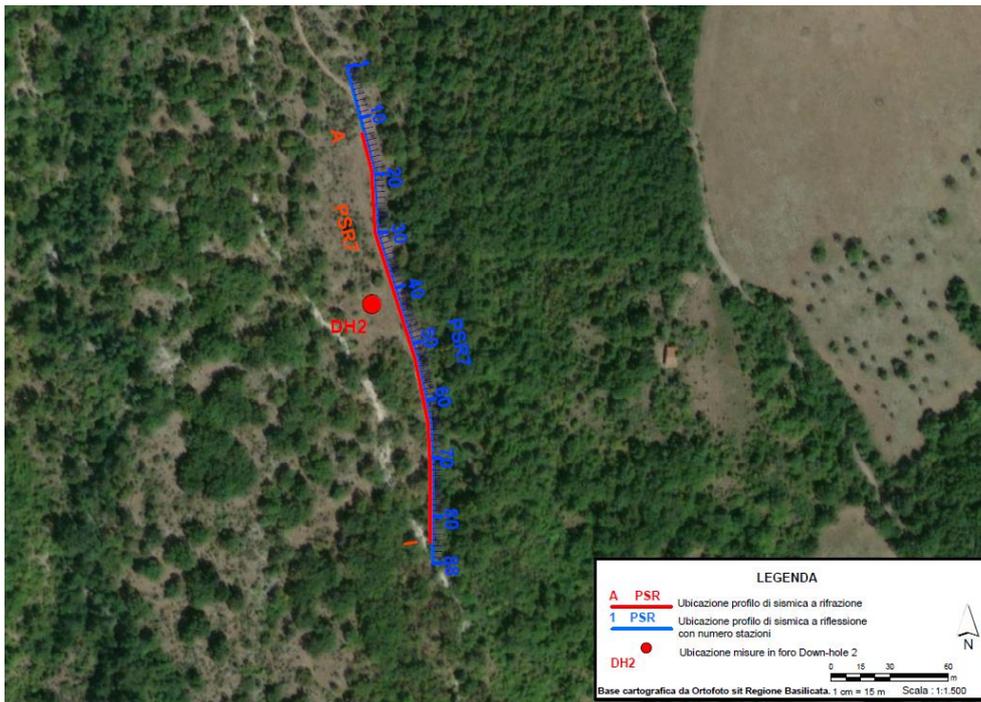


Figura 7-5 Indagini geofisiche zona invaso di valle

7.6.1 Sismiche a rifrazione

Sono stati eseguiti 7 profili sismici a rifrazione, 3 in corrispondenza della zona del pozzo piezometrico, 3 nella zona corrispondente alla centrale in caverna ed 1 in corrispondenza dell'invaso di valle, così suddivisi:

- Zona Pozzo Piezometrico: Profilo 1A e 1B, Profilo 2 e Profilo 3;
- Zona Centrale in caverna: Profilo 4, Profilo 5 e Profilo 6;
- Zona Invaso di valle: Profilo 7.

Le tomografie sono riportate nell'All. 6.

L'indagine permette di ricavare il modello di velocità del sottosuolo, utile anche per la successiva interpretazione dei dati di sismica a riflessione. Infatti le velocità medie riscontrate sono state utilizzate per la conversione dei tempi in profondità e, quindi, il giusto posizionamento dei riflettori individuati nel sottosuolo. Per ciò che riguarda i sedimenti più profondi, l'attribuzione delle profondità è stata effettuata sulla base dell'analisi di velocità relativa ai sismogrammi di sismica a riflessione.

Nella zona del pozzo piezometrico l'indagine ha messo in evidenza, nei primi due profili eseguiti, la presenza degli strati meno competenti nei primi 15-20 metri, vedi limi argillosi e argilliti frammentate, che giustificano velocità crescenti ma non superiori ai 2000 m/s; a profondità maggiori il passaggio è nettamente rivelato, passando a velocità di 3000 m/s e superiori, dichiaratamente di materiali molto duri e compatti, come evidenziato dal sondaggio, con calcari e calcilutiti. Quest'ultima presenza non è stata rilevata dal profilo 3 in quanto eseguito a quote maggiori.

In prossimità della zona della centrale in caverna l'indagine ha messo in evidenza il passaggio alle velocità superiori ai 3000 m/s a profondità che si aggirano intorno a 40 m da piano campagna. La copertura sui materiali più addensati dovrebbe riferirsi ai detriti tettonici.

Il profilo 7, realizzato in prossimità dell'invaso di valle, ha evidenziato velocità comprese tra i 1500 m/s e massimo 2000 m/s nei primi 20 m circa a conferma della presenza degli strati alterati e frammentati afferenti al cosiddetto melange tettonico o deposito di frana pleistocenico; velocità sismiche superiori ai 3000 m/s si rinvennero a profondità di circa 25-30m, ossia lì dove inizia l'ammasso di argille siltose grigio-azzurre molto compatte.

7.6.2 Sismiche a riflessione

Gli stendimenti di sismica a riflessione coincidono con quelli di sismica a rifrazione, di cui utilizzano i risultati per le relative interpretazioni.

Nel profilo 1 è presente un primo riflettore posizionabile a profondità compresa tra 20 e 30 metri; altri segnali riflessi sono presenti in modo discontinuo, e corrispondono alle profondità comprese tra 110 e 170 m. Tra questi riflettori più profondi sono state rilevate delle discontinuità verticali.

Nel profilo 2 è presente un primo riflettore posizionabile a profondità tra 20 e 27 metri; altri segnali riflessi sono presenti in modo continuo e si approfondiscono nella zona centrale del profilo. Essi corrispondono alle profondità comprese tra 50 e 150 m. Tra questi riflettori più profondi sono stati rilevati delle discontinuità verticali.

Nel profilo 3 è presente un primo riflettore posizionabile a profondità tra 45 e 70 metri; altri segnali riflessi hanno andamento discontinuo e sono corrispondenti alle profondità comprese tra 90 e 150 m. Sono state rilevate anche delle discontinuità verticali.

Profili 4, 5 e 6 (zona centrale in caverna). Nel profilo 4 è presente un primo riflettore posizionabile a profondità tra 30 e 40 metri; altri segnali riflessi sono presenti in modo discontinuo e sono corrispondenti alle profondità comprese tra 60 e 180 m. Tra questi riflettori più profondi sono state rilevate delle discontinuità subverticali.

Nel profilo 5 è presente un primo riflettore posizionabile a profondità tra 40 e 50 metri; altri segnali riflessi sono presenti in modo discontinuo e sono corrispondenti alle profondità comprese tra 60 e 180 m. Tra questi riflettori più profondi sono state rilevate delle discontinuità verticali.

Nel profilo 6 è presente un primo riflettore posizionabile a profondità tra 30 e 40 metri; altri segnali riflessi sono presenti in modo discontinuo, corrispondenti alle profondità comprese tra 70 e 150 m. Tra questi riflettori più profondi sono state rilevate discontinuità verticali.

Nel profilo 7 (zona invaso di valle) è presente un primo riflettore posizionabile a profondità media di circa 20 metri; altri segnali riflessi sono presenti in modo discontinuo che corrispondono alle profondità comprese tra 70 e 150 m, segue un riflettore continuo che rappresenta il substrato riflettore ed è posizionabile ad una profondità compresa tra 160 e 210 metri. Nell'ambito del profilo 7 non sono state rilevate discontinuità verticali di rilievo.

7.6.3 Sismiche in foro

Sono state effettuate delle sismiche in foro, nei sondaggi effettuati, e nello specifico:

- Down-Hole 1: nel sondaggio S1 - Zona Pozzo piezometrico
- Cross-Hole 1: nel sondaggio S1 - Zona Pozzo piezometrico
- Down-Hole 2: nel sondaggio S2 - Zona Invaso di valle

Per quanto riguarda i sondaggi Down-Hole, questi sono stati eseguiti con geofono da foro tridimensionale (14Hz) con 5 tracce in uscita; la prima traccia è relativa alla componente longitudinale, le tracce da 2 a 5 si riferiscono alle componenti trasversali (N-S e E-W).

Le misure sono state effettuate per ogni metro di profondità fino alle profondità di 56 m, nel sondaggio S1, e 54 m, nel sondaggio S2. Non è stato possibile raggiungere il fondo dei fori poiché risultavano occlusi durante le operazioni di inserimento della sonda. Le sorgenti, sia per generare le onde P e sia per generare le onde Sh, sono state posizionate

in superficie ad una distanza di 2 metri dal boccaforo. Per le onde Sh sono state eseguite due energizzazioni (lato destro e sinistro) trasversali e bidirezionali.

Per quanto riguarda il profilo Cross-Hole, questo è stato eseguito tra il foro S1 ed un foro adiacente, opportunamente predisposto per la prova, posto ad una distanza di 1.90 metri da S1. È stato utilizzato lo stesso sismografo e la stessa sorgente da foro adoperata per l'indagine Down-Hole ed una sorgente meccanica costituita da un pistone libero di muoversi all'interno di una guida in ferro. Il pistone, mediante una cordicella collegata ad esso, viene fatto scorrere all'interno della guida in modo da urtare contro le estremità della stessa per generare le onde sismiche. Tutte le misure sono state effettuate ogni 2 metri di profondità e, precisamente, tra le profondità di 1 e 55 metri. Le tabelle dei risultati sono riportate nell'apposito All. 6.

7.7 Rilievo geomeccanico

I rilievi geomeccanici hanno interessato aree di affioramento del Flysch Rosso, ad est di Pescopagano, nel bacino idrografico del torrente Ficocchia. Sono state eseguite 4 "Scanline", scelte in corrispondenza di alcuni affioramenti del membro calcareo-marnoso della formazione geologica, costituiti da alternanze di calcareniti, calcilutiti e brecce calcaree, in strati e banchi di spessore pluridecimetrico. Il contesto geologico-strutturale è complesso e articolato, con presenza di strutture tettoniche che dissecano le formazioni geologiche affioranti. Alla scala di affioramento, i calcari si presentano intensamente fratturati, con diversi set di discontinuità e abbondante presenza di calcite, e localmente con evidenza di fasce cataclastiche.

Per ogni "Scanline" sono stati rilevati una serie di dati con riferimento alle discontinuità presenti, e nello specifico:

- Orientazione e giacitura;
- Apertura;
- Spaziatura;
- Persistenza;
- Rugosità;
- Riempimento.

La fase di elaborazione dei dati ottenuti ha lo scopo di definire le principali famiglie di discontinuità presenti nell'affioramento e di attribuire a ciascuna di esse i valori rappresentativi per la loro caratterizzazione. Sulla scorta di tali elaborazioni ogni singola "scanline" è stata caratterizzata geomeccanicamente, con la restituzione dei dati geotecnici necessari.

Scanline 1	Scanline 2	Scanline 3	Scanline 4
$c = 260$ [kPa]	$c = 250$ [kPa]	$c = 250$ [kPa]	$c = 225$ [kPa]
$\varphi = 31.00$ [°]	$\varphi = 30.00$ [°]	$\varphi = 30.00$ [°]	$\varphi = 27.50$ [°]

Tutti i risultati e le elaborazioni del caso sono contenute nell'apposito elaborato All. 9.

8 CONDIZIONI GEOLOGICHE RELATIVE ALLE OPERE PRINCIPALI

Sulla base delle informazioni geologiche note e corroborate dai risultati delle nuove indagini eseguite, è stato sviluppato un modello geologico cartograficamente riassunto nell'All.1. Sono stati sviluppati anche modelli geologici trasversali, la cui affidabilità è legata alle informazioni di superficie ed in alcuni casi, a informazioni profonde. Tali valutazioni portano ai modelli di sezioni geologiche riportate nella tav. Allegato 2.

In funzione delle posizioni delle opere desunte dal progetto e delle conoscenze maturate, si forniscono informazioni di maggior dettaglio circa l'ambiente geologico interessato dalle opere stesse.

8.1 Opera di presa

L'opera consiste essenzialmente in un canale in calcestruzzo armato lungo circa 65 metri. La quota di fondo di tali canali è posizionata a circa 7m al di sotto dell'attuale quota di fondo dell'invaso. Il posizionamento dell'opera è stato modificato per aggirare il corpo di frana presente sulla sponda dell'invaso a NO. Questo corpo di frana risulta (cfr. Figura 8-1) stabilizzato con drenaggi a Y e un'unghia al piede in pietrame calcareo.

Lo schema d'impianto è quello rappresentato in Figura 8-2. Le litologie ricadono tra quelle del Flysch Galestrino e del Flysch Castelvetero.

Nella nuova posizione, l'imbocco rasenta ad W un'area affetta da instabilità marcata morfologicamente da due cigli contigui; il tracciato subito dopo sottopassa un'area indicata nel PAI vigente come PG3. Si tratta di movimenti superficiali di modesto spessore, che non interferiscono con la condotta.



