

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO DI PROVVIDENZA

Intervento di rifacimento e potenziamento Comune dell'Aquila (AQ)

Progetto Definitivo per Autorizzazione

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

File: GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.107.00 - Relazione Idrogeologica.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	12/08/2022	Prima Emissione	D.Battaglia	C.Piccinin F.Maugliani	A.Balestra

GRE VALIDATION

		Support Team:	Project Engineer: P. VIGANONI
COLLABORATORS		VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

GRE CODE

PROVVIDENZA

GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION
GRE	EEC	D	99	IT	H	17171	00	107	00

CLASSIFICATION PUBLIC

UTILIZATION SCOPE PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.

00	12.08.2022	Bat	MFr/Bal
Versione	Data	Redatto	Verificato

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
Via del Tiglio 2, C.P. 934, CH-6512 Bellinzona-Giubiasco
Telefono +41(0)91 735 31 00
www.lombardi.group, info@lombardi.group

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
3.	METODOLOGIA DI LAVORO	5
3.1	Base topografica e Modello Digitale del Terreno	5
3.2	Immagini satellitari ed ortofoto	6
3.3	Attività di rilevamento	6
3.4	Documentazione bibliografica	7
3.5	Indagini diga Provvidenza	7
4.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE	8
4.1	Assetto geologico	8
4.2	Inquadramento idrogeologico	10
5.	ASPETTI METEOCLIMATICI	16
5.1	Inquadramento generale	16
5.2	Condizioni metereologiche dell'area	16
5.3	Temperatura	17
5.4	Precipitazione	18
5.5	Evapotraspirazione	19
6.	SCHEMA IDROGEOLOGICO	20
6.1	Complessi idrogeologici	20
6.1.1	U.I.1 - Complesso dei depositi alluvionali	20
6.1.2	U.I.2 - Complesso dei depositi detritici e di versante	21
6.1.3	U.I.3 - Complesso argilloso-arenaceo-marnoso	21
6.2	Schema idrogeologico locale	22
7.	SORGENTI	24
8.	VALUTAZIONE INTERFERENZE OPERE-SORGENTI	27
9.	BIBLIOGRAFIA	28
9.1	Documenti storici sull'opera	28

9.2	Dati forniti dalla Committenza	28
9.3	Dati da Enti	28
9.4	Riferimenti tecnico scientifici	30
9.5	Documenti di progetto	31

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1:	Ubicazione della centrale di Provvidenza (da Google Earth)	1
Figura 2:	Planimetria generale e schema degli impianti dell'asta del Vomano ([2] parz. ridisegnato).3	
Figura 3:	Schema idraulico di Provvidenza.....	4
Figura 4:	Modello digitale del terreno a 10m del versante dove è collocata la centrale di Provvidenza	5
Figura 5:	Vista della diga e della zona di imbocco della galleria di accesso alla Centrale di Provvidenza. Ripresa dal versante in destra Vomano	6
Figura 6:	Schema tettonico dell'Appennino Centrale (da: [35] parz. ridisegnato). Nel cerchio blu la zona della Centrale di Provvidenza.....	8
Figura 7:	Stralcio della Carta geologico-geomorfologica dell'area (GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.009.00)	9
Figura 8:	Stralcio della Carta Idrogeologica tratta dallo Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale [34] (parz.ridisegnata). In verde l'area di studio.	11
Figura 9:	Schema idrogeologico della Regione Abruzzo tratto da [39] . Nel cerchio scuro la zona di studio	12
Figura 10:	Stralcio della Carta dei Complessi idrogeologici del Piano di Tutela delle Acque della Regione Abruzzo [31]. Nel riquadro nero l'area di interesse che si colloca nel Complesso idrogeologico argilloso-arenaceo-marnoso.....	13
Figura 11:	Stralcio dalla Carta dei corpi idrici sotterranei significativi e di interesse del Piano di Tutela delle Acque della Regione Abruzzo [30] (parz. ridisegnato). Nel riquadro nero il settore dove si collocano le opere in progetto. Con la sigla GS-S è indicato il corpo idrico sotterraneo significativo del Gran Sasso-Sirente. In nero le sigle dei corpi idrici secondari.	14
Figura 12:	Stralcio della Carta idrogeologica del Piano di Tutela delle Acque [32]. Le unità idrogeologiche sono quelle della figura precedente. Nei cerchi arancio le sorgenti lungo il limite di tamponamento settentrionale, nel riquadro nero la posizione della centrale di Provvidenza.	14
Figura 13:	Ubicazione di sorgenti censite sul territorio regionale per l' "Aggiornamento ed Adeguamento del Piano Regolatore Generale degli acquedotti nella Regione Abruzzo" (da [33]) e	

riportate sullo schema geologico regionale. La freccia indica il settore di studio. In verde area di affioramento dei flysch prevalentemente arenaceo marnosi a cui appartiene la Formazione della Laga

.....	15
Figura 14: Bacini idrografici dei serbatoi di Campotosto e Provvidenza (da [46])	16
Figura 15: Temperatura media mensile vicina al suolo (da [46])	17
Figura 16: Temperatura media mensile vicina al suolo per i periodi 1948-2000 e 2000-2021 (da [46])	17
Figura 17: Precipitazione mensile per i bacini di interesse (da [46]).....	18
Figura 18: Precipitazione mensile media (da [46])	18
Figura 19: Evapotraspirazione mensile per i bacini di interesse (da [46])	19
Figura 20: Evapotraspirazione media mensile per i periodi 1948-2000 e 2000-2021 (da [46])	19
Figura 21: Unità idrogeologiche dello schema di Figura 22	20
Figura 22: Mappa idrogeologica dell'area. Le opere di progetto sono rappresentate con tratto rosso mentre le esistenti in nero. Le unità idrogeologiche sono riportate in Figura 21 . Nel cerchio verde il settore delle centrali esistente e di progetto. (scala originale 1:5.000)	22
Figura 23: Schema delle principali direzioni di flusso (freccie blu) (scala originale 1:5.000).....	23
Figura 24: Stralcio della Carta delle aree di salvaguardia [11]. In verde il settore della centrale di Provvidenza.....	24
Figura 25: Mappa della conducibilità elettrica di sorgenti della Regione Abruzzo (da [37]) Vi sono indicate le sorgenti della F. della Laga studiate. La freccia indica la posizione della centrale di Provvidenza.....	25

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: sorgenti nei pressi della centrale di Provvidenza (stralcio da [13]).	25
Tabella 2: Parametri chimico-fisici e chimismo fondamentale di sorgenti nel Flysch della Laga. Conducibilità in $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20° , concentrazioni in mg/l (da [37]).....	26

1. INTRODUZIONE

Enel Produzione S.p.A. ha affidato a Lombardi SA l'incarico professionale di ingegneria per la Progettazione Definitiva per Autorizzazione di una nuova centrale di pompaggio in caverna da realizzarsi in prossimità della esistente sita nel territorio del comune dell'Aquila (AQ) (**Figura 1**). La centrale sfrutterà il dislivello tra gli invasi di Campotosto, a monte, e Provvidenza, a valle.

La presente relazione illustra le caratteristiche idrogeologiche dell'area interessata dal progetto. Lo studio è stato condotto basandosi su informazioni da bibliografia e risultati di indagini già eseguite nell'intorno dell'opera sulla medesima formazione geologica. Viene quindi redatto nei limiti delle informazioni disponibili.

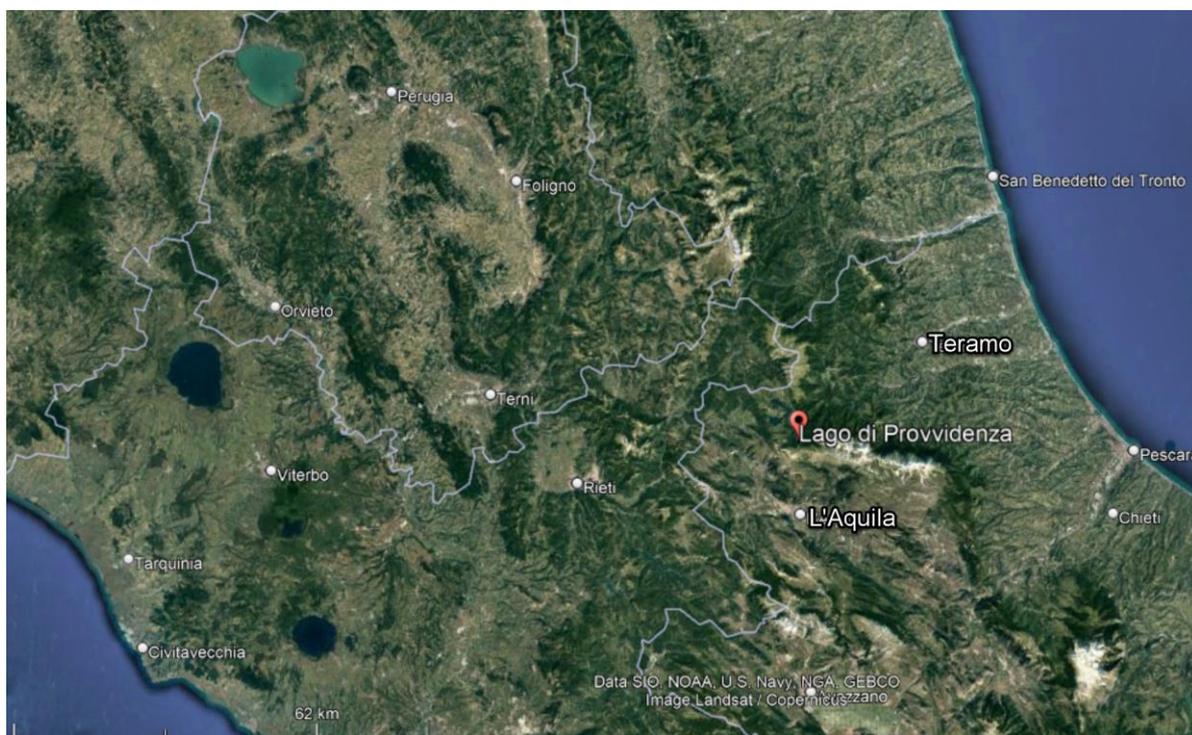


Figura 1: Ubicazione della centrale di Provvidenza (da Google Earth)

- **Capitolo 1** contiene l'introduzione al tema tecnico nel seguito sviluppato;
- **Capitolo 2** - descrive brevemente le caratteristiche dell'impianto esistente;
- **Capitolo 3** descrive la metodologia di lavoro adottata;
- **Capitolo 4** Inquadra l'idrogeologia dell'area;
- **Capitolo 5** illustra gli aspetti meteorologici;
- **Capitolo 6** illustra i complessi idrogeologici e lo schema idrogeologico;
- **Capitolo 7** descrive le caratteristiche delle sorgenti;
- **Capitolo 8** valuta le interferenze;
- **Capitolo 9** elenca i riferimenti bibliografici.

Gli elaborati progettuali a cui il presente rapporto fa riferimento sono:

- GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.006.00 Relazione Geologica
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.007.00 Relazione Geotecnica
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.009.00 Carta geologico-geomorfologica generale (scala 1:2.500)
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.010.00 Sezioni geologiche - geotecniche trasversali della centrale (scala 1:500)
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.011.00 Sezione geologica-geotecnica longitudinale della centrale (scala 1:500)
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.012.00 Sezione geologica longitudinale galleria di scarico (scala 1:1.500)
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.004.00 Relazione Idrologica

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La centrale di Provvidenza fa parte degli impianti che utilizzano a scopo idroelettrico le acque del Fiume Vomano. Questo corso d'acqua nasce alle pendici del Monte San Franco nel Parco Nazionale del Gran Sasso e sfocia nel Mar Adriatico nei pressi di Roseto degli Abruzzi per una lunghezza complessiva di circa 76 km. Tra i suoi affluenti nell'area di interesse si ricordano il Rio Fucino, il Rio Arno ed il Torrente Mavone. I lavori per la realizzazione della diga iniziarono nel 1939 e vennero ultimati nel 1947 dopo alcune interruzioni dovute alla guerra [3].