Figura 8-1 Corpo diga del bacino del Saetta



Figura 8-2 Opera di presa in progetto



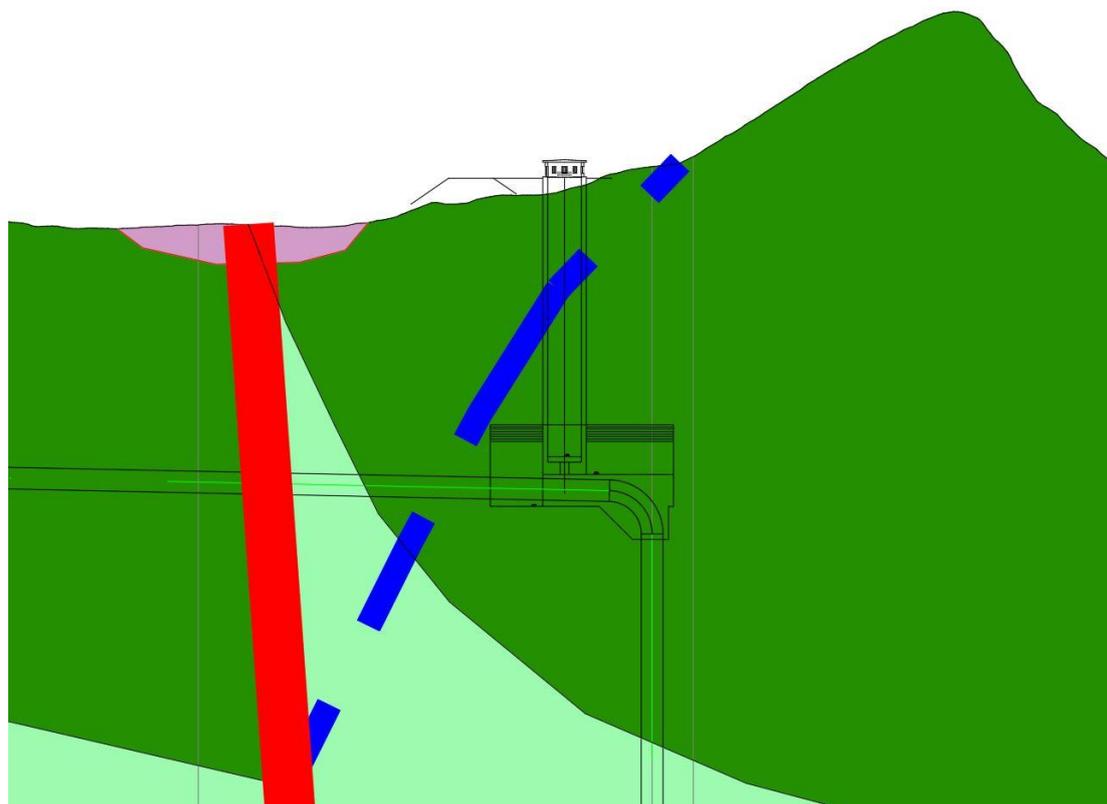
Figura 8-3 Opera di presa in progetto con carta delle frane. In rigato nero l'area di cantiere.

8.2 Pozzo piezometrico

L'opera, posizionata sulla condotta forzata ad 1 km circa dalla camera delle paratoie, consiste in un pozzo del diametro DN 6.800 mm e altezza 60 m. In superficie l'opera interessa geologicamente il Flysch Rosso membro Calcareo-marnoso. Dalla profondità di 25 m dal pc (sondaggio S1 e indagini geofisiche) il flysch Rosso viene rappresentato da una unica litologia, calcilutiti compatte, con alcune fasce di fratturazione.

Nell'area di interesse sono presenti almeno due faglie ai margini di una profonda sinclinale.

In corrispondenza del pozzo la condotta forzata si approfondisce di altri 290 m, rimanendo, sulla base dell'informazione geofisica che ne copre parzialmente la profondità, negli stessi termini formazionali del Flysch Rosso, membro calcareo marnoso, per poi passare secondo indicazioni di letteratura nei termini della serie calcareo-silico-marnosa.



 Flysch Rosso

 Flysch Galestrino e sottostanti terreni della serie "Calcareo-Silico-Marnosa"

Figura 8-4 Stralcio di sezione geologica in corrispondenza del pozzo piezometrico

8.3 Condotta forzata - I tratto (tra opera di presa e pozzo piezometrico)

Condotta in galleria, del diametro DN 4.400 e lunga circa 1110 m con pendenza al 2%, scavata con "metodo tradizionale", che collega la camera delle paratoie di monte con il pozzo piezometrico. La galleria verrà scavata da due fronti:

- un fronte parte dall'invaso di Saetta
- un fronte parte dalla finestra alla base del pozzo piezometrico, verso monte.

Il primo fronte, interesserà nella prima fase il Flysch Galestrino sottostante una coltre detritica in frana; a seguire attraverserà il Flysch Rosso, membro Calcareo. Il secondo fronte interesserà il Flysch Galestrino prima ed il Flysch Rosso Calcareo a seguire (zona coperta dal S1 e da indagine geofisica).

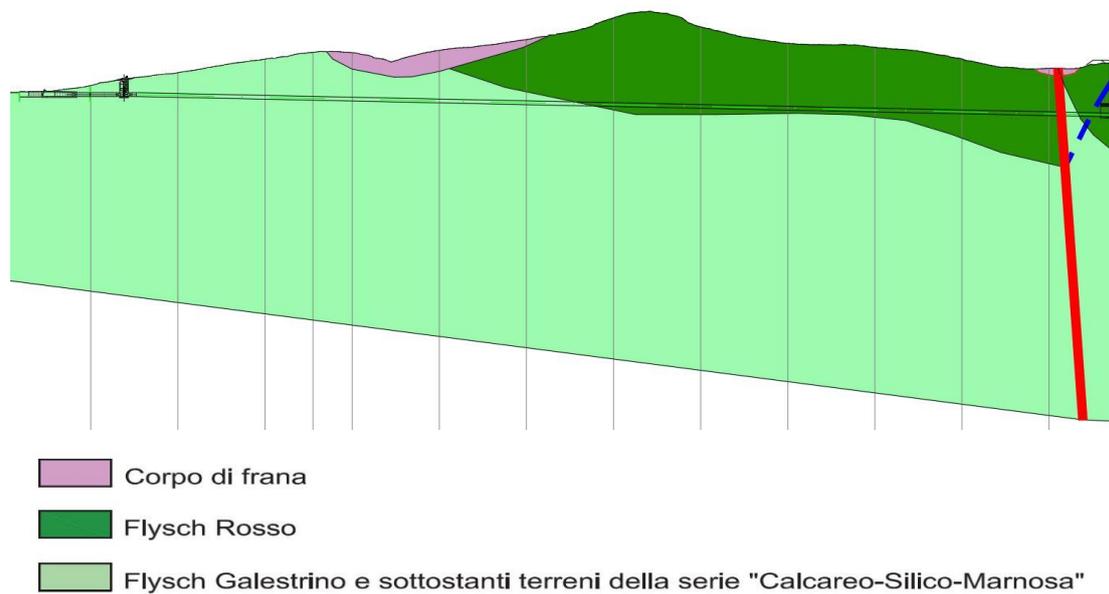


Figura 8-5 Stralcio di sezione geologica nel primo tratto di condotta forzata

8.4 Finestra di accesso al pozzo piezometrico

Consiste in una galleria rettilinea, lunga circa 220 m con pendenza del 10% circa, che avrà come funzione principale di viabilità di servizio (accesso mezzi di scavo e uscita smarino derivante dagli scavi), mentre durante il normale funzionamento dell'impianto sarà la via di accesso per le attività di ispezione e manutenzione.

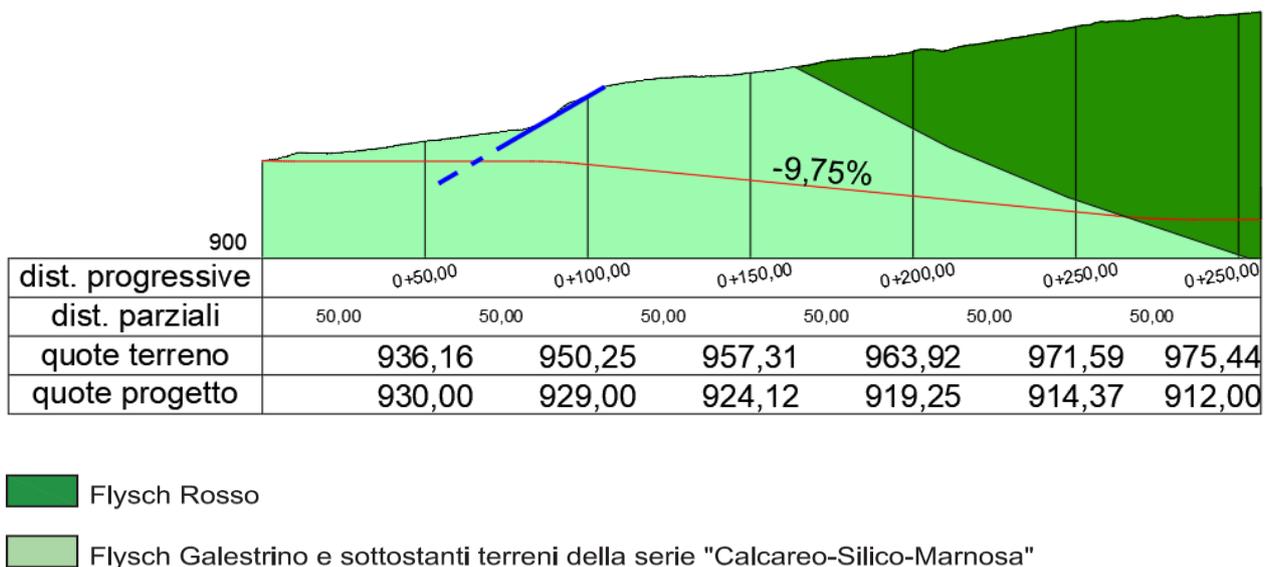


Figura 8-6 Stralcio di sezione geologica in corrispondenza della galleria di accesso al pozzo piezometrico

La galleria attraverserà le due litologie che caratterizzano la zona circostante, ossia Flysch Rosso Calcareo e Flysch Galestrino; il portale d'ingresso sarà ubicato in corrispondenza della viabilità prospiciente.

8.5 Condotta forzata - II tratto (tra pozzo piezometrico e centrale in caverna)

Distinguiamo diversi tratti (cfr. Allegato 4):

Primo tratto, con condotta in pozzo verticale del diametro DN 4.400, dalla camera del pozzo piezometrico si diparte con salto verticale di circa 290 m. In questo tratto la condotta forzata si approfondisce rimanendo in un primo tratto nella litologia calcarea del Flysch Rosso; nel tratto a maggiore profondità si dovrebbe entrare secondo indicazioni di letteratura nei termini della serie calcareo-silico-marnosa, con scarsa differenziazione sotto il profilo tecnico secondo i risultati della geofisica profonda.

Oltre alle diverse litologie (Flysch Rosso Calcareo e Flysch Galestrino), il tratto in esame attraversa diverse faglie e pieghe (sinclinali e anticlinali). Non sono prevedibili severe condizioni idrogeologiche, mentre è possibile l'intercettazione di idrocarburi.

Segue un secondo tratto lungo circa 2.450 m con pendenza del 8% ed un terzo tratto lungo circa 140 m in cui la condotta principale subisce due serie di biforcazioni e, dopo la centrale, due serie di raccordi. Queste diramazioni sono contenute all'interno di apposite gallerie scavate in tradizionale, che collegano il pozzo piezometrico con la centrale in caverna. La galleria principale sarà scavata tramite TBM, da valle verso monte (fino al vertice inferiore del pozzo verticale che ospita la condotta forzata).

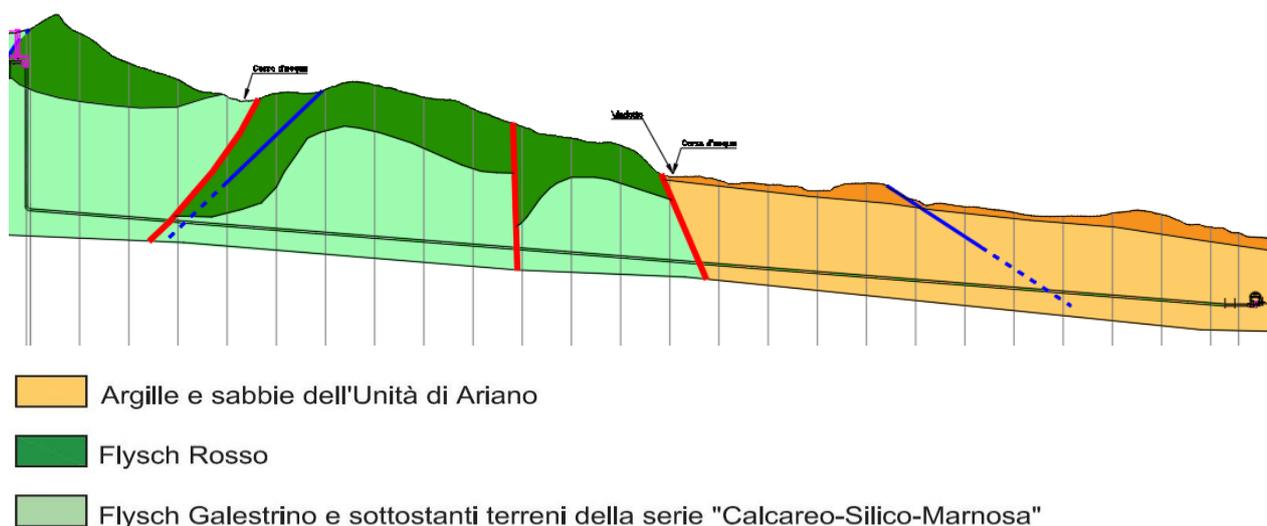


Figura 8-7 Stralcio di sezione geologica in corrispondenza della condotta principale

8.6 Centrale in caverna

Da realizzare alla profondità di 100 m al di sotto del piano campagna, consiste in una struttura dalle dimensioni in pianta di 107x20 m, ed alta circa 30 m.

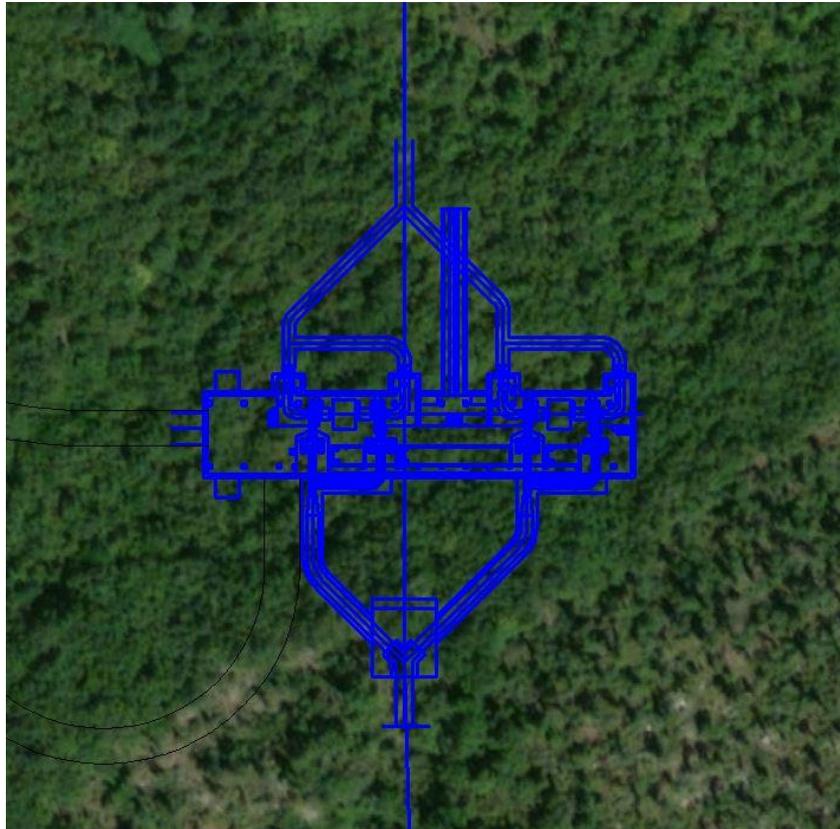
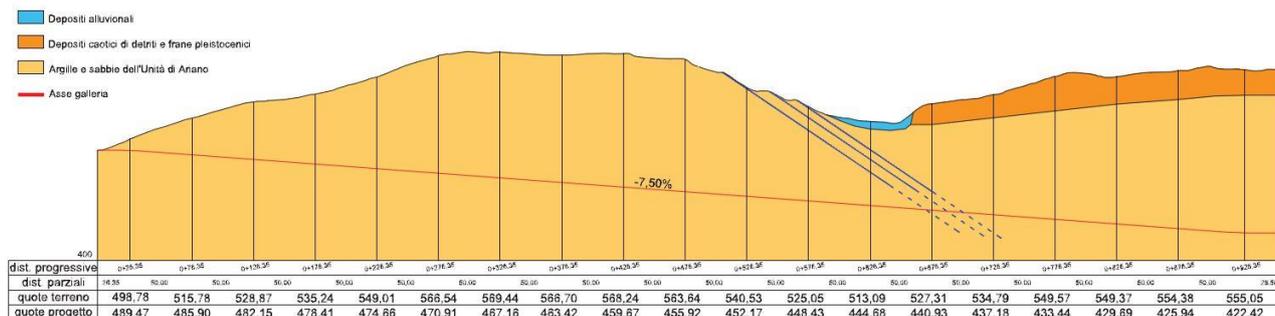


Figura 8-8 Centrale in caverna su ortofoto

La litologia che caratterizza il volume interessato dallo scavo sarà rappresentata dall'Unità di Ariano nel termine delle argille e limi grigio azzurri; tale unità è ricoperta in superficie da detriti eterogenei dello spessore di circa 25 - 30 m. L'ammasso limoso argilloso entro cui ricade la centrale è il colmamento pliocenico di un graben tettonico. I sedimenti marini risultano sottoposti per sovrascorrimento o per frana (variano dimensione ed epoca) ai termini più antichi. L'integrità dell'ammasso è segnata da fratturazione tettonica, ben evidente nel modello digitale del terreno. Gli elementi di controllo disponibili non evidenziano attività di tali fratture.

8.7 Galleria di accesso alla centrale in caverna

L'accesso alla centrale in caverna sarà reso possibile da una galleria rettilinea della lunghezza di circa 900 m con pendenza del 7,50% circa, il cui portale sarà collocato in prossimità di viabilità esistente.



- Depositi alluvionali
- Depositi caotici di detriti e frane pleistocenici
- Argille e sabbie dell'Unità di Ariano

Figura 8-9 Stralcio di sezione geologica in corrispondenza della galleria di accesso alla centrale in caverna

La litologia che caratterizza lo sviluppo longitudinale dello scavo della galleria è rappresentata dall'Unità di Ariano (nella porzione delle argille e limi grigio azzurri), così come anche la porzione interessata dall'ubicazione del portale di accesso.



Figura 8-10 Vista panoramica della zona di imbocco della galleria di accesso alla centrale in caverna

8.8 Condotta forzata - III tratto (tra centrale in caverna e invaso di valle)

Condotta in galleria del diametro DN 4.400, lunga circa 390 m con pendenza del 10%, che collega la centrale in caverna con l'invaso di valle. La galleria verrà realizzata da un unico fronte da valle tramite TBM, quindi partendo dall'invaso per arrivare in centrale.

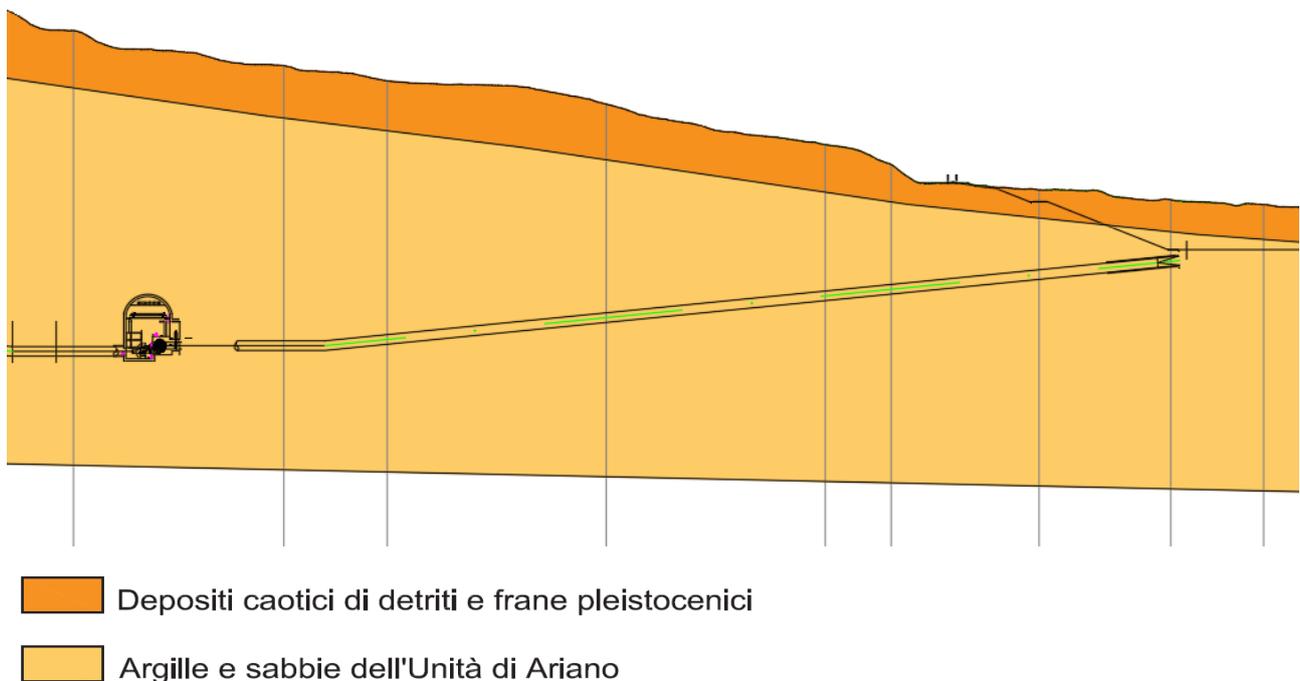
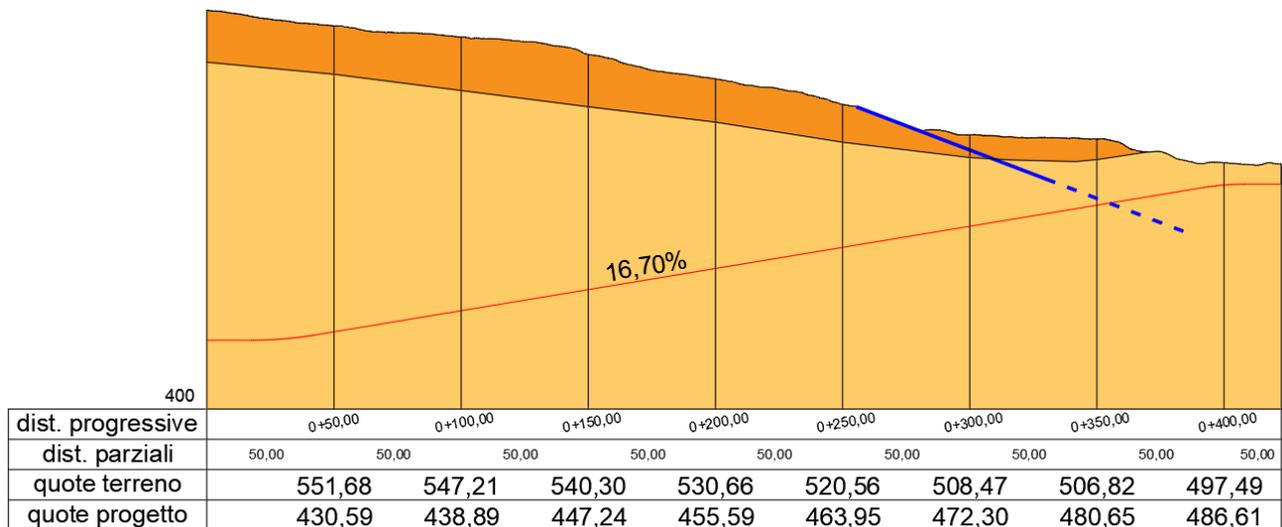


Figura 8-11 Stralcio di sezione geologica in corrispondenza dell'ultimo tratto di condotta forzata

Anche in questo caso, così come la centrale in caverna, la litologia interessata dalla perforazione è caratterizzata dall'Unità di Ariano (nella porzione delle argille grigio azzurre); nel primo tratto, quello più superficiale è caratterizzato da coperture detritiche eterogenee.

8.9 Cunicolo delle sbarre

Cunicolo della lunghezza di 400 m circa con pendenza al 17%, realizzato tra la centrale in caverna e la sottostazione elettrica, con lo scopo di consentire l'alloggiamento di sbarre pe il convogliamento dell'energia prodotta dalla centrale alla sottostazione.



 Depositi caotici di detriti e frane pleistocenici

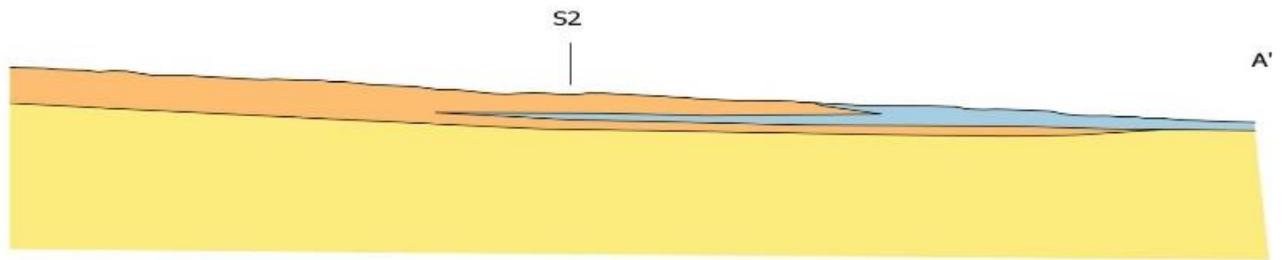
 Argille e sabbie dell'Unità di Ariano

Figura 8-12 Stralcio di sezione geologica in corrispondenza della galleria delle sbarre

La litologia che caratterizza lo sviluppo longitudinale dello scavo del cunicolo è rappresentata dall'Unità di Ariano (nella porzione delle argille grigio azzurre).

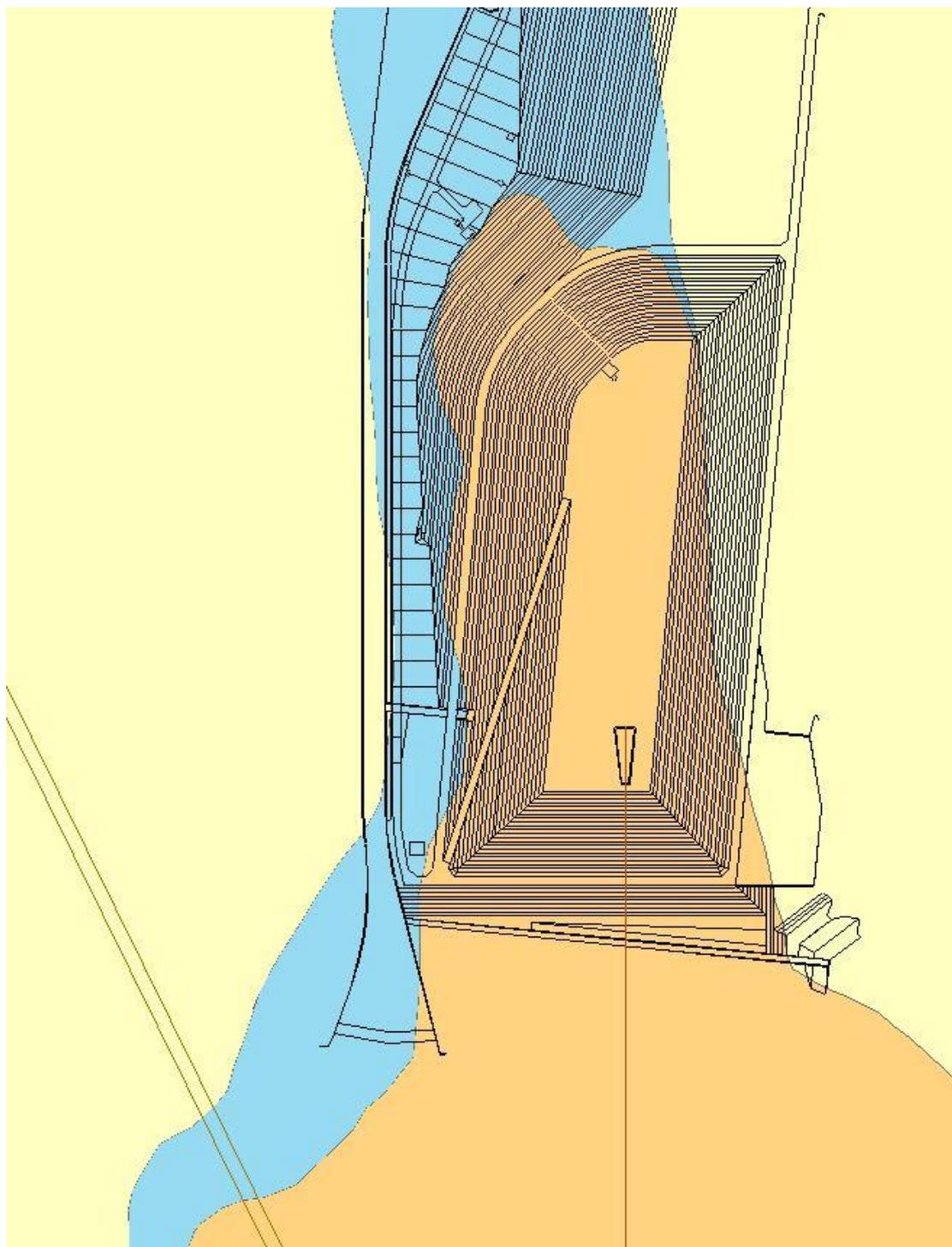
8.10 Invaso di valle

Di forma allungata, pseudo-ellittica avrà dimensioni in pianta di circa 400x200 m, e coronamento alto fin oltre 30 m. La realizzazione dell'invaso prevede lavorazioni in scavo e in rilevato; la porzione in scavo, interessa i depositi alluvionali, le coperture detritiche eterogenee per una profondità di 30 m circa. L'instabilità tettonica determina l'anastomizzazione tra i depositi alluvionali e le coltri detritiche, che hanno spinto progressivamente l'idrografia di superficie verso il bordo W del graben. La sponda Est incide nella parte più a nord secondo l'attuale configurazione i limi e argille della formazione di Ariano.