Lo schema degli impianti presenti lungo l'asta del Vomano è illustrato in **Figura 2** e **Figura 3**.

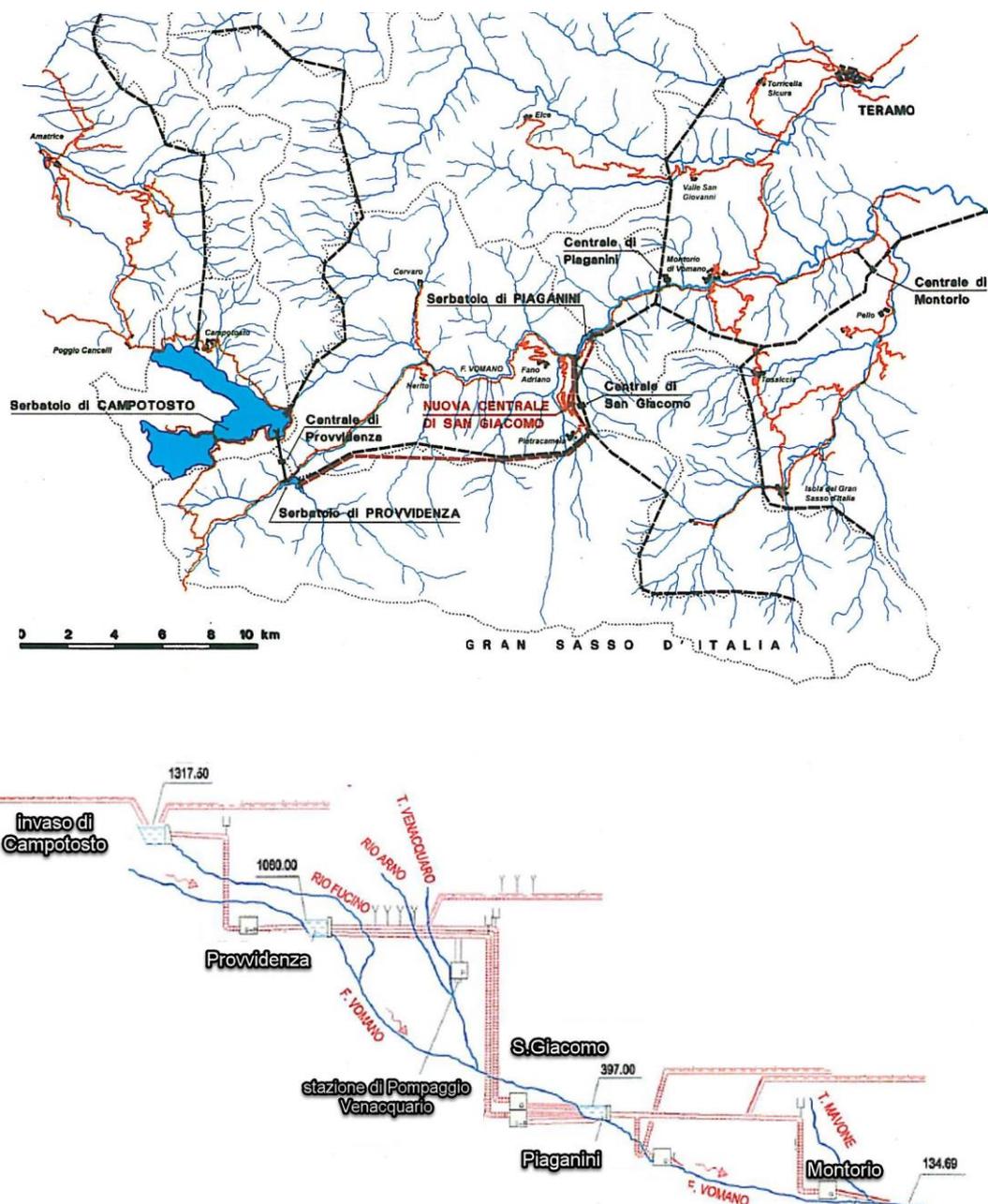


Figura 2: Planimetria generale e schema degli impianti dell'asta del Vomano ([2] parz. ridisegnato)

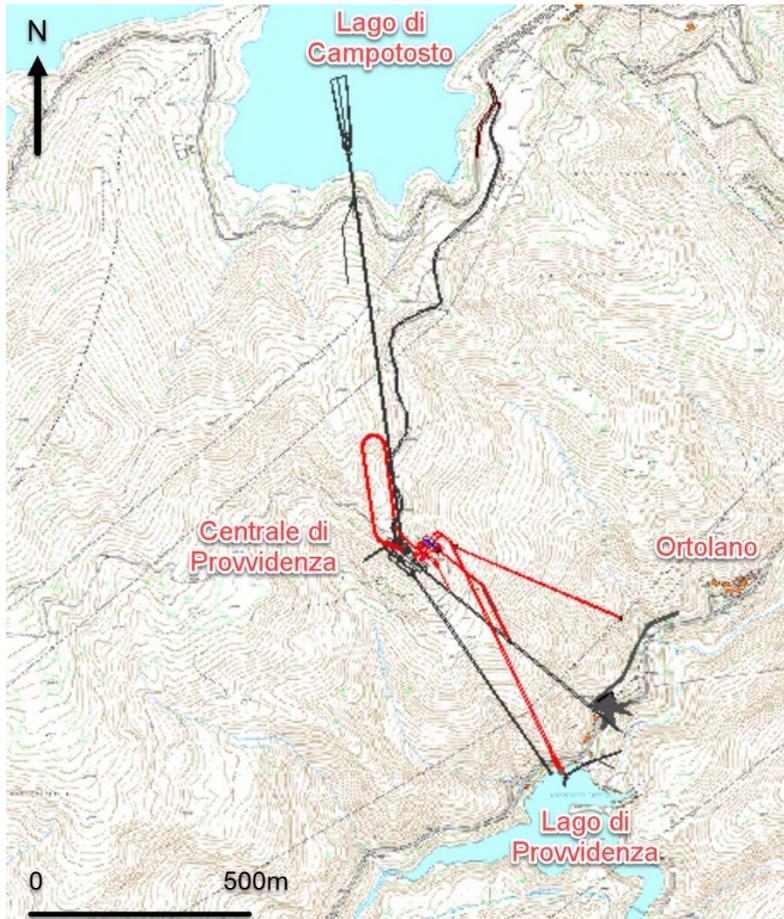


Figura 3: Schema idraulico di Provvidenza. In nero le opere esistenti, in rosso le opere di progetto

L'intervento prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- una nuova caverna in cui installare i due nuovi gruppi reversibili da 110 MW;
- gallerie di accesso e di costruzione della caverna derivate da quella esistente;
- gallerie piezometriche di monte e di valle;
- nuova galleria forzata di restituzione al serbatoio di Provvidenza;
- nuova restituzione/presa al serbatoio di Provvidenza;
- collegamento idraulico alla galleria di adduzione esistente;
- possibile recupero dell'esistente caverna di Centrale come sottostazione GIS;
- opere civili accessorie e provvisoriale.

3. METODOLOGIA DI LAVORO

Nell'ambito dello studio sono state effettuate le seguenti attività:

- Ricerca ed analisi del materiale bibliografico disponibile;
- Esame di immagini satellitari;
- Rilevamento geologico-geomorfologico;
- Stesura della relazione idrogeologica.

3.1 Base topografica e Modello Digitale del Terreno

La base topografica utilizzata per lo studio deriva dal Modello Digitale del Terreno ad 1m/pixel del Ministero dell'Ambiente [20] ove presente e dal DTM 10 m/pixel reso disponibile dalla Regione Abruzzo [23]. Dal DTM sono state estratte le isoipse (10m) che hanno costituito la base topografica di lavoro. Le viabilità e gli elementi antropici sono estratti dal Data Base Territoriale scala 1:5.000 in formato shape della Regione Abruzzo [18].

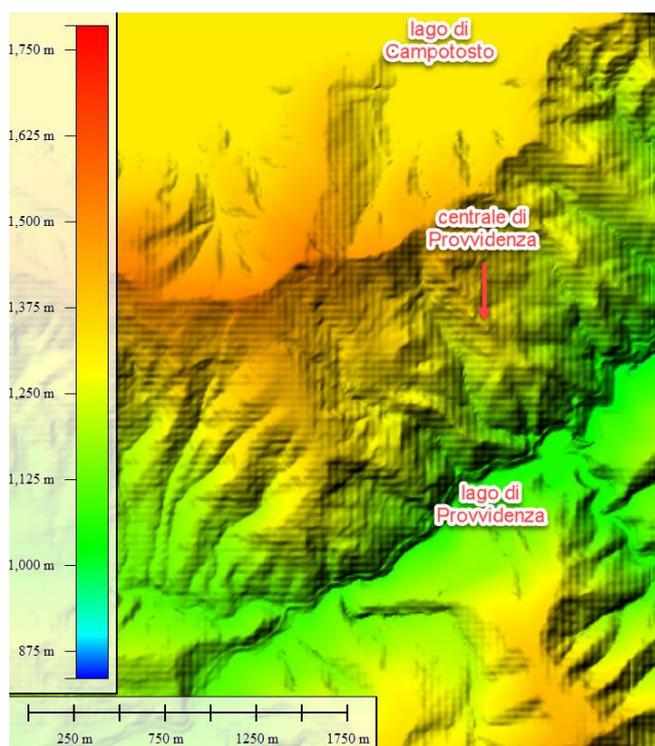


Figura 4: Modello digitale del terreno a 10m del versante dove è collocata la centrale di Provvidenza

Il DTM è stato inoltre utilizzato in ambiente GIS per l'analisi geomorfologica tramite visualizzazione del terreno sia sotto forma di quote che di pendenze, utilizzando vari angoli di illuminazione per esaltare così le forme morfologiche ed i cambi di pendenza.

3.2 Immagini satellitari ed ortofoto

A supporto del rilevamento geologico geomorfologico oltre ai modelli digitali del terreno sopra descritti sono state analizzate le immagini satellitari multitemporali disponibili sulla piattaforma Google Earth per i periodi 2012-2020 al fine di verificare eventuali modifiche morfologiche dei luoghi. Inoltre sono state consultate le ortofoto reperite presso la piattaforma Opendata della Regione Abruzzo, in particolare:

- Ortofoto Regione Abruzzo 2001 – 2005 (0.50 m/pixel).
- Ortofoto Regione Abruzzo 2007 (0.20 m/pixel).
- Ortofoto digitale delle province di Teramo, Pescara e L'Aquila – 2010 (0.20 m/pixel)

3.3 Attività di rilevamento

La verifica delle condizioni geologiche dell'area è stata effettuata tramite rilevamento geologico-geomorfologico nel mese di gennaio 2022. Gli ammassi rocciosi sono stati descritti dal punto di vista litologico e strutturale, ponendo particolare attenzione allo stato di fratturazione. Sono state misurate con bussola strutturale le orientazioni della stratificazione e delle principali strutture identificate.

Le attività sul campo sono state condotte con l'ausilio di tablet rugged dotati di ricevitore GPS monofrequenza (precisione di posizionamento 3-5m) e applicativo GIS FieldMove che ha permesso l'editing diretto sul campo delle informazioni acquisite.