- Depositi alluvionali
- Depositi caotici di detriti e frane pleistocenici
- Argille e sabbie dell'Unità di Ariano

Figura 8-13 Stralcio di sezione geologica in corrispondenza dell'invaso di valle



- Depositi alluvionali
- Depositi caotici di detriti e frane pleistocenici
- Argille e sabbie dell'Unità di Ariano

Figura 8-14 Stralcio di carta geologica in corrispondenza dell'invaso di valle

9 APPROFONDIMENTI IN AREE POTENZIALMENTE CRITICHE

9.1 Sponde dell'invaso del Saetta

L'invaso sul Torrente Ficocchia, affluente in destra del fiume Ofanto nel Comune di Pescopagano (PZ), è realizzato con uno sbarramento, diga di Saetta, in terra, con quota di coronamento 955,7 m s.l.m., quota massima di invaso 952,7 m s.l.m.

La massima altezza della diga è di 23 m, con volume del rilevato di 124 Mm³.

Il bacino imbrifero sotteso è di 10 km² e la capacità di invaso è di 3.5 Mm³.

L'opera nasce nel 1911 per uso idroelettrico, è stata riadattata e rifatta in alcune parti. Non risulta danneggiata dal violento sisma dell'Irpinia del novembre 1980.

Il deflusso medio annuo alla sezione di sbarramento è pari a circa $7,0 \times 10^6$ mc.

La diga, del tipo in terra con rilevato in materiali sciolti di tipo omogeneo con manto di tenuta in conglomerato bituminoso, ai sensi della L.584/94 è di 16 m., è in esercizio sperimentale dal novembre del 1999 con quota attualmente autorizzata limitata al livello di 949,5 m s.l.m., che comporta un volume di invaso utile netto pari a 2.5×10^6 mc .

Le sponde dell'invaso hanno un perimetro di circa 3 Km; i terreni che costituiscono le sponde afferiscono quasi integralmente al Flysch di Castelvetere con esigue coperture di terreni alluvionali o lacustri.

Come già descritto, il Flysch di Castelvetere è costituito alla base da arenarie quarzoso-feldspatiche a grana medio-grossolana in banchi e strati spesso amalgamati, intercalati a conglomerati grossolani lentiformi, e, nella parte alta, da alternanze di silt e argille marnose ai quali sono intercalati olistoliti calcarei provenienti dalla Piattaforma Appenninica.

Lungo la sponda destra dell'invaso ed in corrispondenza dello sbarramento, sono presenti i termini basali, costituiti da arenarie medie beige in strati decimetrici con interstrati di argille siltose. Nella successione si trovano intercalati livelli conglomeratici. Verso la parte meridionale dell'area perilacuale si ha il passaggio ai termini superiori, costituiti da silt e argille marnose (vedi Figura 9-1- Figura 9-10)

A ridosso del flysch di Castelvetere affiorano gli altri 2 flysch dominanti nell'area, il Galestrino e il flysch Rosso.

I termini più marcatamente argillosi determinano alcuni colamenti, alcuni dei quali sono presenti sulle sponde al di sotto dell'attuale livello di invaso, ma attualmente quiescenti (Figura 9-9).



Figura 9-1 Panoramica delle sponde dell'invaso

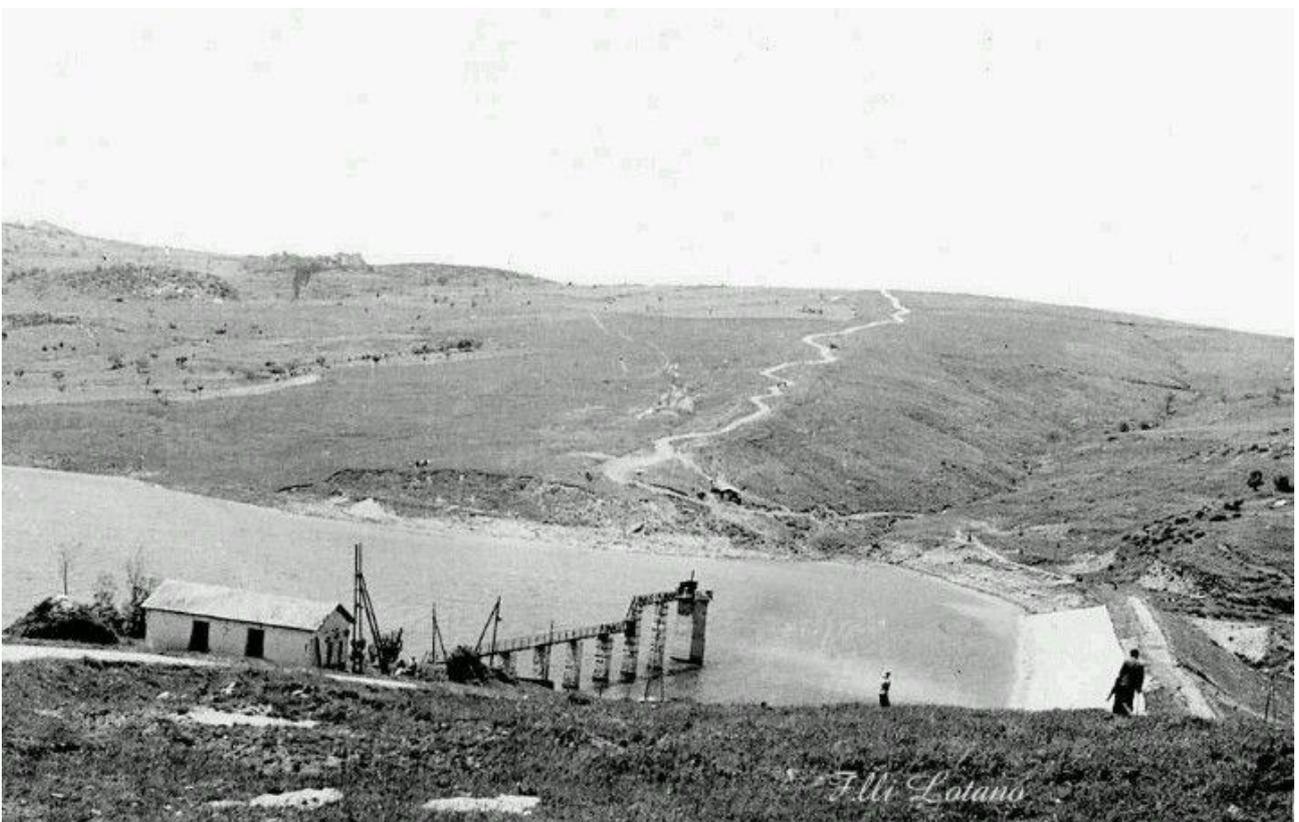


Figura 9-2 Antica foto della sponda W dell'invaso



Figura 9-3 Foto aerea dell'invaso

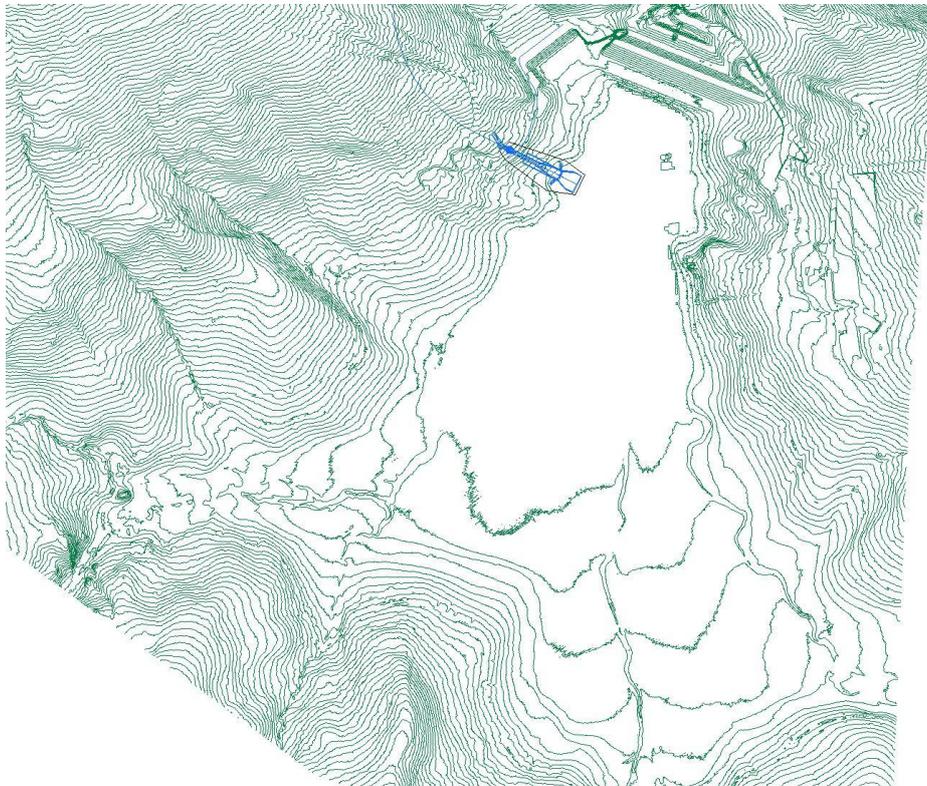


Figura 9-4 Carta a curve di livello della zona dell'invaso



Figura 9-5 Foto aerea con sovrapposizione curve di livello

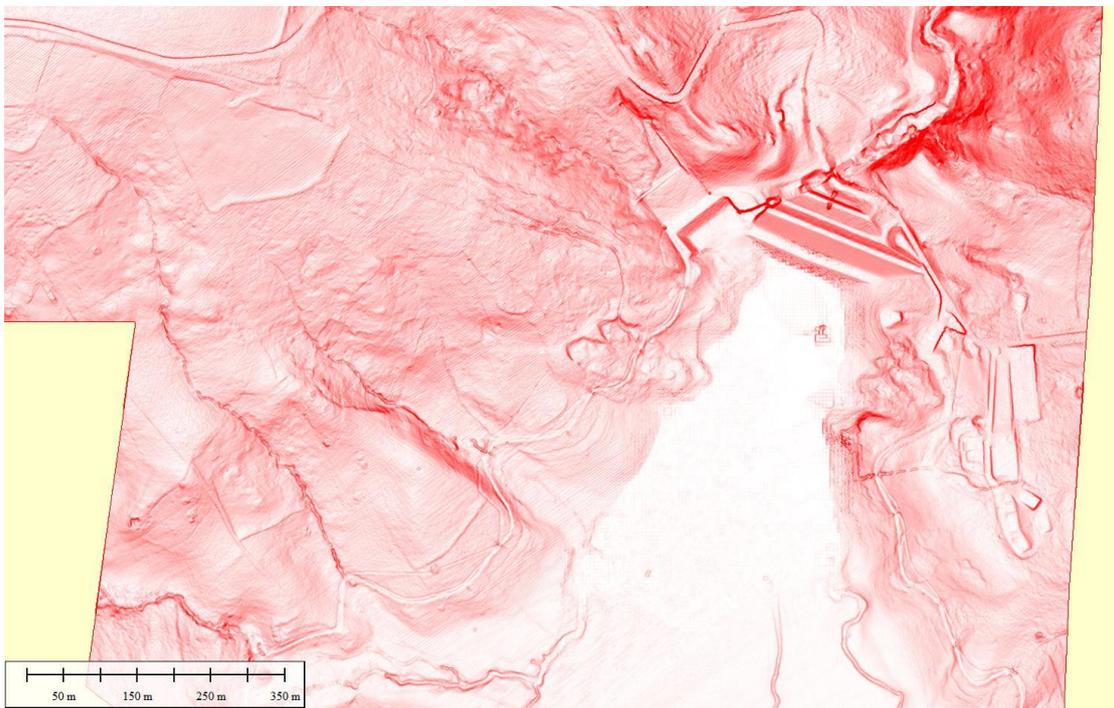


Figura 9-6 DTM delle sponde dell'invaso. Evidenzia chiaramente alcuni cigli di antiche frane



Figura 9-7 Foto aerea del 1988 ad invaso vuoto. Permette di verificare l'assenza di corpi di colata o detritici all'interno dell'invaso sotto la quota di invaso



Figura 9-8 Foto dell'invaso dall'estremità SW dello stesso. Sullo sfondo il vulcano spento, M. Vulture; in primo piano un olistolite inglobato nel Flysch di Castelvetere