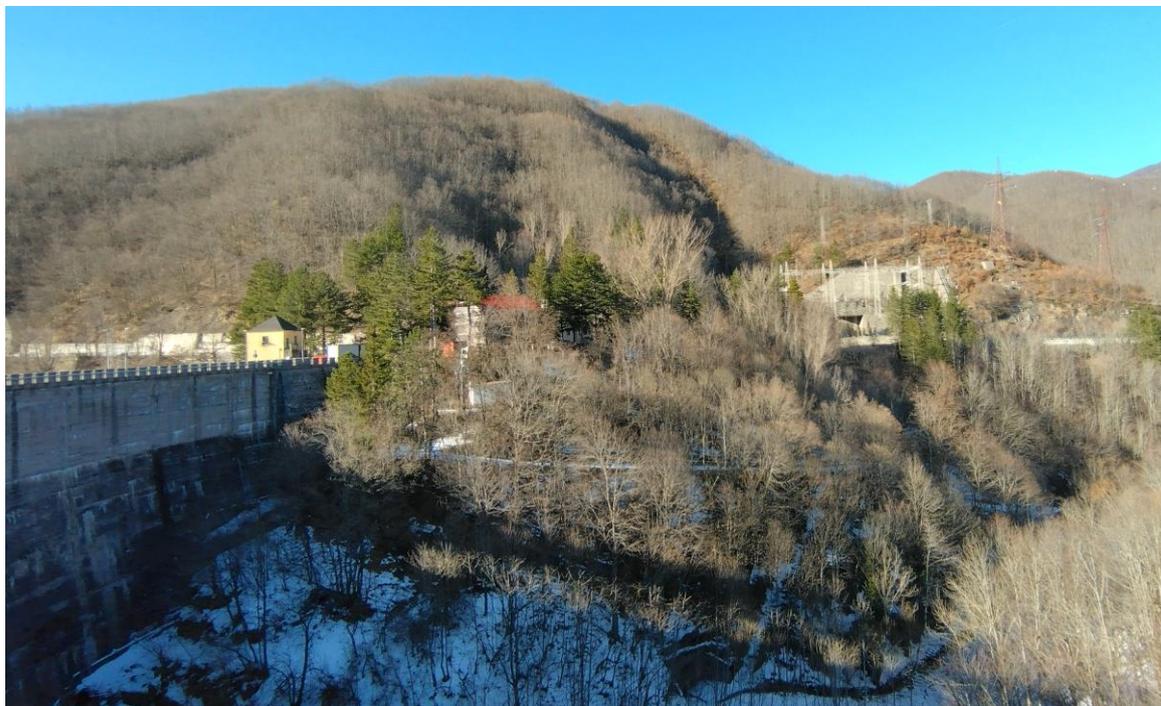


Figura 5: Vista della diga e della zona di imbocco della galleria di accesso alla Centrale di Provvidenza.
Ripresa dal versante in destra Vomano

3.4 Documentazione bibliografica

La ricerca bibliografica ha permesso di recuperare molte informazioni utili a definire le caratteristiche geologico-geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area in esame. La documentazione di riferimento viene elencata nel **Capitolo 9**.

In particolare per gli aspetti geologici si è fatto riferimento alla Carta Geologica Nazionale Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia" [6]. Per gli aspetti geomorfologici invece è risultata utile la Carta geomorfologica allegata al Piano Stralcio di Bacino per l' Assetto Idrogeologico dei Bacini di Rilievo Regionale Abruzzesi. "Fenomeni gravitativi e processi erosivi" [17] che individua le forme sulla base dell'agente morfogenetico dominante. Questi dati hanno costituito la base di partenza per i rilievi di terreno.

Sono stati inoltre analizzati i dati forniti dalla Committente relativi alla verifica di sicurezza sismica della Diga di Provvidenza sulla medesima unità geologica (Formazione della Laga) interessata dagli interventi in progetto [3][4].

Per gli aspetti idrogeologici si è fatto riferimento i seguenti documenti:

- Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale [33];
- Relazioni e tavole del Piano di Tutela delle Acque della Regione Abruzzo, reperite presso il sito regionale [26]. Questi elaborati hanno permesso l'inquadramento idrogeologico e la definizione dei complessi idrogeologici e degli acquiferi significativi dell'area del Bacino del Vomano in cui si collocano le opere [27][28][29][30][31];
- Lo studio "Individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee e delle derivazioni di acque superficiali destinate al consumo umano così come previsto dal D.LGS. 152/2006 e dal Piano di Tutela delle acque adottato dalla Regione Abruzzo" che si compone di numerosi documenti, ha permesso di individuare le sorgenti a scopo idropotabile nei pressi dell'area in esame e di definire l'idrogeologia della zona [9][10][11][12][14].
- Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente (ARTA Abruzzo) che per i corpi idrici significativi riporta i punti di monitoraggio e definisce la qualità delle acque [6];
- Archivio Nazionale delle Indagini di Sottosuolo (Legge 464/1984) di ISPRA per la verifica della presenza di pozzi per acqua [21]. Nella banca dati, consultata nel luglio 2022, non sono indicati pozzi per la zona di interesse.

3.5 Indagini diga Provvidenza

Gli studi elaborati da Cesi per la verifica sismica della diga di Provvidenza [3][4], riportano una serie di indagini geognostiche e prove di laboratorio condotte negli anni '80 da ISMES sulla medesima unità geologica (Formazione della Laga) interessata dagli interventi in progetto.

Nei sondaggi perforati nel corpo della diga e nel substrato roccioso vennero eseguite prove di permeabilità che indicano, per la roccia di fondazione, una permeabilità K variabile da $2 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-7}$ [5].

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

4.1 Assetto geologico

L'area di studio si colloca nella porzione esterna (Est) della catena appenninica la cui genesi è legata all'interazione tra i blocchi continentali sardo-corso (Europeo) e adriatico (Adria). Nell'Appennino umbro-marchigiano-abruzzese sono presenti unità carbonatiche legate alla deformazione del margine continentale della placca Adria mentre nell'Appennino Settentrionale e Meridionale alle unità carbonatiche sono sovrascorse le unità liguri derivanti dalla deformazione del prisma di accrezione. Pertanto, la catena laziale abruzzese in esame costituisce il settore di raccordo tra i due archi dell'Appennino Settentrionale e Meridionale [22]. In particolare l'area di studio si colloca nell'Unità della Laga (**Figura 6**), a nord del fronte del thrust del Gran Sasso che rappresenta la culminazione assiale della catena centro-appenninica dove le successioni carbonatiche triassico-mioceniche raggiungono circa i 3000m di quota.

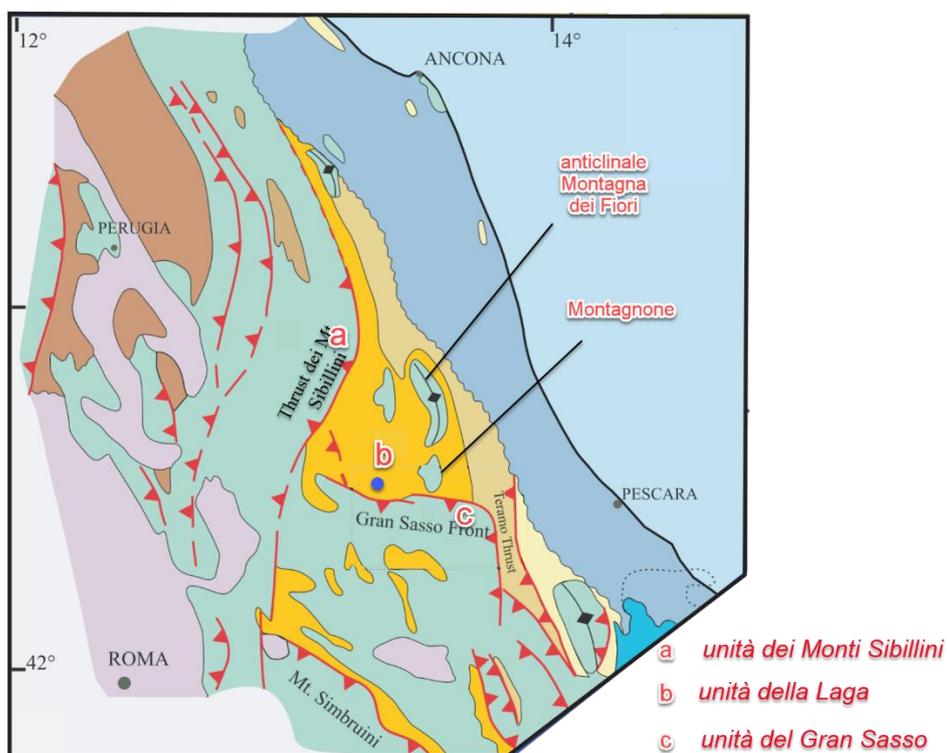


Figura 6: Schema tettonico dell'Appennino Centrale (da: [34] parz. ridisegnato). Nel cerchio blu la zona della Centrale di Provvidenza.

Rimandando alla relazione geologica per gli aspetti di inquadramento geologico dell'area si descrive di seguito la successione stratigrafica riconosciuta zona di studio e riportata in **Figura 7**.

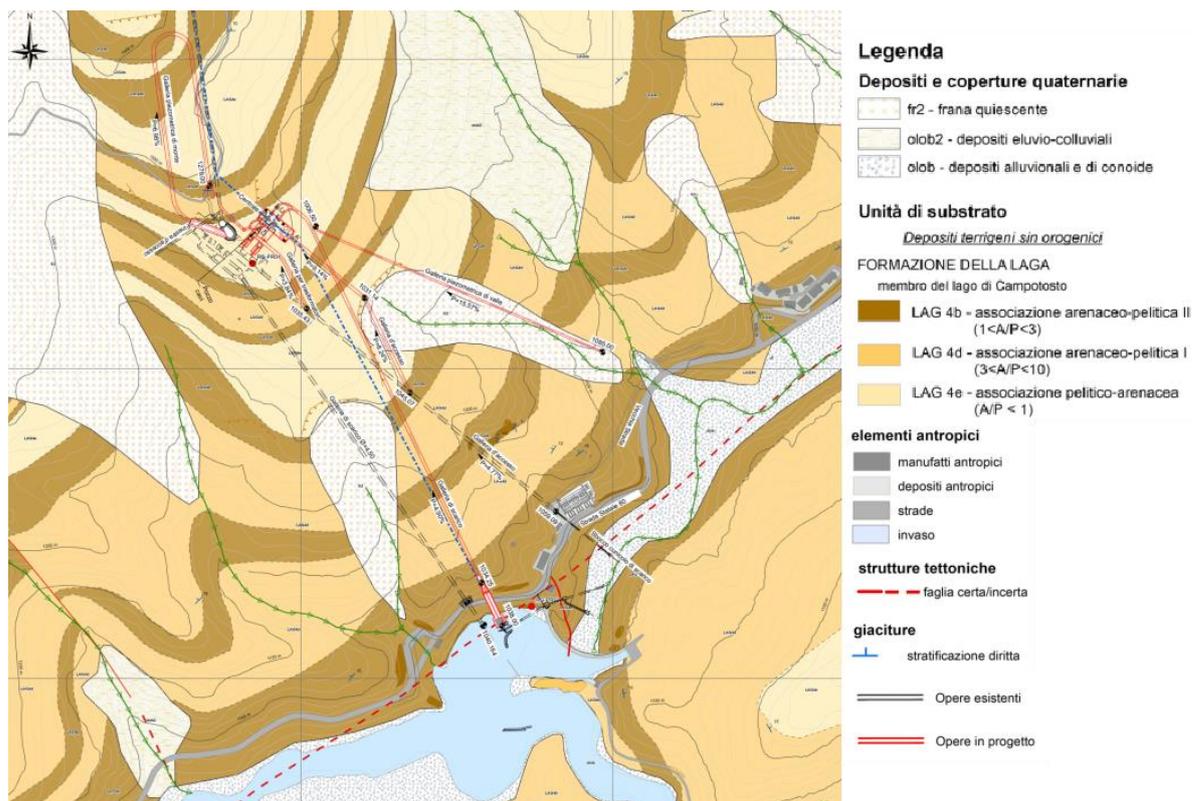


Figura 7: Stralcio della Carta geologico-geomorfologica dell'area (GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.009.00)

Nell'area di studio affiorano rocce appartenenti alla Formazione della Laga. Si tratta di depositi silicoclastici che costituiscono un grande ciclo sedimentario trasgressivo, con depositi che, dal basso verso l'alto, si evolvono passando da corpi arenacei canalizzati di conoide interna a depositi via via più arenaceo-pelitici di conoide esterna per passare a depositi di frangia e piana sottomarina decisamente più fini. Il Bacino della Laga meridionale che affiora in Abruzzo è considerato il più vasto e profondo depocentro torboidico di età messiniana, assieme a quello del sottosuolo della Pianura Padana e pertanto è stato oggetto di numerosi studi nel corso del tempo. La successione deposta in questo bacino è stata suddivisa in unità differenti a seconda dei diversi approcci stratigrafici utilizzati. Nella Carta geologico-geomorfologica di progetto ci si è basati su quanto riportato dalla Carta Geologica d'Italia Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia"[15] nella quale la Formazione della Laga è distinta in 3 membri (membro del Lago di Campotosto-LAG4, membro gessarenitico-LAG5, membro di Teramo-LAG6). All'interno dei membri si riconoscono delle associazioni ovvero porzioni di successione definite sulla base di caratteri quali tessitura, strutture sedimentarie, spessore, variazioni laterali, morfologia delle superfici di strato, rapporto Arenaria/Pelite.

Depositi terrigeni sin-orogenici

Formazione della Laga, membro di Campotosto – LAG4

Nella zona di studio sono presenti:

associazione arenaceo-pelitica II (LAG4b) caratterizzata da strati tabulari medi e spessi nei quali si riconosce spesso la sequenza di Bouma completa (porzione gradata inferiore e laminata superiore) oppure è presente solo la laminata superiore. Il rapporto Arenaria/Pelite è: $1 < A/P < 3$

associazione arenaceo-pelitica I (LAG4d) caratterizzata da alternanza piuttosto regolare di livelli arenacei tabulari in strati spessi e molto spessi ed orizzonti arenaceo-pelitici in strati medi, paralleli, piuttosto continui, che solitamente presentano una sequenza completa di Bouma oppure troncata inferiormente. Rapporto Arenaria/Pelite è $3 < A/P < 10$

associazione pelitico arenacea (LAG4e) caratterizzata dalla prevalenza di strati tabulari nei quali la porzione arenacea è completamente laminata. Rapporto Arenaria/Pelite < 1

Depositi e coperture quaternarie continentali

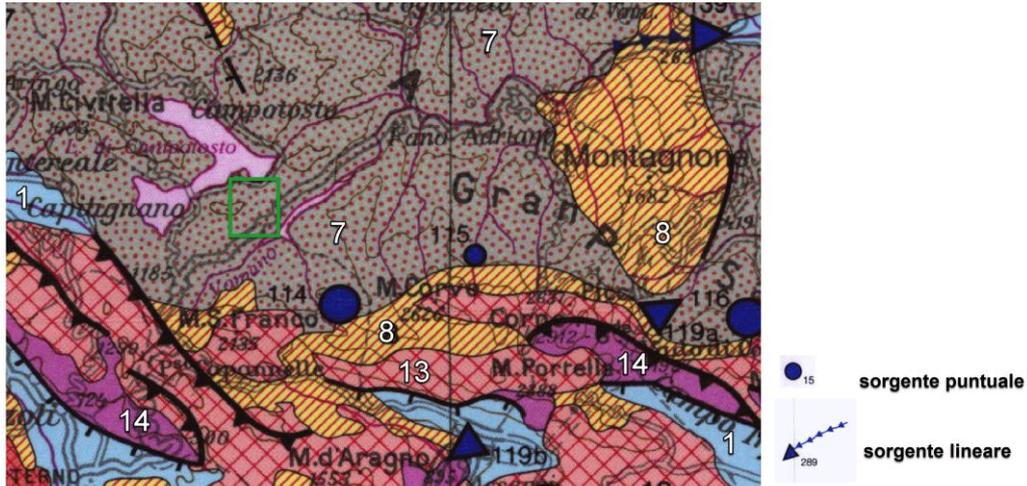
Sono stati distinti:

- **Depositi alluvionali, fluvio glaciali e di conoide (olob)** Depositi sabbiosi, ghiaiosi e limosi. Talora livelli e lenti di argilla. Età: Olocene-attuale
- **Depositi eluvio-colluviali (olob2)** Coltri siltoso-sabbiose e limoso-argillose con clasti calcarei e/o arenacei. Età: Olocene-attuale
- **Depositi di frana (fr2)** Materiali eterogenei ed eterometrici argilloso-marnosi, calcareo-marnosi e calcarei. Con fr2 si indicano le frane quiescenti. Età: Olocene-attuale

4.2 Inquadramento idrogeologico

Sono disponibili vari studi a diversa scala che indagano le caratteristiche idrogeologiche del settore in cui si colloca l'area di studio.

Lo schema idrogeologico regionale è rappresentato dalla Carta Idrogeologica dell'Appennino Centrale [33] della quale si riporta uno stralcio per l'area di Provvidenza in **Figura 8**. Il settore ricade nel Complesso dei flysch arenacei appartenenti ai depositi marini tardo orogenici e sin orogenici. Regionalmente il complesso è costituito da successioni flyschiodi argilloso-marnoso-arenacee, che passano localmente a termini evaporitici e gessi (Età: Miocene-Pliocene p.p.). Nel settore di studio la successione è arenacea e marnosa. Lo studio valuta che questo complesso idrogeologico presenti una bassa permeabilità d'insieme ma discrete capacità di immagazzinamento e che sia caratterizzato da limitata circolazione sotterranea con infiltrazione efficace media annua inferiore ai 100 mm/anno.



Depositi post orogenici, di copertura e di colmamento, prevalentemente continentali, subordinatamente marini di ambiente neritico

1 Complesso dei depositi detritici di limitato spessore

Depositi marini tardo e sin-orogenici prevalentemente terrigeni caratterizzati da limitata circolazione sotterranea

7 Complesso dei flysch arenacei

8 Complesso marnoso-calcarenitico

Dominio della sedimentazione pelagica, caratterizzato da alti valori di infiltrazione efficace e attiva circolazione sotterranea

13 Complesso di transizione bacino-piattaforma

Successione basale dell'Appennino centrale, dolomitica e metamorfica caratterizzata da limitata infiltrazione e ridotta percolazione

14 Complesso dolomitico

Figura 8: Stralcio della Carta Idrogeologica tratta dallo Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale [33] (parz.ridisegnata). In verde l'area di studio.

In questa parte di catena si distinguono quindi due settori principali (**Figura 9**) caratterizzati da unità a diverso comportamento: uno che si comporta come acquifero (sistema idrogeologico del Gran Sasso) ed uno come acquicluda (argille arenarie e marne) [38]. In quest'ultimo è situata la nuova centrale di Provvidenza.

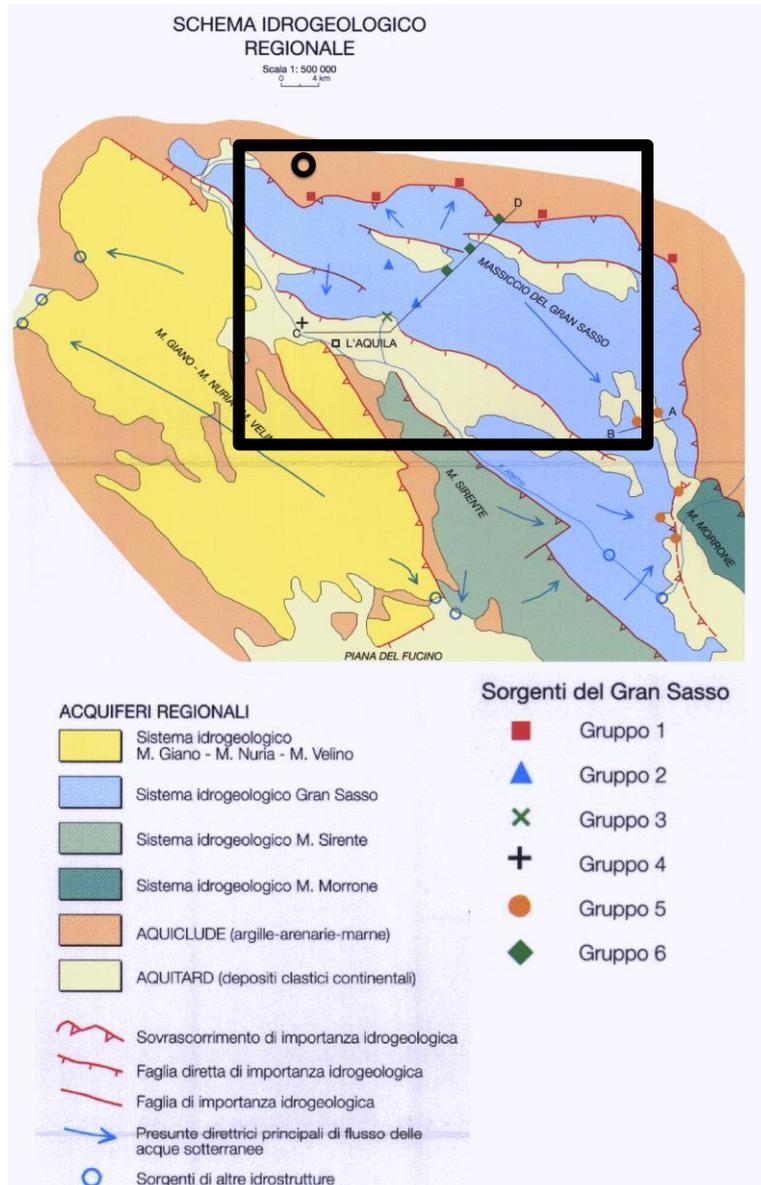


Figura 9: Schema idrogeologico della Regione Abruzzo tratto da [38] . Nel cerchio scuro la zona di studio

Il Piano di Tutela delle Acque della Regione Abruzzo include vari documenti che definiscono i complessi idrogeologici (**Figura 10**), riconoscono i corpi idrici sotterranei significativi (CIS) (**Figura 11**) e riportano le principali sorgenti (**Figura 12**).