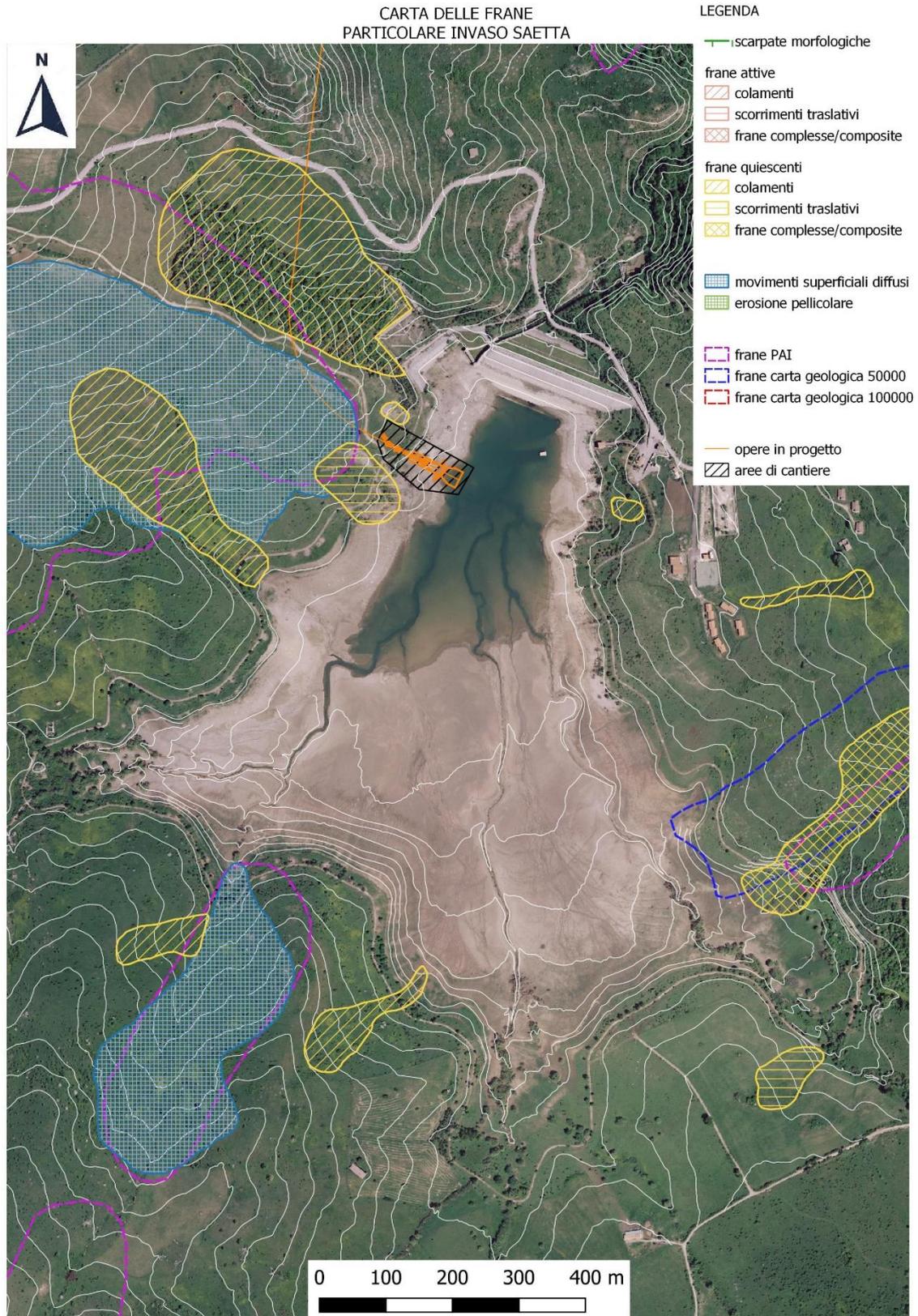


Figura 9-9 AF a invaso quasi vuoto con carta delle frane

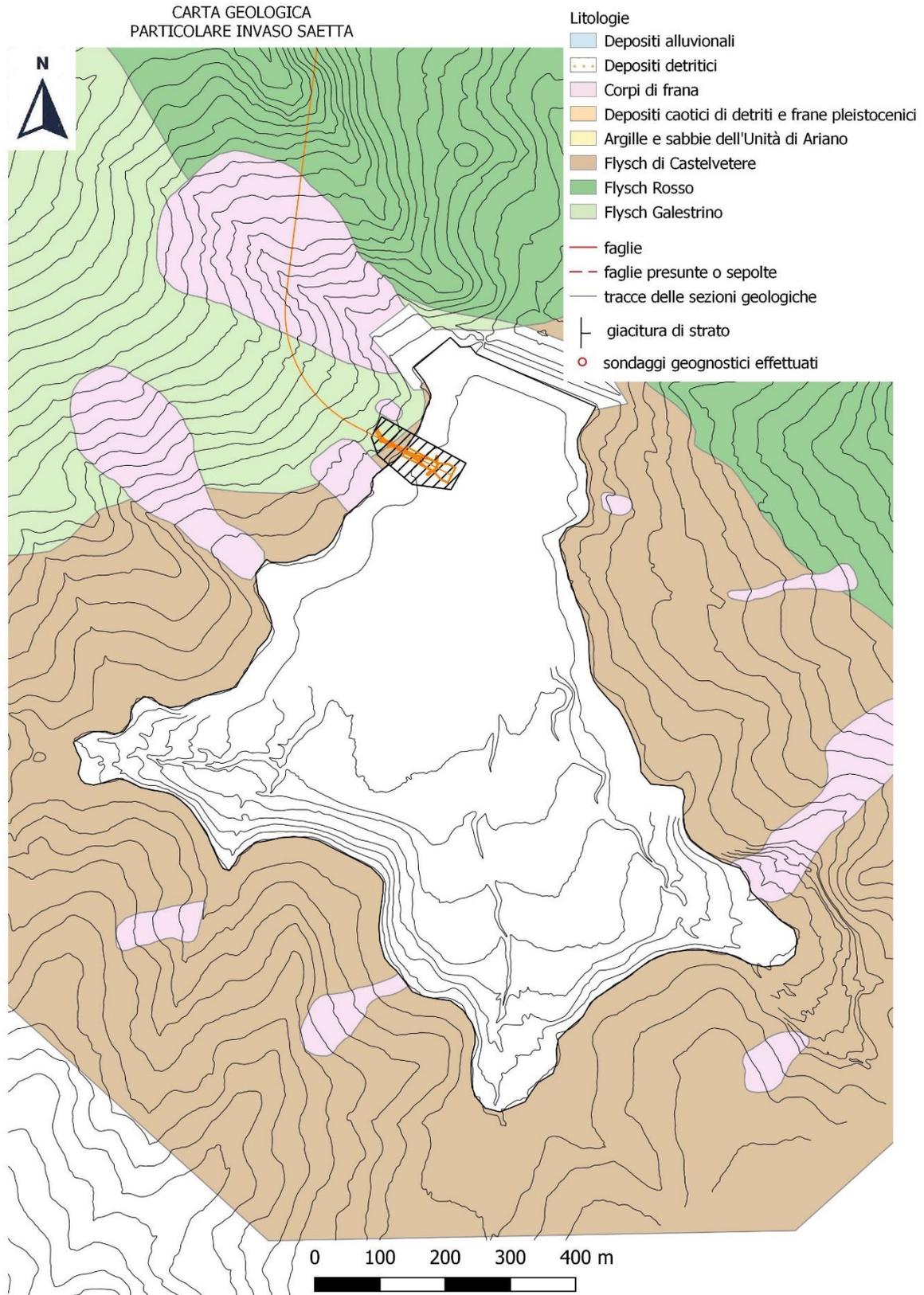


Figura 9-10 Carta geologica del bacino di invaso

Il funzionamento a cicli alternati di svasi ed invasi, sia pure con oscillazioni di ordine inferiore a 3 m richiede opportune sistemazioni spondali con idonea copertura vegetale o di altro genere nelle aree di affioramento di litologie a prevalenza argillosa. In termini più marcatamente arenacei nel lungo termine è possibile il dilavamento delle frazioni fini, quando non prevalenti, con un possibile miglioramento della risposta in termini di filtrazione. Valutazioni litologiche e granulometriche di dettaglio saranno utili.

La diga e le sponde non hanno segnalato danni con il terremoto del novembre 1980.

9.2 Area est svincolo di Pescopagano

La strada Nerico Muro Lucano nel tratto tra lo svincolo di Pescopagano e la piana alluvionale dell'Ofanto è parallela in destra al tracciato dell'impianto di nostro interesse. Le informazioni stratigrafiche e le osservazioni sulle opere, curate tra il 2004 e il 2012 dai redattori del presente studio risultano molto importanti ed utili per integrare le conoscenze acquisite attraverso le indagini ed i rilievi condotti.

L'opera fu iniziata negli anni intorno al 1990. Nel corso dello studio e dei lavori di completamento tra il 2004 e il 2012 si ebbe modo di verificare e correlare 3 incidenti (A, B, e C) sul tracciato stradale ai Km 5,800 e 6,600 circa e sul viadotto per lo svincolo verso Pescoagano (Figura 9-11). A e B sono rotture e ribassamenti della sede stradale, mentre sul viadotto (in C) si ebbe modo di constatare la progressiva chiusura dei giunti degli impalcati, con rottura per schiacciamento dei bordi e disassamenti centimetrici.

Le rotture in A e B chiaramente definiscono, anche su base morfologica, una linea di discontinuità importante del versante (sostanzialmente allineata con una scarpata nelle argille della formazione di Ariano), il cui movimento verso W sarebbe congruente con i dissesti strutturali sul viadotto.

L'area fu sottoposta successivamente a controlli da terra e solo recentemente (2019) lo svincolo verso Pescopagano risulta aperto al traffico. Al presente non si rilevano tracce di criticità.

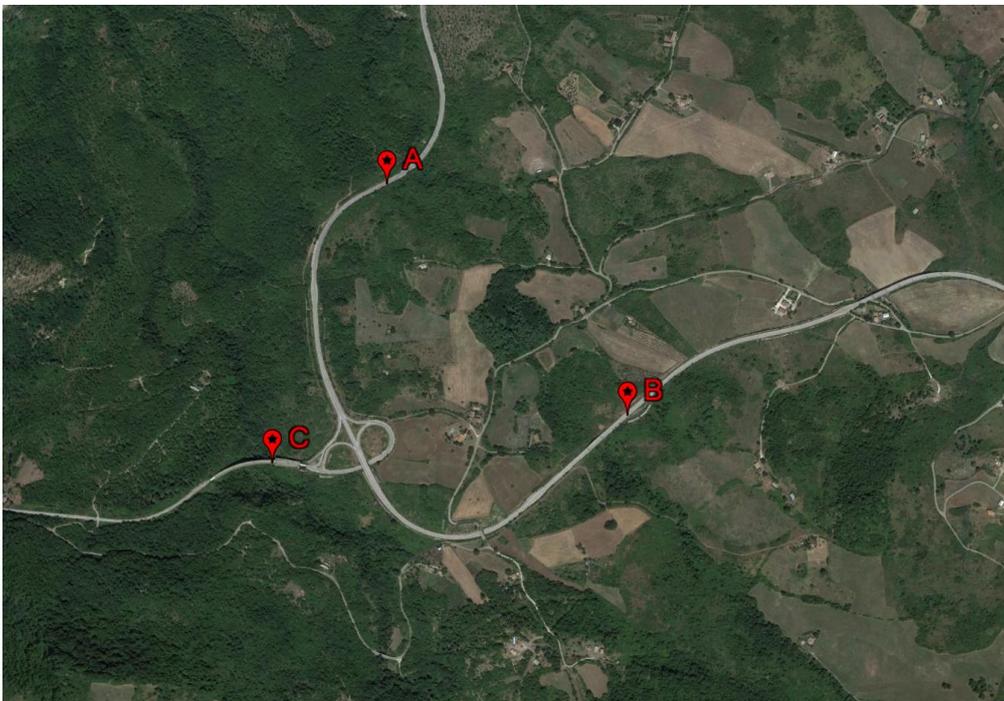


Figura 9-11 Lo svincolo per Pescopagano della strada Nerico Muro Lucano



Figura 9-12 Il viadotto sul T. Ficocchia



Figura 9-13 Svincolo Pescopagano, punto B (rottura e ribassamento sede stradale, 2004)



Figura 9-14 Viadotto Ficocchia. Chiusura del giunto e rottura a compressione di un bordo in cls dell'impalcato

Il contesto geologico entro il quale si sviluppa il viadotto è definito da una parte del corso del torrente Ficocchia. La sponda destra del torrente è caratterizzata dalla potente coltre detritica che condiziona il tracciato della strada tra le progressive 5000 e 6800 circa. Su tale coltre poggia la spalla est del viadotto.

Il versante sinistro è invece caratterizzato da un affioramento del Flysch Rosso con strati verticalizzati e caratterizzati da brusche variazioni giaciture, in corrispondenza di una parete che si eleva di quasi un centinaio di metri dal fondovalle; il viadotto, quindi, gira intorno a tale importante elemento morfologico, per approdare su un pendio a pendenza più blanda, caratterizzato da materiali detritici di antiche frane. È su tale materiale che poggia la spalla ovest del viadotto.



Figura 9-15 Affioramento del Flysch Rosso sulla parete a Sud del viadotto Ficocchia, con evidente deformazione degli strati evidenziata da brusche variazioni dell'assetto giaciturale

Materiali alluvionali caratterizzano infine le zone di alveo in corrispondenza delle pile del viadotto.

La sezione geologica in asse al viadotto è la n 2 nell'All.4 ed evidenzia una discordanza sostanziale tra le litologie sulle due spalle del viadotto in ragione di una faglia diretta con rigetto di diverse decine di m.

La spinta sul viadotto perviene da Est, dal semi anello della strada tra i punti A e B. Il movimento risultò all'epoca (2007) debolmente attivo nel periodo di monitoraggio di alcuni mesi. Il fenomeno può essere ascritto ad una frana di grandi dimensioni, forse movimento di assestamento gravitativo in un contesto geodinamico più esteso. L'osservazione attuale del fenomeno fa propendere per la prima interpretazione, quella di una grande frana, il cui piede è sull'alveo del t. Ficocchia, che tuttavia non evidenzia distorsioni del suo tracciato. Il tracciato della galleria è a profondità di circa 170 m al di sotto della quota di alveo del t. Ficocchia, con estrema certezza al di fuori del corpo di frana o della parte di versante potenzialmente deformato dalle azioni tangenziali trasferite dal corpo di frana.