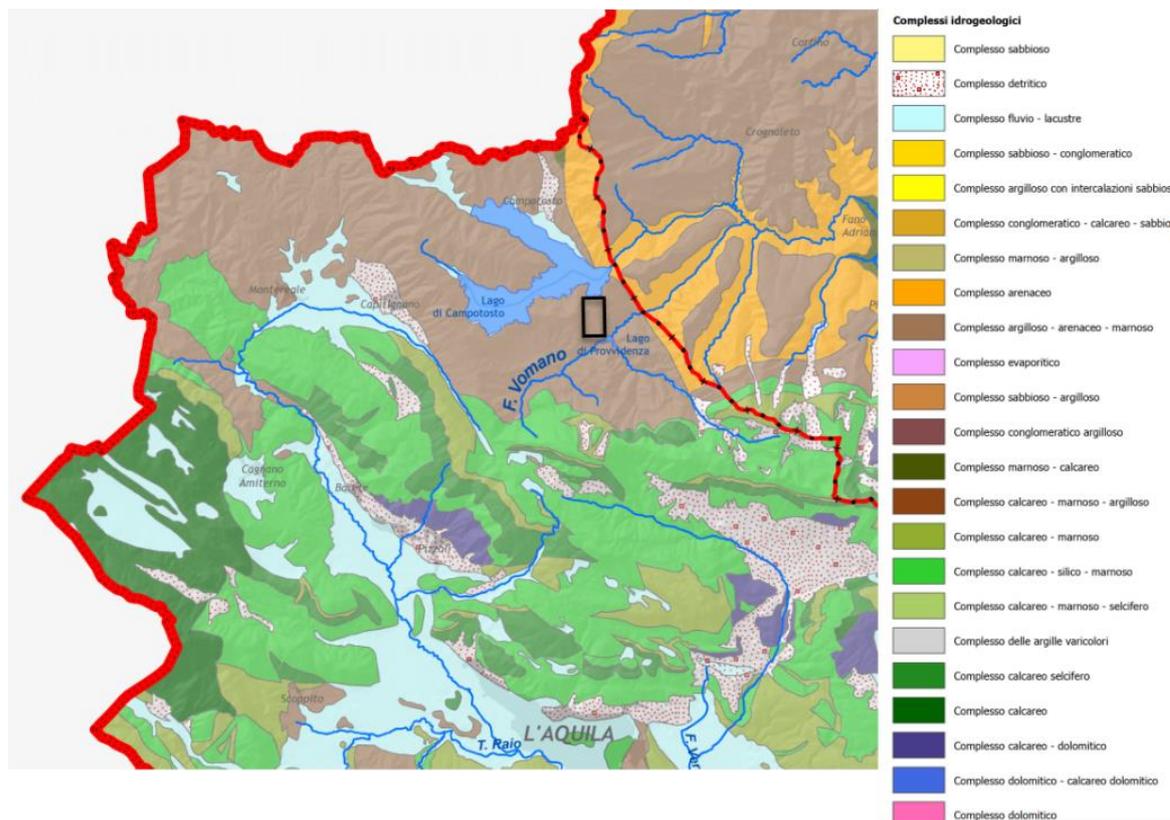


Figura 10: Stralcio della Carta dei Complessi idrogeologici del Piano di Tutela delle Acque della Regione Abruzzo [30]. Nel riquadro nero l'area di interesse che si colloca nel Complesso idrogeologico argilloso-arenaceo-marnoso

Come accennato, l'acquifero carbonatico-carsico del Gran Sasso, colori verdi in **Figura 10**, costituisce un importante acquifero regionale caratterizzato dalle successioni dell'Unità di Piattaforma carbonatica Laziale-Abruzzese. Il Piano di Tutela delle Acque lo indica come "Corpo idrico sotterraneo significativo dei Monti del Gran Sasso – Monte Sirente (GS-S) " L'acquifero GS-S è allungato in direzione NO-SE ed è delimitato da discontinuità tettoniche e da depositi argilloso-arenaceo-marnosi poco permeabili. In particolare la porzione prossima all'area di studio (**Figura 11**) fa parte del "corpo secondario significativo Monti del Gran Sasso" (GS-Sa) che costituisce la parte settentrionale di GS-S. Il suo limite idrogeologico settentrionale è di tamponamento e rappresentato dall'accavallamento della successione carbonatica sul "Flysch della Laga", poco permeabile [27]. L'architettura di GS-S è piuttosto complessa: al suo interno sono distinguibili una serie di bacini idrici sotterranei intercomunicanti che creano una zona di alto idrostrutturale la cui falda defluisce verso nord alimentando gruppi di sorgenti (del Chiarino, del Rio Arno, ecc.) (**Figura 12**). Queste sorgenti sono state oggetto di monitoraggio quali quantitativo per gli studi del Piano di Tutela delle Acque ed alcune fanno parte della rete di monitoraggio acque sotterranee di ARTA [8]. In particolare si ricorda che il gruppo delle sorgenti del Chiarino rifornisce l'acquedotto che serve il Comune dell'Aquila, mentre le acque delle sorgenti del Rio Arno sono destinate all'acquedotto del Ruzzo che serve il settore teramano.

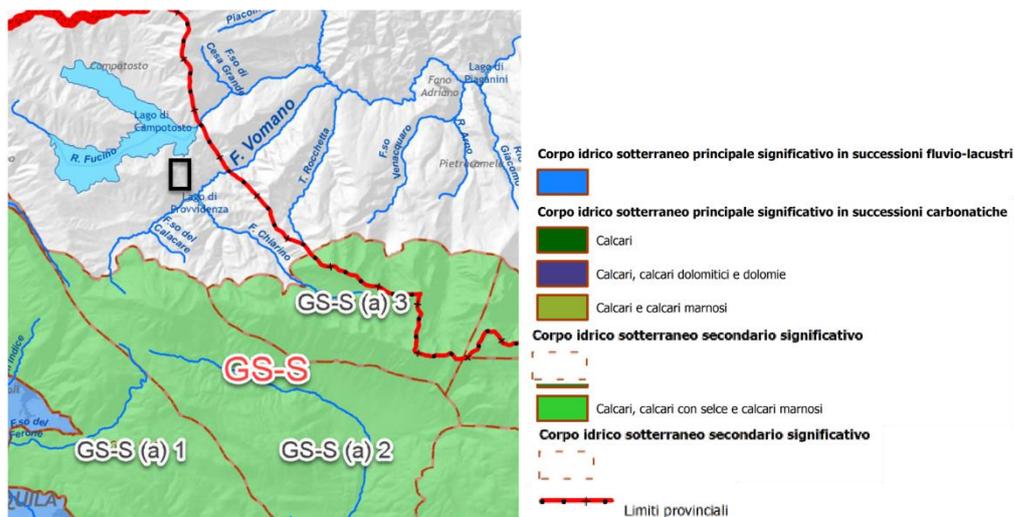


Figura 11: Stralcio dalla Carta dei corpi idrici sotterranei significativi e di interesse del Piano di Tutela delle Acque della Regione Abruzzo [29] (parz. ridisegnato). Nel riquadro nero il settore dove si collocano le opere in progetto. Con la sigla GS-S è indicato il corpo idrico sotterraneo significativo del Gran Sasso-Sirente. In nero le sigle dei corpi idrici secondari.

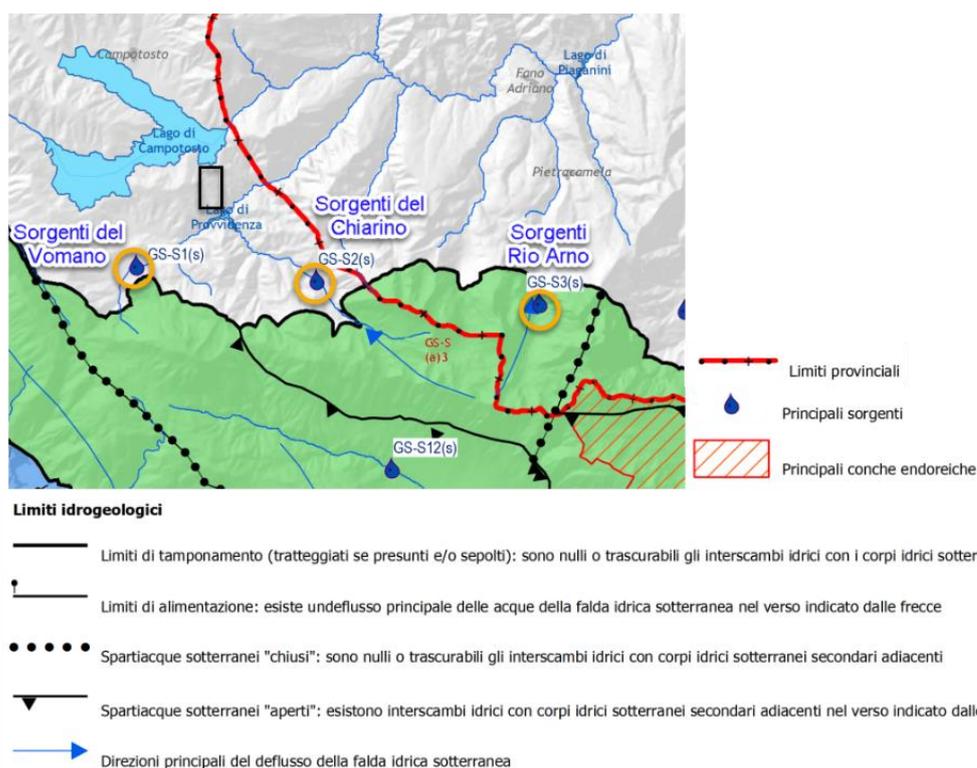


Figura 12: Stralcio della Carta idrogeologica del Piano di Tutela delle Acque [31]. Le unità idrogeologiche sono quelle della figura precedente. Nei cerchi arancio le sorgenti lungo il limite di tamponamento settentrionale, nel riquadro nero la posizione della centrale di Provvidenza.

Secondo il quadro sopra delineato la zona di studio si ricade nel complesso idrogeologico argilloso-arenaceo-marnoso che non fa parte dei complessi idrici sotterranei significativi (CIS) in quanto a bassa permeabilità; tuttavia si deve sottolineare che tale complesso pur costituendo l'acquicludo/acquitaro

delle grandi idrostrutture carbonatiche, è anch'esso sede di un acquifero, anche se di minore importanza, che dà luogo a numerose emergenze sorgentizie **Figura 13**.

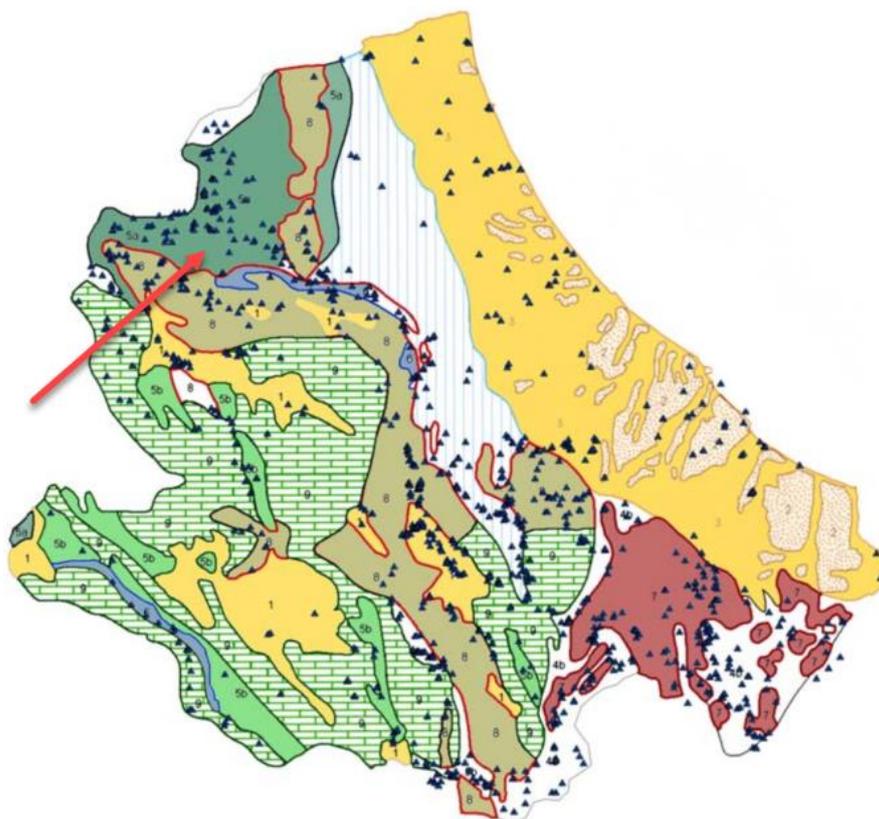


Figura 13: Ubicazione di sorgenti censite sul territorio regionale per l' "Aggiornamento ed Adeguamento del Piano Regolatore Generale degli acquedotti nella Regione Abruzzo" (da [32]) e riportate sullo schema geologico regionale. La freccia indica il settore di studio. In verde area di affioramento dei flysch prevalentemente arenaceo marnosi a cui appartiene la Formazione della Laga

5. ASPETTI METEOCLIMATICI

5.1 Inquadramento generale

Il clima della Regione Abruzzo il cui territorio è compreso tra le catene montuose appenniniche e la linea di costa adriatica, tende a divenire via via più mite spostandosi da ovest ad est. Secondo quanto riportato nel Rapporto sullo stato dell'Ambiente [6] “*facendo riferimento alla classificazione di Köppen-Geiger per il periodo 1986-2010, quasi l'intera regione è caratterizzata dalla classe dei Climi Mesotermi di tipo C (temperati delle medie latitudini) con temperatura media del mese più freddo compresa tra 18 °C e -3 °C e dove almeno in un mese si ha una temperatura media superiore a 10°C*”.