Nello specifico, pur trattandosi di frana di grandi dimensioni, si ritiene ragionevole quindi escludere che si tratti di una DGPV (Deformazione Gravitativa Profonda di Versante), in quanto queste ultime consistono in processi deformativi indotti dalla gravità, ad evoluzione molto lenta ed interessanti interi versanti, dislocando volumi di roccia anche di centinaia di migliaia di metri cubi, su aree di diversi chilometri quadri e per profondità di diverse decine, frequentemente centinaia, di metri (Dramis e altri, 1985; Soldati, 2004).

Tali processi sono caratterizzati, a differenza delle frane, da una serie di problematiche, tra le quali la probabile mancanza di una superficie di rottura ben definita e la presenza, in profondità, di zone che consentono il movimento attraverso

un'intensa micro-fratturazione dell'ammasso roccioso oppure tramite deformazioni viscosi (Radbruch-Hall, 1978; Mahr, 1977).

Di fatto sussistono elementi oggettivi che escluderebbero l'evenienza sulla base della definizione stessa di DGPV, come ad esempio la mancanza di una ben definita superficie di scorrimento. Infatti nell'area oggetto di DGPV sono stati effettuati una serie di sondaggi dai quali si evince proprio la presenza di una discontinuità legata ad un passaggio stratigrafico, corrisponde alla superficie basale della coltre di ricoprimento costituita da depositi caotici di versante e di frana, che affiorano diffusamente nell'area.

I sondaggi sono stati effettuati in corrispondenza della spalla ovest ed est (punto C) del Viadotto Ficocchia (nel 2007, S1 ed S2 rispettivamente), in corrispondenza dello svincolo (S2 del 2004) ed in corrispondenza della rottura sulla strada (punto B - S3 2004).

La rappresentazione grafica dei sondaggi sulla sezione indicata in figura sotto (in giallo) ha permesso di definire una ipotetica superficie di movimento, profonda qualche decina di metri in corrispondenza del viadotto, la quale ad ogni modo si chiude in corrispondenza del fosso Ficocchia.

Si ritiene pertanto superata l'attribuzione di una DGPV alla zona d'interesse in movimento, la quale inoltre non interesserebbe la condotta dato l'approfondimento della stessa in corrispondenza di tali zone.

Inoltre i dati derivanti dall'osservazione satellitare confermeranno le ipotesi.



Figura 9-16 Area dello svincolo di Pescopagano con traccia di sezione

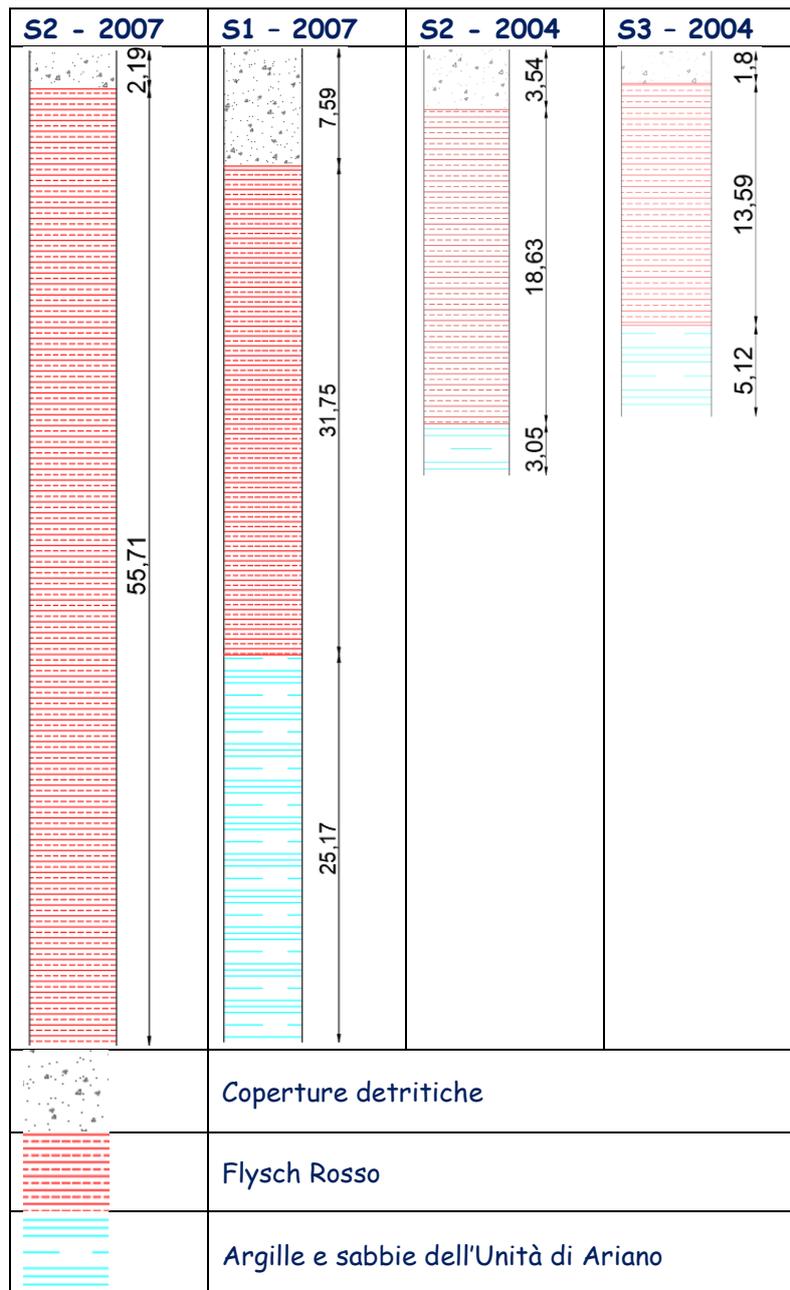


Figura 9-17 Stratigrafia sintetica di sondaggi nell'area

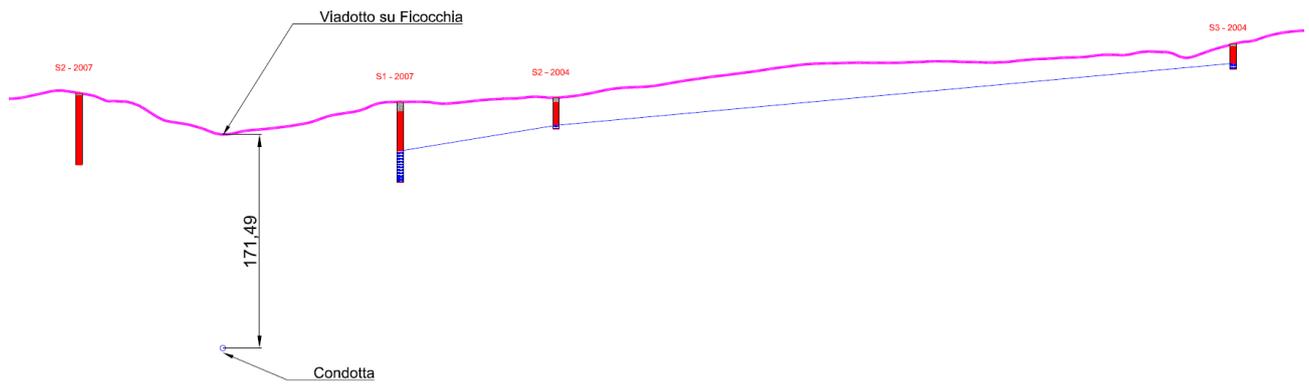


Figura 9-18 Sezione in asse allo svincolo di Pescopagano

Bari, maggio 2021

Geo Tecnologie Srl
Prof. Giuseppe Spilotro

APPENDICE 1

ELEMENTI SISMOGENETICI NELL'AREA DI PROGETTO

10 APPENDICE 1

10.1 ELEMENTI SISMOGENETICI NELL'AREA DI PROGETTO

Nella presente appendice sono riportate le schede di approfondimento tratte dai database del DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) e ITHACA (ITaly HAZards from CAPable faults)) per le faglie e le sorgenti sismiche nel territorio di Pescopagano; il database DISS riguarda le sorgenti sismiche, composte o individuali, mentre il database di ITHACA riguarda le faglie attive e capaci.

10.1.1 Sorgenti sismogenetiche presenti nel database DISS (<http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>)

10.1.2 Sorgente Sismica Individuale ITIS079 Pescopagano

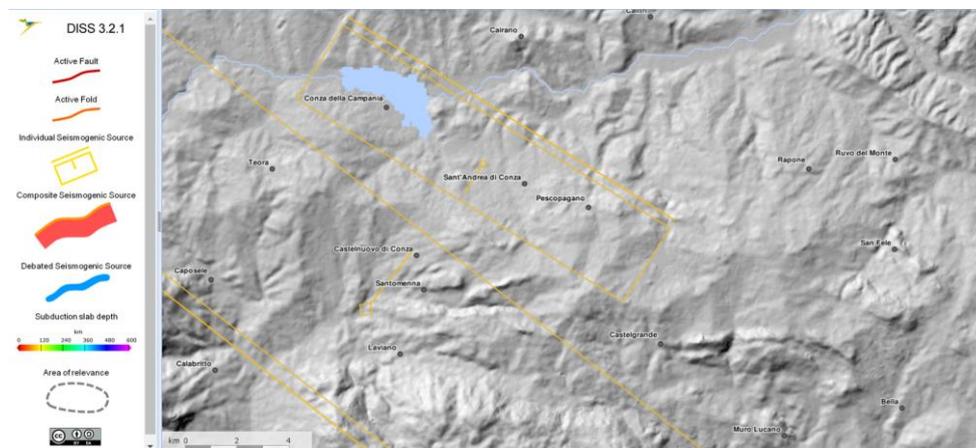


Figura 10-1 Mappa delle sorgenti sismiche individuali nell'area di Pescopagano

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Database of Individual Seismogenic Sources DISS version 3

User: Guest | [LOGIN](#) [HOME](#) | [MAP](#) | [SEARCH](#) | [HELP](#)

INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES ?

[COMMENTARY](#) ▾ | [PICTURES](#) ▾ | [REFERENCES](#) ▾ | [USER COMMENTS](#) ▾

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITIS079
Name	Pescopagano
Compiler(s)	Burrato P.(1), Basili R.(1), Vannoli P.(1)
Contributor(s)	Valensise G.(1), Burrato P.(1), Basili R.(1), Vannoli P.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	27-Mar-2006
Updated	27-Mar-2006

Display map ... 

Related sources [ITCS087](#)

PARAMETRIC INFORMATION

	PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	40.85 / 15.35	LD	Based on geological and geomorphological observation.
Length [km]	15.0	LD	Based on geological and seismological data.
Width [km]	10.0	LD	Based on geological and seismological data.
Min depth [km]	1.0	LD	Based on geological and seismological data.
Max depth [km]	10.4	LD	Based on geological and seismological data.
Strike [deg]	124	LD	Based on geological and seismological data.
Dip [deg]	70	LD	Based on geological and seismological data.
Rake [deg]	270	LD	Based on geological and seismological data.
Slip Per Event [m]	0.5	LD	Based on geological and seismological data.
Slip rate [mm/y] min... max	0.4...0.6	LD	Based on paleoseismology.
Recurrence [y] min... max	1680...4125	LD	Based on paleoseismology.
Magnitude [Mw]	6.2	LD	Based on seismological data.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT.

INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES

Latest Earthquake	23 Nov 1980 (3/3)	Third shock at 18:35:33 GMT, from Westaway (1993).
Penultimate Earthquake	1721-2570 B.P.	Based on paleoseismology.

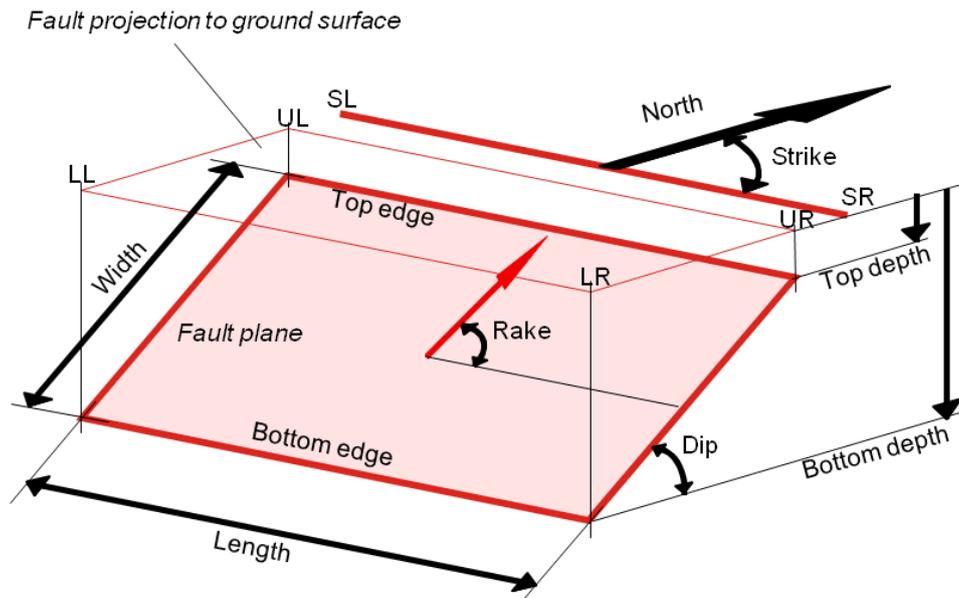
Figura 10-2 Informazioni generali sulla sorgente sismica individuale di Pescopagano (http://diss.rm.ingv.it/dissnet/CadmoDriver?_action_do_single=1&_criteria=H4sIAAAAAAAAAAH OOMjAwtFVwBFIWmSnF%2baVFyameIJ65Z4hnsIG5pToA0OIPEiIAAAA%3d&_page=pGGSources_d&_rock=INVALID&_state=find&_tabber=0&_token=NULLNULLNULLNULL).

10.1.3 Definizione della sorgente Sismica Individuale

(<http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/help/15-individual-seismogenic-sources>):

Individual Seismogenic Sources

The Individual Seismogenic Sources are defined by geological and geophysical data and are characterized by a full set of geometric (strike, dip, length, width and depth), kinematic (rake), and seismological parameters (single event displacement, magnitude, slip rate, recurrence interval). Each parameter is then rated for accuracy.