Nelle aree appenniniche di medio-alta montagna è presente il sottotipo climatico “*Cfc: clima temperato senza stagione secca con estate fresca e breve (Oceanico Sub-Polare)*”.

5.2 Condizioni metereologiche dell'area

La caratterizzazione termo-pluviometrica dell'area di studio fa riferimento a quanto riportato nella Relazione Idrologica allegata al progetto (GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.004.00). In tale elaborato la caratterizzazione storica dei principali dati climatici è stata effettuata utilizzando i dati satellitari NASA, mediati sull'area dei bacini e sottobacini imbriferi dei serbatoi di Campotosto e Provvidenza appartenenti al bacino del Vomano (Figura 14)

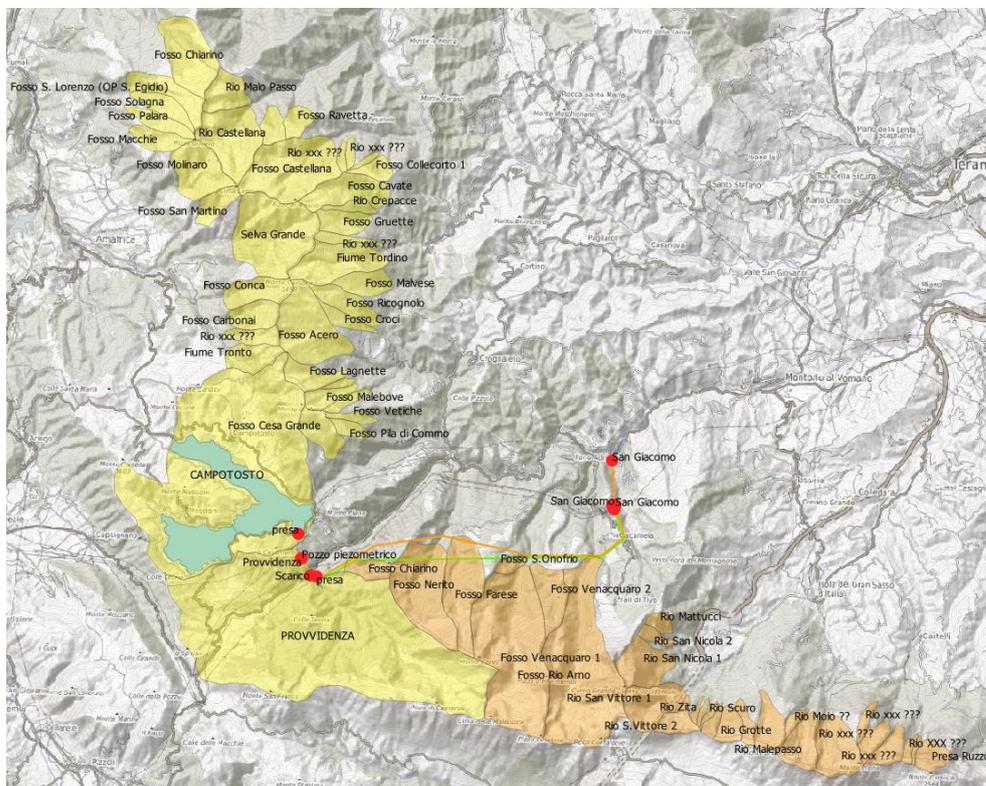


Figura 14: Bacini idrografici dei serbatoi di Campotosto e Provvidenza (da [45])

5.3 Temperatura

Come parametro di riferimento è stata considerata la temperatura media mensile dell'aria vicina alla superficie. L'andamento riportato in **Figura 15**, per il periodo 1948-2021, mostra una tendenza crescente dei valori di temperatura, in particolare nell'ultimo ventennio.

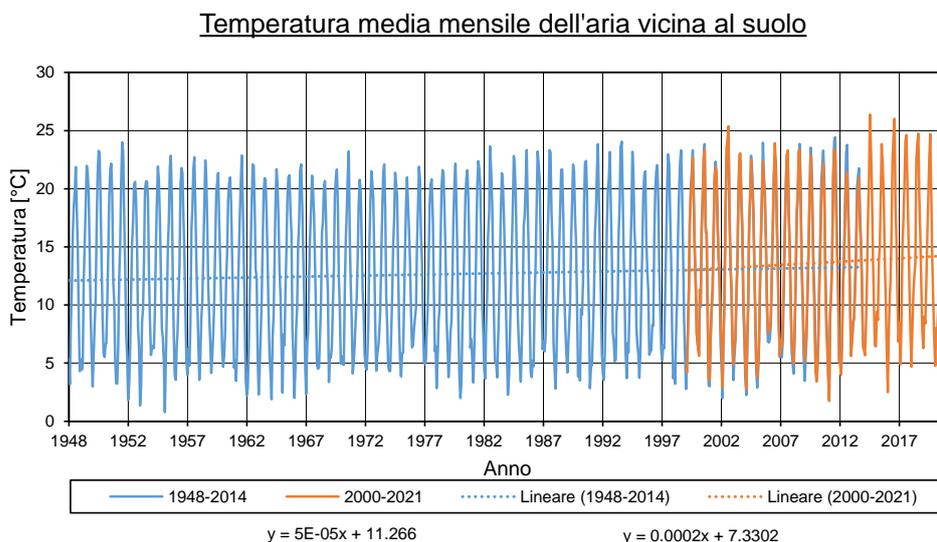


Figura 15: Temperatura media mensile vicina al suolo (da [45])

Questo trend è ben evidente confrontando la media delle temperature mensili dell'ultimo ventennio con quelle del periodo precedente (1948-2000) (**Figura 16**).

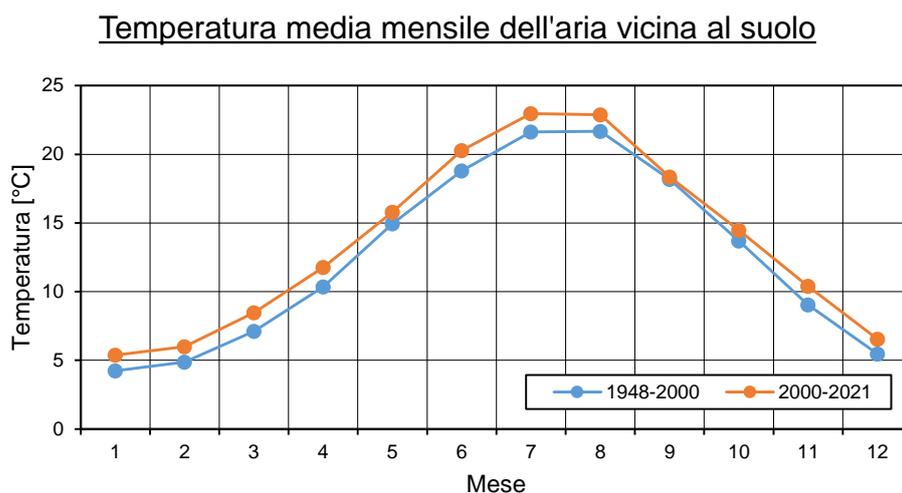


Figura 16: Temperatura media mensile vicina al suolo per i periodi 1948-2000 e 2000-2021 (da [45])

5.4 Precipitazione

La precipitazione mensile sia liquida che solida per i bacini di studio, relativa al periodo 1948-2021, è rappresentata in **Figura 17**. I dati mostrano una chiara diminuzione nella precipitazione totale nell'area.

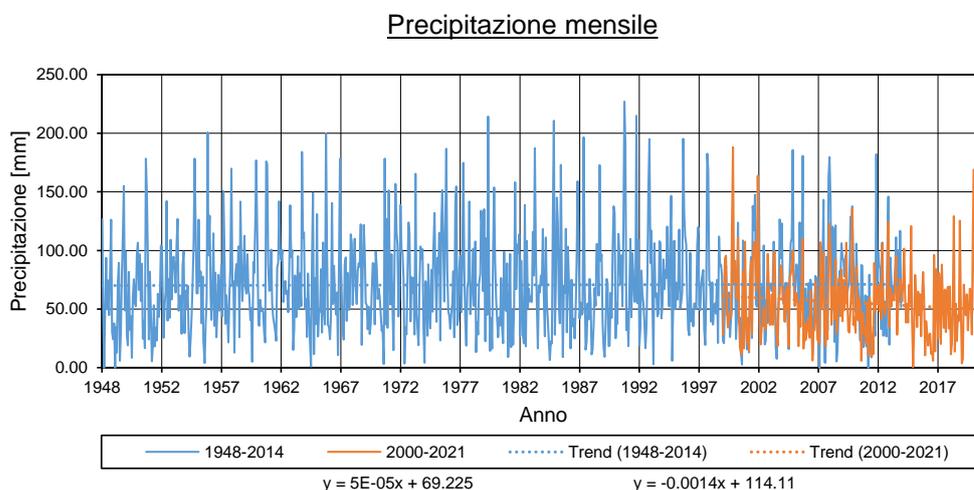


Figura 17: Precipitazione mensile per i bacini di interesse (da [45])

In **Figura 18** vengono confrontate le precipitazioni medie mensili nell'ultimo ventennio con quelle del periodo precedente (1948-2000)

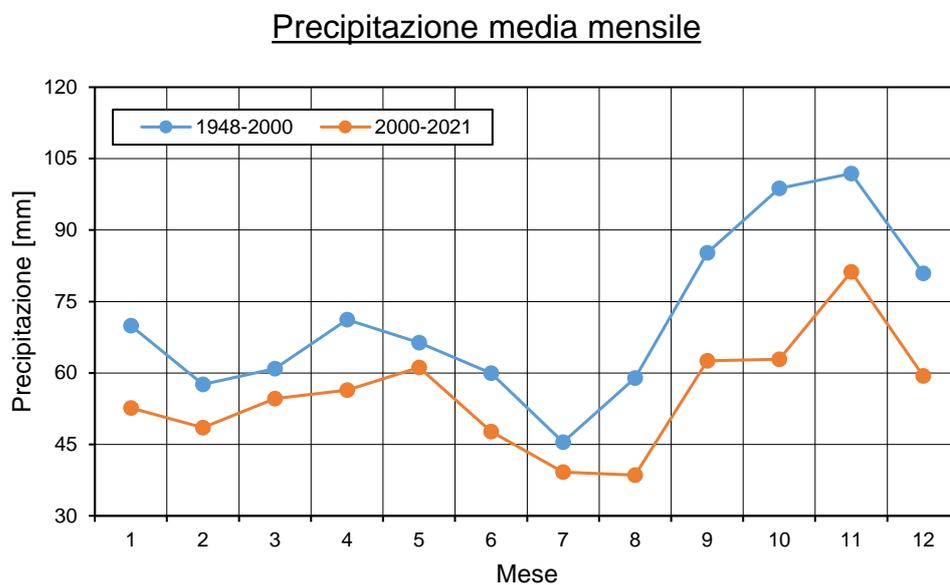


Figura 18: Precipitazione mensile media (da [45])

L'afflusso totale annuo medio negli ultimi 20 anni risulta pari a 665 mm.

5.5 Evapotraspirazione

L'andamento storico a lungo termine dell'evapotraspirazione per l'area di interesse è mostrato in **Figura 19**.

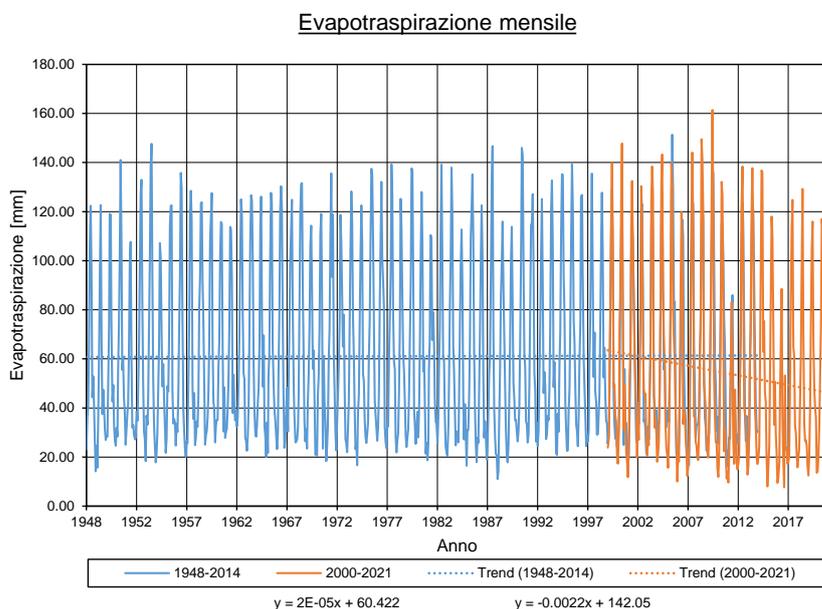


Figura 19: Evapotraspirazione mensile per i bacini di interesse (da [45])

Si nota una diminuzione dei valori, che nonostante possa sembrare in contraddizione con l'aumento della temperatura, è coerente con la diminuzione nelle precipitazioni, la quale risulta in un inaridimento del terreno, con meno acqua a disposizione per l'evapotraspirazione. I valori medi mensili dell'evapotraspirazione negli ultimi 20 anni sono mostrati in **Figura 20**. Si nota una diminuzione generale rispetto al periodo precedente, ad eccezione della primavera, la quale presenta un leggero aumento.

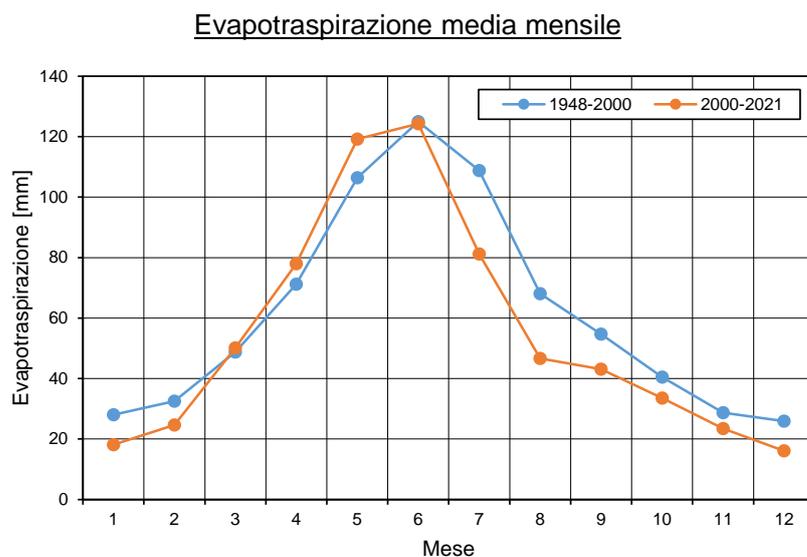


Figura 20: Evapotraspirazione media mensile per i periodi 1948-2000 e 2000-2021 (da [45])

6. SCHEMA IDROGEOLOGICO

Viene di seguito illustrato lo schema idrogeologico dell'area di studio sviluppato a partire dai dati di rilevamento geologico e da bibliografia. Dalla cartografia geologica di progetto [41] è stata derivata una mappa idrogeologica (**Figura 22**) nella quale vengono rappresentati i complessi idrogeologici presenti. Le direzioni di flusso ipotizzate in base all'assetto dell'area, alla presenza degli invasi di monte (bacino di Campotosto) e di valle (bacino di Provvidenza) e delle opere esistenti, sono schematizzate in **Figura 23**.

6.1 Complessi idrogeologici

Sono stati distinti 3 complessi idrogeologici che rappresentano volumi litologici continui caratterizzati dalle medesime caratteristiche di permeabilità. La ripartizione riguarda in primo i depositi superficiali rispetto alle unità costituenti il substrato roccioso: per le prime si parla di "Permeabilità di tipo primario" cioè legata alla porosità e per il substrato di "Permeabilità di tipo secondario" per fratturazione e dissoluzione.

Riguardo alle unità di substrato è definito un unico complesso argilloso-arenaceo-marnoso (U.I.3) costituito dalle rocce della Formazione della Laga. Di seguito si illustrano le caratteristiche salienti di ciascun complesso, mentre la loro posizione in carta è indicata in **Figura 22**.

	Unità Idrogeologiche	Unità Geologiche	Grado di permeabilità'			
			Molto Alto -alto 10^{-1} m/s	Medio 10^{-2} m/s	Basso 10^{-3} m/s	Molto basso
Permeabilità primaria per porosità	U.I. 1 (complesso dei depositi alluvionali)	Depositi alluvionali, fluvio-glaciali e di conoide (olob)				
	U.I. 2 (complesso dei depositi detritici di versante)	Depositi detritici, frane (olob2, fr2)				
Permeabilità secondaria per fratturazione	U.I.3 (complesso argilloso-arenaceo-marnoso)	Formazione della Laga (membro di Campotosto) (LAG4)		← F		

F=Fratturazione

Figura 21: Unità idrogeologiche dello schema di **Figura 22**

6.1.1 U.I.1 - Complesso dei depositi alluvionali

Comprende i depositi alluvionali e fluvio glaciali e le conoidi (olob2). Il grado di permeabilità, di tipo primario, varia da alto a molto alto ed è legato all'elevata porosità dei depositi di natura alluvionale composti da ghiaie, prevalentemente calcaree, sabbia e limo.

6.1.2 U.I.2 - *Complesso dei depositi detritici*

Vi appartengono le unità geologiche dei depositi detritici ed eluvio colluviali (olob) e dei depositi di frana (fr2). Il complesso è caratterizzato da permeabilità primaria generalmente alta con elevata capacità di assorbimento delle acque meteoriche che vengono trasmesse al complesso sottostante, se questo è permeabile.

6.1.3 U.I.3 - *Complesso argilloso-arenaceo-marnoso*

Questo complesso è costituito dalla successione torboidica arenaceo pelitica della Formazione della Laga. Nell'area di studio gli unici dati di permeabilità disponibili risalgono alle prove realizzate nel 1988 presso la diga di Provvidenza [5]. L'ammasso indagato è rappresentato dallo stesso membro di Campotosto (LAG4) in cui è stata scavata la centrale di Provvidenza. Le prove di permeabilità eseguite a varie profondità, indicano per la roccia di fondazione una permeabilità media con valori di K variabili da $2 \cdot 10^{-6}$ a $1 \cdot 10^{-7}$ m/s. Va considerato che questi dati hanno carattere locale e riguardano porzioni di ammasso con modesta copertura (qualche decina di metri) e tendenzialmente più fratturate e permeabili rispetto al volume in cui verrà realizzata la nuova centrale che si colloca circa 600m all'interno del versante con copertura di oltre 300m. Si è valutato pertanto che il complesso U.I.3 presenti una permeabilità mediamente bassa (tra 10^{-6} e 10^{-8} m/s) con possibile locale incremento dei valori per fratturazione. Anche se regionalmente il complesso viene considerato un acquitardo/acquiclude per le idrostrutture dei massicci carbonatici, in ragione dei dati raccolti e della presenza di varie emergenze sorgentizie, descritte nel successivo capitolo (**capitolo 7**), si considera che esso sia sede di un acquifero di modesta importanza.

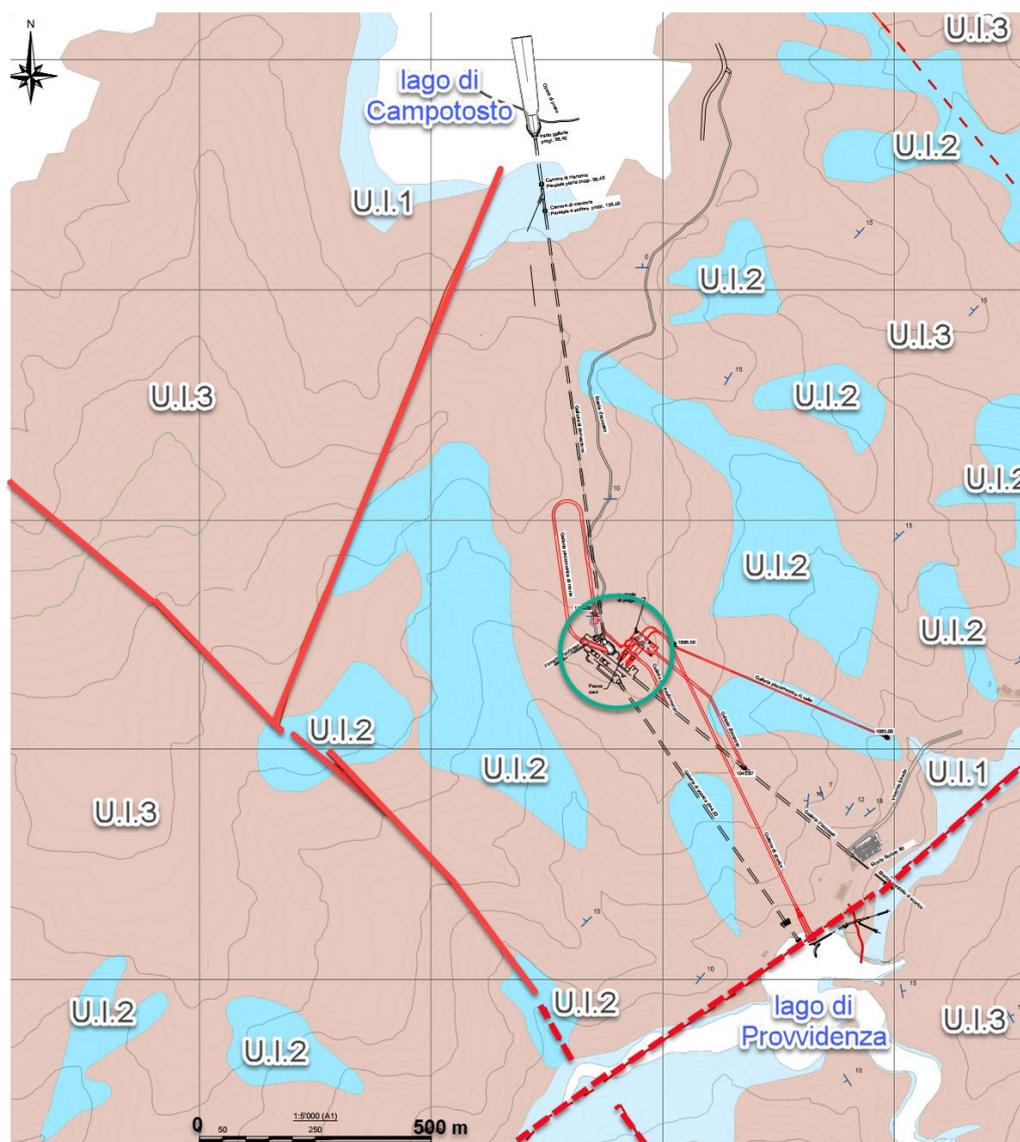


Figura 22: Mapa idrogeologica dell'area. Le opere di progetto sono rappresentate con tratto rosso mentre le esistenti in nero. Le unità idrogeologiche sono riportate in **Figura 21**. Nel cerchio verde il settore delle centrali esistente e di progetto.