Individual Seismogenic Sources are assumed to exhibit strictly-periodic recurrence with respect to rupture length/width, slip per event, and expected magnitude. They are compared to worldwide databases for internal consistency in terms of length, width, single event displacement and magnitude, and can be augmented by fault scarp or fold axis data when available (usually structural features with documented Late Pleistocene - Holocene activity).

This category is intended to supply the most accurate information available for the best identified sources, but the completeness of the sources themselves cannot be guaranteed. Individual Seismogenic Sources can hence be used for calculating earthquake and tsunami scenarios and for tectonic and geodynamic investigations, but are not meant to comprise a complete input dataset for probabilistic assessment of seismic hazard.

Similarly to the other categories of DISS sources, each Individual Seismogenic Source is identified by the code *CCIS###*, where:

- *CC* is the two-letter ISO 3166-1 code for names of officially recognized countries;
- *IS* identifies specifically the Individual Seismogenic Sources;
- *###* is an ordinal between 1 and 999 (including leading zeroes).

10.1.4 Sorgente Sismica Composita ITCS087 Pescopagano

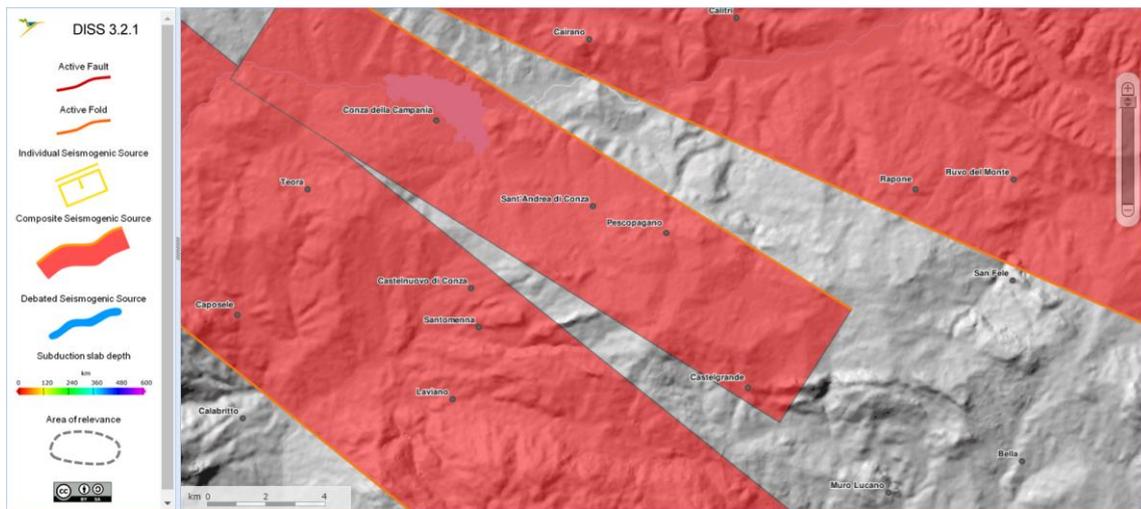


Figura 10-3 Mappa delle sorgenti sismiche composte nell'area di Pescopagano

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Database of Individual Seismogenic Sources **DISS version 3**

User: Guest | [LOGIN](#) [HOME](#) [MAP](#) [SEARCH](#) [HELP](#)

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES ?

[COMMENTARY](#) [PICTURES](#) [REFERENCES](#) [USER COMMENTS](#)

GENERAL INFORMATION

DISS-ID ITCS087
Name Conza della Campania-Tolve
Compiler(s) Fracassi U.(1)
Contributor(s) Valensise G.(1), Burrato P.(1), Basili R.(1), Vannoli P.(1)
Affiliation(s) 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created 03-Aug-2006
Updated 20-May-2010

Display map ...

Related sources [ITIS079](#)

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	1.0	OD	Based on seismological data.
Max depth [km]	12.0	OD	Inferred from depth of major earthquakes of the region.
Strike [deg] min... max	115...135	OD	Based on seismological and macroseismic data.
Dip [deg] min... max	60...80	OD	Based on seismological data.
Rake [deg] min... max	260...280	OD	Based on seismological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.4...0.6	EJ	Inferred from paleoseismology.
Max Magnitude [Mw]	6.2	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

ACTIVE FAULTS

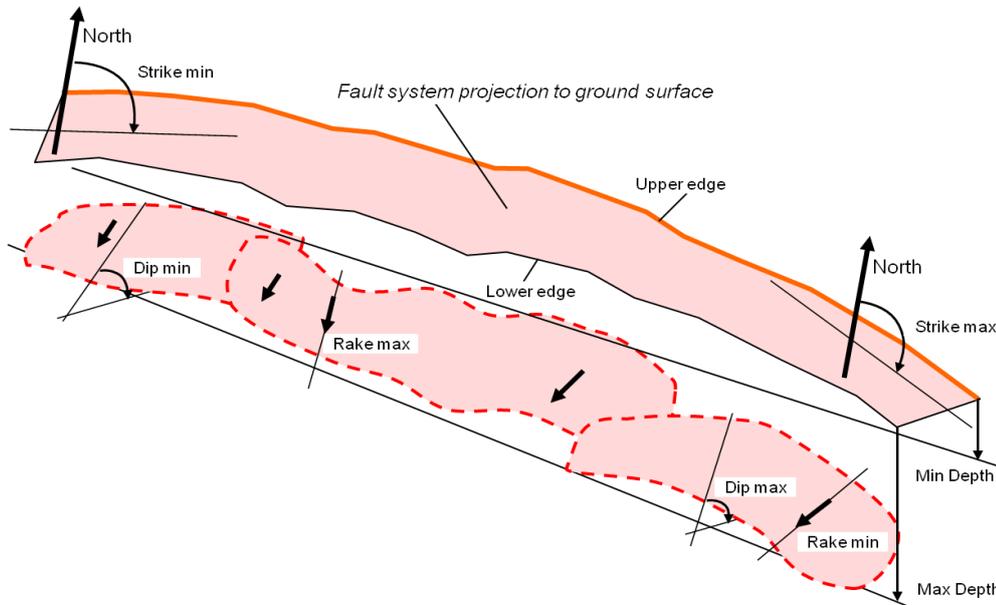
ACTIVE FOLDS

Figura 10-4: informazioni generali sulla sorgente sismica composta di Pescopagano (http://diss.rm.ingv.it/dissnet/CadmoDriver?_action_do_single=1&_state=find&_token=NULLNULLNULL&_tabber=1&_page=pSASources_d&IDSource=ITCS087).

10.1.5 Definizione della sorgente Sismica Composita

Composite Seismogenic Sources

The Composite Seismogenic Sources (formerly Seismogenic Areas) are based on geological and geophysical data and are characterized by geometric (strike, dip, width, depth) and kinematic (rake) parameters.



A Composite Seismogenic Source is essentially an inferred structure based on regional surface and subsurface geological data that are exploited well beyond the simple identification of active faults or youthful tectonic features. The length of the expected earthquake ruptures, however, is poorly defined or unknown; hence a typical Composite Seismogenic Source spans an unspecified number of Individual Sources. As a result, sources of this category are not assumed to be capable of a specific-size earthquake, but their seismic potential can be estimated from the tectonic moment rate or by analysing earthquake catalogues. Their description can be augmented by fault scarp or fold axis data when available (usually structural features with documented Late Pleistocene - Holocene activity).

As opposed to the Individual Seismogenic Sources, this category of sources was conceived to achieve completeness of the record of potential earthquake sources, although this may imply a smaller accuracy in their description. In conjunction with seismicity and modern strain data, Composite Seismogenic Sources can thus contribute to the development of regional probabilistic seismic hazard assessment and for investigating large-scale geodynamic processes.

Similarly to the other categories of DISS sources, each Composite Seismogenic Source is identified by the code *CCCS####*, where:

- *CC* is the two-letter ISO 3166-1 code for names of officially recognized countries;
- *CS* identifies specifically the Composite Seismogenic Sources;
- *####* is an ordinal between 1 and 999 (including leading zeroes).

10.2 Faglie Attive e Capaci presenti nel database ITHACA (<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Default.aspx>)

Cos'è una faglia capace?

La letteratura a cui fa riferimento il Catalogo ITHACA per la definizione di faglia capace è rappresentata soprattutto dalle guide tecniche **IAEA**, redatte per la caratterizzazione di siti destinati ad ospitare impianti ad alto rischio (ad es. centrali nucleari, depositi di scorie nucleari), ma che forniscono uno schema metodologico applicabile al siting di qualunque struttura ingegneristica, dalle dighe alle lifelines (acquedotti, metanodotti, strade, gallerie, etc.). I due principali documenti di riferimento sono:

- IAEA SSG-9 (Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards. Series SSG-9, 2010) (https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1448_web.pdf).
- IAEA TECDOC 1767 (The Contribution of Palaeoseismology to Seismic Hazard Assessment in Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA TECDOC 1767, 2015) (https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1767_web.pdf).

Nel secondo documento (glossario finale alle pagine 157-167) sono riportate le seguenti definizioni di faglia attiva e capace:

- Active fault. A tectonic structure that moved in the recent geologic past and that is expected to move within a future time span of concern for the safety of a nuclear installation. In highly active (e.g. interplate) areas with short earthquake recurrence intervals, periods of the order of tens of thousands of years (e.g. Upper Pleistocene to present) may be appropriate for defining a fault as active. In less active areas (e.g. intraplate) much longer periods (e.g. Pliocene-Quaternary to present) may be appropriate. In the conservative perspective of NPP siting, any fault within the Earth's crust might need to be reassessed for potential re-activation. In fact, it is impossible to exclude that an earthquake of low magnitude may occur along any fault (Modified from IAEA SSG-9, 8.4).
- Capable fault. An active fault that has a significant potential for displacement at or near the ground surface (IAEA SSG-9).

In IAEA SSG-9 una faglia è definita capace se valgono le seguenti condizioni:

1. If it shows evidence of past movement or movements (such as significant deformations and/or dislocations) of a recurring nature within such a period that it is reasonable to conclude that further movements at or near the surface may occur. In highly active areas, where both earthquake data and geological data consistently reveal short earthquake recurrence intervals, periods of the order

of tens of thousands of years (e.g. Upper Pleistocene-Holocene, i.e. the present) may be appropriate for the assessment of capable faults. In less active areas, it is likely that much longer periods (e.g. Pliocene-Quaternary, i.e. the present) are appropriate.

2. If a structural relationship with a known capable fault has been demonstrated such that movement of the one fault may cause movement of the other at or near the surface.
3. If the maximum potential magnitude associated with a seismogenic structure ... is sufficiently large and at such a depth that it is reasonable to conclude that, in the current tectonic setting of the plant, movement at or near the surface may occur.

ITHACA adotta la seguente definizione di faglia capace, che tiene conto delle definizioni riportate sopra e del *contesto geodinamico italiano*.

- Una faglia è definita capace quando ritenuta in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa.
- La deformazione attesa può essere sia una dislocazione ben definita lungo un piano di rottura (fault displacement/offset) che una deformazione distribuita (warping).
- La riattivazione attesa viene definita in funzione del regime tettonico in atto, rispetto al quale deve essere compatibile. Elementi secondari possono però mostrare rotture "anomale", ad esempio movimenti compressivi in un ambiente distensivo, a causa di geometrie locali delle strutture riattivate.

Le faglie capaci, come definite sopra, possono determinare un significativo pericolo di danneggiamento di strutture antropiche. La pericolosità può essere caratterizzata in termini di Probabilistic Fault Displacement Hazard o Deterministic Fault Displacement Hazard (per un approfondimento si veda IAEA SSG-9, 8.9-8.13; Youngs et al., 2003).

Intervallo temporale di riferimento

L'età dell'ultimo evento di attivazione di una faglia (last activity) è uno degli elementi discriminanti nella valutazione della "capacità" della struttura. L'analisi considera intervalli temporali di osservazione diversi, in funzione dell'ambiente tettonico (IAEA, 2010) e dei tassi di deformazione:

- *Interplacca (margini di placca)*
 - 1) < 125 ka (Pleistocene Superiore) - Faglia capace
 - 2) 125 ka \leq ultimo movimento accertato $\leq 2,58$ Ma - Faglia da investigare con indagini appropriate

- *Intraplacca (aree cratoniche)*
 - 1) ≤ 780 ka (Pleistocene medio) - Faglia capace
 - 2) Quaternario (2.58 Ma) - Faglia da indagare

Le definizioni sopra riportate considerano diverse finestre temporali a seconda che l'area di indagine sia in zona Interplacca o Intraplacca. L'intervallo temporale più ampio, e quindi più cautelativo, previsto per le zone Intraplacca (movimenti entro il Pleistocene medio) è applicabile, in Italia, al solo settore sardo, ritenuto un'area intraplacca (microcontinente), sebbene sia bordato da bacini in estensione (Bacini Balearico e Tirrenico) e quindi sia prossimo ad una situazione di interplacca.

Quindi, rispetto alle passate versioni di ITHACA, è stata introdotta la distinzione tra faglia capace e faglia quaternaria da indagare:

- 1) **faglia capace**: faglia che sicuramente ha causato deformazione in superficie o in prossimità di essa, nell'intervallo *Pleistocene superiore - Presente*;
- 2) **faglia quaternaria da indagare**: faglia che ha causato deformazione in superficie o in prossimità di essa nel corso del *Quaternario anteriormente al Pleistocene superiore* (Pleistocene medio per le aree cratoniche), per la quale non si può escludere a priori una riattivazione all'interno del contesto geodinamico attuale in assenza di ulteriori indagini specifiche.

Si evidenzia che nel Catalogo ITHACA l'intervallo considerato per le *strutture capaci* (< 125 ka sensu IAEA, 2010 e 2015) è più esteso di quello (40 ka) considerato negli *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica* (Dipartimento Protezione Civile, 2008) redatti dal Dipartimento di Protezione Civile (DPC) ([link](#)) e poi nelle *Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC)* ([link](#)).

Come citare ITHACA

ITHACA Working Group (2019). ITHACA (ITaly HAZard from CApable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>

10.2.1 Faglia di Pescopagano, code: 34024



Figura 10-5 Mappa della Faglia di Pescopagano, cod. 34024

GENERAL IDENTIFICATION	
Fault Code	34024
Fault Name	Pescopagano
Region Name	Campania
Tectonic Environment	ND
System Name	IRPINIA (SAN GREGORIO)
Synopsis	
Rank	Primary
GEOMETRY AND KINEMATICS	
Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	9
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	SSW
Fault Length (km)	1.4
Mapping Scale	1:
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal
ACTIVITY	
Surface Evidence	ND
Last Activity	3,000-9,000 (prehistory-Neolithic)
SLIP PARAMETERS	
Recurrence Interval (yr)	
Slip Rate (mm/yr)	0.30
Max Credible Rupture Length (km)	
Max Credible Slip (m)	
Time Since Last Event (yr)	
Max Known Magnitude (Mw)	
Max Known Intensity (MCS)	
Known Seismic Events	
FINAL REMARKS	
Capability Consensus	High reliability
Study Quality	HIGH
Notes	IRPINIA-BASILICATA NOVEMBER 23, 1980 EARTHQUAKE.
Fault Trace Reference	
Last Update	

Figura 10-6 Descrizione della faglia.

10.2.2 Faglia di Pescopagano, code: 34025

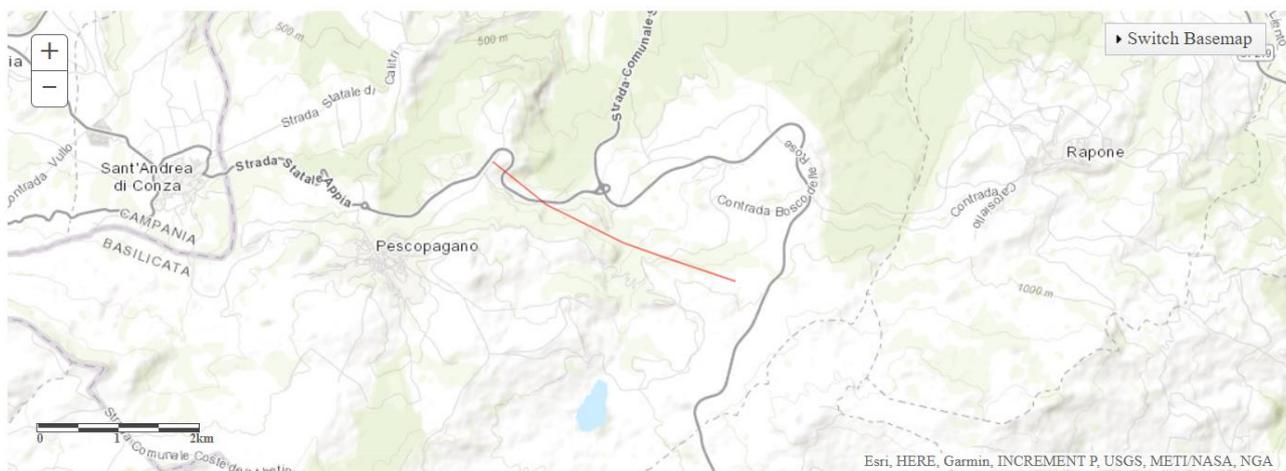


Figura 10-7 Mappa della Faglia di Pescopagano, cod. 34025.

GENERAL IDENTIFICATION	
Fault Code	34025
Fault Name	Pescopagano
Region Name	Campania
Tectonic Environment	ND
System Name	IRPINIA (SAN GREGORIO)
Synopsis	
Rank	Primary
GEOMETRY AND KINEMATICS	
Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	9
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	NNE
Fault Length (km)	3.4
Mapping Scale	1:
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal
ACTIVITY	
Surface Evidence	ND
Last Activity	3,000+9,000 (prehistory-Neolithic)
SLIP PARAMETERS	
Recurrence Interval (yr)	
Slip Rate (mm/yr)	0.30
Max Credible Rupture Length (km)	
Max Credible Slip (m)	
Time Since Last Event (yr)	
Max Known Magnitude (Mw)	
Max Known Intensity (MCS)	
Known Seismic Events	
FINAL REMARKS	
Capability Consensus	High reliability
Study Quality	HIGH
Notes	IRPINIA-BASILICATA NOVEMBER 23, 1980 EARTHQUAKE.
Fault Trace Reference	
Last Update	

Figura 10-8 Descrizione della faglia

11 Appendice 2

11.1 Piovosità annua, stazione di Pescopagano. Anni 1921 - 1985.

Pescopagno - Muro Lucano																												
ANNO	Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre		Anno			
	mm	giorni piovosa	mm	giorni piovosa	mm	giorni piovosa	mm	giorni piovosa	mm	giorni piovosa	mm	giorni piovosa	mm	giorni piovosa	mm	giorni piovosa	mm	giorni piovosa	mm	giorni piovosa	mm	giorni piovosa	mm	giorni piovosa	mm	giorni piovosa	mm	giorni piovosa
1921	106	6	70	7	68	7	113	11	63	9	187	11	68	8	80	2	161	7	69	4	122	12	141	9	1232	93		
1922	130	9	210	9	215	8	85	5	31	3	35	4	0	0	0	0	96	6	203	8	168	8	71	4	1244	64		
1923	144	6	199	7	111	5	139	7	0	0	19	3	4	1	73	5	182	5	36	2	196	6	232	13	1335	60		
1924	92	6	199	15	47	4	95	4	21	1	12	4	2	1	3	2	5	1	79	8	171	7	112	9	838	62		
1925	22	2	38	4	95	13	124	14	120	12	14	2	16	3	13	2	144	7	116	6	223	15	91	7	1016	87		
1926	85	9	12	1	44	5	27	4	116	8	58	4	125	10	29	3	28	2	85	6	84	8	188	14	881	74		
1927	158	11	23	2	68	7	33	5	44	5	0	0	0	0	0	0	36	3	129	9	97	5	121	12	709	59		
1928	28	2	21	3	116	15	54	3	127	8	0	0	85	2	0	0	88	5	62	6	117	11	123	8	821	63		
1929	170	15	152	9	62	5	88	10	129	10	63	8	0	0	81	10	73	10	206	12	266	13	127	9	1417	111		
1930	102	12	149	14	92	8	135	12	67	8	78	10	52	5	0	0	69	6	85	9	112	6	240	14	1181	104		
1931	157	15	202	11	121	12	150	15	47	7	5	1	0	0	0	0	83	6	69	10	133	10	75	8	1042	95		
1932	8	1	140	9	105	13	12	4	41	4	38	2	48	2	20	2	29	3	94	8	121	6	37	3	893	57		
1933	164	14	173	8	54	6	69	4	74	6	60	4	38	1	24	3	0	0	86	7	157	9	448	18	1347	80		
1934	35	3	148	5	105	7	110	6	199	8	99	4	38	4	13	2	119	9	237	11	220	8	64	4	1387	71		
1935	138	12	145	10	137	8	37	4	59	4	80	4	53	4	20	1	0	0	94	5	176	7	285	14	1224	73		
1936	27	3	169	8	166	8	105	8	75	13	121	6	17	1	25	3	8	2	107	7	49	4	36	2	905	65		
1937	32	3	151	11	98	8	120	12	116	9	30	5	23	5	73	5	188	8	75	5	136	9	182	13	1224	93		
1938	120	9	190	11	4	1	66	5	62	8	33	4	16	1	93	6	24	2	86	7	61	4	123	16	878	74		
1939	96	7	63	3	204	10	29	2	108	10	77	4	0	0	19	4	229	12	85	7	72	8	222	17	1204	84		
1940	238	13	58	9	18	5	141	11	63	5	106	7	24	5	46	5	19	2	286	14	84	8	102	8	1185	92		
1941	178	14	83	13	19	1	112	10	121	12	0	0	14	1	20	2	66	7	171	12	101	10	69	11	954	93		
1942	135	12	141	8	138	8	75	5	0	0	0	0	50	3	39	4	34	4	13	4	85	9	114	7	824	64		
1943	116	10	85	9	79	7	59	5	42	5	52	3	0	0	0	0	17	1	10	3	33	5	31	4	524	52		
1944	43	3	179	5	35	6	18	3	2	1	8	2	26	3	20	2	45	5	154	11	118	12	100	6	748	59		
1945	260	16	88	4	20	2	6	1	0	0	18	2	16	3	3	1	41	3	39	6	138	12	90	5	739	55		
1946	76	9	64	5	63	6	110	12	70	8	1	0	27	2	0	0	7	2	64	7	115	13	130	13	727	77		
1947	64	6	32	7	42	7	15	2	23	4	38	4	41	2	35	3	43	5	40	4	87	8	279	17	739	69		
1948	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>
1949	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>
1950	74	14	81	9	45	4	75	7	58	7	19	5	27	3	31	4	44	3	175	7	119	11	232	19	980	93		
1951	124	11	114	10	141	11	42	7	70	5	24	3	65	6	43	3	76	6	85	12	235	10	40	4	1059	88		
1952	132	17	83	10	45	7	26	6	60	6	15	3	65	6	11	2	176	11	51	7	140	13	386	18	1190	106		
1953	90	11	116	8	15	3	84	8	42	9	79	7	7	1	67	8	55	4	48	11	107	8	103	8	813	86		
1954	209	15	144	12	105	11	70	5	149	11	14	4	13	2	44	1	13	2	149	8	177	12	73	7	1160	90		
1955	164	17	165	10	75	7	43	4	16	2	26	3	63	4	59	3	197	11	274	16	155	13	49	8	1286	98		
1956	67	9	160	19	54	9	70	6	43	4	110	6	16	2	5	1	2	1	135	7	258	15	133	9	1053	88		
1957	138	10	76	11	45	4	58	8	136	14	32	2	12	3	45	4	47	3	175	15	135	11	149	17	1050	102		
1958	88	16	71	4	132	16	149	14	59	5	51	4	5	1	0	0	45	4	83	10	122	15	168	12	973	101		
1959	93	12	12	3	61	9	113	12	99	13	112	11	49	3	76	8	89	6	160	9	150	15	288	18	1302	119		
1960	102	11	136	13	126	14	87	15	70	10	36	5	16	4	0	0	81	11	140	11	131	9	151	17	1076	120		
1961	181	13	58	6	55	6	67	7	62	8	42	6	25	3	15	2	0	0	267	11	261	15	46	6	1079	83		
1962	94	10	95	11	195	14	45	6	25	4	61	4	83	3	7	2	72	8	83	7	280	17	181	15	1221	101		
1963	136	10	360	19	160	>>	85	9	111	10	57	7	61	8	20	3	31	3	234	8	64	9	215	19	1534	>>		
1964	38	7	28	5	113	13	81	10	50	7	169	12	31	5	52	6	66	6	282	18	97	14	233	14	1240	117		
1965	87	13	117	7	70	12	122	13	17	5	20	3	1	0	40	8	91	10	7	4	217	19	103	12	892	106		
1966	198	>>	85	8	96	9	97	9	86	>>	49	6	23	2	26	2	74	6	205	14	264	15	125	14	1330	>>		
1967	106	10	73	6	25	7	149	16	34	6	41	8	79	8	18	2	110	9	8	3	35	7	220	15	898	97		
1968	184	13	46	8	38	11	8	2	32	5	143	10	20	3	84	6	95	9	28	6	143	14	336	18	1159	105		
1969	91	10	163	12	96	19	50	>>	22	>>	81	>>	43	6	101	1	160	9	133	9	203	10	357	>>	1500	>>		
1970	143	11	163	12	167	15	79	12	48	6	114	10	29	4	52	7	123	6	143	9	101	8	183	13	1345	113		
1971	136	18	207	3	136	14	74	10	47	7	46	5	83	8	4	1	60	10	89	9	224	18	71	6	1177	109		
1972	177	18	106	13	78	6	139	17	58	11	1	1	174	10	94	6	189	12	140	14	31	4	55	9	1242	121		
1973	107	18	111	6	78	12	74	16	14	1	61	6	22	4	39	5	130	8	65	7	66	6	147	10	914	99		
1974	68	10	219	16	51	7	157	17	112	10	16	2	10	2	74	7	57	5	277	18	94	10	36	6	1191	110		
1975	25	4	62	7	106	10	32	7	95	7	47	4	50	4	55	8	18	1	131	13	275	14	137	13	1033	92		
1976	73	7	57	7	118	12	121	14	118	8	74	10	57	9	32	6	45	7	184	14	290	20	215	15	1384	129		
1977	116	13	64	8	22	4	45	7	28	7	70	6	13	1	33	3	130	9	30	6	71	12	117	13	759	89		
1978	136	16	127	17	145	15	253	19	90	11	38	7	1	0	100	5	149	7	121	11	67	4	124	14	1351	126		
1979	131	16	163	19	90	10	145	15	30	3	103	13	1	0	96	8	40	5	124	11	276	18	48	10	1247	128		
1980	193	16	46	8	153	14	50	10	126	14	38	5	2	1	50	5	14	2	147	11	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	
1981	73	11	80	16	47	8	60	10	38	5	31	6	61	5	44	6	97	7	112	7	38	9	227	1				

ELENCO ALLEGATI

- All. 1 PLANIMETRIA GEOLOGICA
- All. 2 SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE
- All. 3 SEZIONE GEOLOGICA IN ASSE SVINCOLO PESCOPEGANO
- All. 4a Profili in asse progetto con proiezione discontinuità morfologiche e schede di caratterizzazione geomeccanica: Profilo della condotta principale
- All.4b Profili in asse progetto con proiezione discontinuità morfologiche e schede di caratterizzazione geomeccanica: Profilo galleria di accesso alla centrale in caverna
- All 4c Profili in asse progetto con proiezione discontinuità morfologiche e schede di caratterizzazione geomeccanica: Profilo galleria delle sbarre
- All 4d Profili in asse progetto con proiezione discontinuità morfologiche e schede di caratterizzazione geomeccanica: Profilo galleria di accesso alla camera del pozzo piezometrico
- All. 5 TAVOLE STRATIGRAFICHE COMPARATE
- All. 6 INDAGINE GEOFISICA
Profili cross-hole, down hole, sismica a rifrazione, sismica a riflessione
- All. 7 PROVE DILATOMETRICHE
- All. 8 PROVE DI LABORATORIO SU TERRENI E ROCCE
- All. 9 Rilievi geomeccanici
- All. 10 GEOLOGIA E ELEMENTI GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO
Sponde invaso, Imbocchi gallerie, Invaso di valle