6.2 Schema idrogeologico locale

Per quanto concerne le condizioni idrogeologiche le informazioni disponibili sono molto limitate. E' chiaro che la costruzione dell'impianto esistente ha provocato una intensa perturbazione delle condizioni idrogeologiche naturali, sia per la generazione di due bacini artificiali che favoriscono l'infiltrazione delle acque nei versanti che per la realizzazione di una centrale in caverna che costituisce un elemento di drenaggio profondo.

Nelle sezioni geologico-geotecniche di progetto [42][43][44] viene rappresentato un livello di falda stimato, definito ipotizzando di avere una quota minima in corrispondenza del fondo della centrale attuale. L'alimentazione della falda avviene verso monte dalla filtrazione dal bacino di Campotosto e, verso valle, da quello di Provvidenza. In base a queste considerazioni si considera che attualmente il

flusso delle acque sotterranee possa essere schematizzato in planimetria come rappresentato in **Figura 23**.

Lo scavo della nuova centrale e delle opere accessorie avverrà sostanzialmente in affiancamento agli scavi esistenti, ampliando così i volumi drenanti e conseguentemente abbassando ulteriormente il livello di falda.

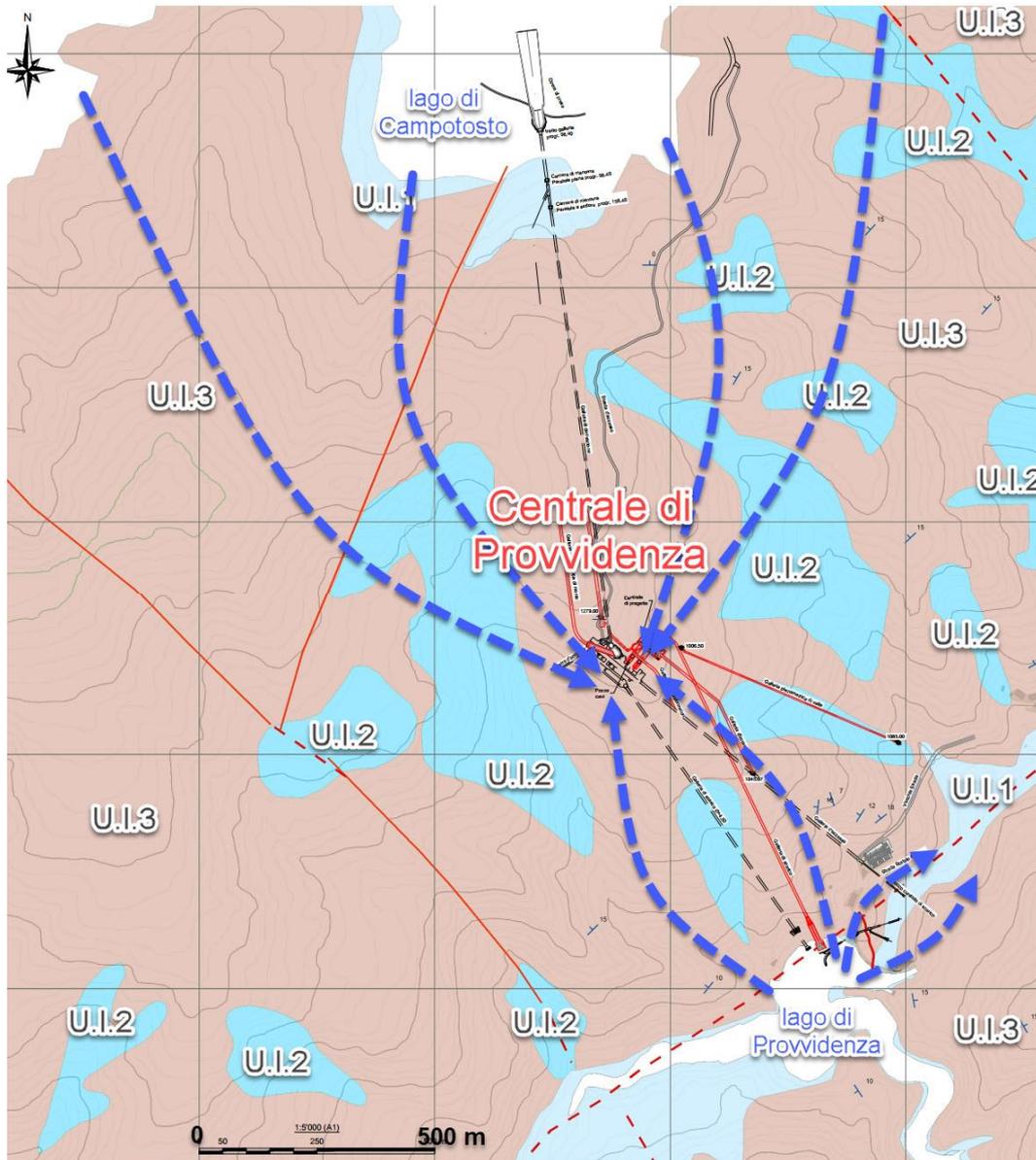


Figura 23: Schema delle principali direzioni di flusso indicate dalle frecce blu.

7. SORGENTI

Attorno al lago di Campotosto sono segnalate varie emergenze sorgentizie captate ed utilizzate da acquedotti locali [11]. La loro posizione e le relative zone di salvaguardia sono indicate in **Figura 24** [13]. Le più prossime alle opere sono le sorgenti Sferraccione alto e Sferraccione basso e la sorgente Mattone, situate a circa 2.2,5 km dalla centrale lungo lo stesso versante che dal lago di Campotosto scende verso il Fiume Vomano.

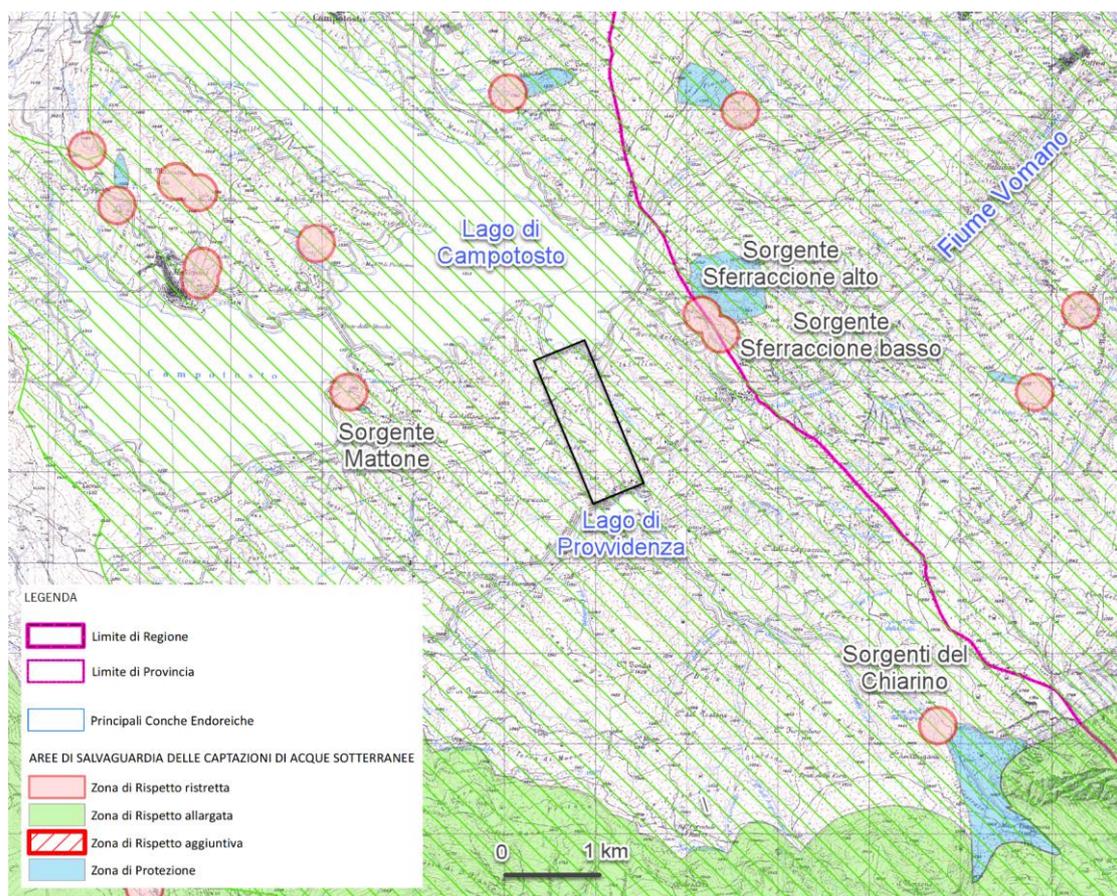


Figura 24: Stralcio della Carta delle aree di salvaguardia [11]. In nero il settore della centrale di Provvidenza.

Queste sorgenti sono censite nel geodatabase dello studio "Individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee e delle derivazioni di acque superficiali destinate al consumo umano" [13] dal quale sono estratte le informazioni riportate in **Tabella 2**. Si tratta evidentemente di sorgenti di modesta capacità sfruttate solo a livello locale.

Sorgente	Est	Nord	Quota (m s.l.m.)	Comune	Gestore	Portata (l/s)	Note
Sferraccione alto	2390100.27	4709569.91	1201,9	Campotosto	Comune	-	Nessun riscontro in Catasto Regionale concessioni. Ubicazione e dati di portata non verificati dal Gestore

Sferraccione basso	2390300.64	4709353.84	1140,6	Crognaleto	Ruzzo Reti S.p.A-	-	Nessun riscontro in Catasto Regionale concessioni. Presenza segnalata dal gestore ma senza dati di portata. Stato di utilizzo desunto indirettamente
Mattone	2386230.07	4708715.77	1370,6	Campotosto	Comune	0,8	Nessun riscontro in Catasto Regionale concessioni. Ubicazione e dati di portata non verificati dal Gestore

Tabella 1: Sorgenti captate nei pressi della centrale di Provvidenza (stralcio da [13]).

Relativamente al chimismo delle sorgenti presenti lungo il versante di interesse non sono disponibili rilevazioni dirette, tuttavia studi idrogeochimici a scala regionale indicano per sorgenti del Flysch della Laga una facies idrochimica di tipo bicarbonato calcica. La posizione delle sorgenti a cui fa riferimento tale studio è riportata in **Figura 24** dove è rappresentato anche il valore di conducibilità elettrica. I parametri chimico fisici ed i dati del chimismo fondamentale misurati sono riassunti in **Tabella 2**.

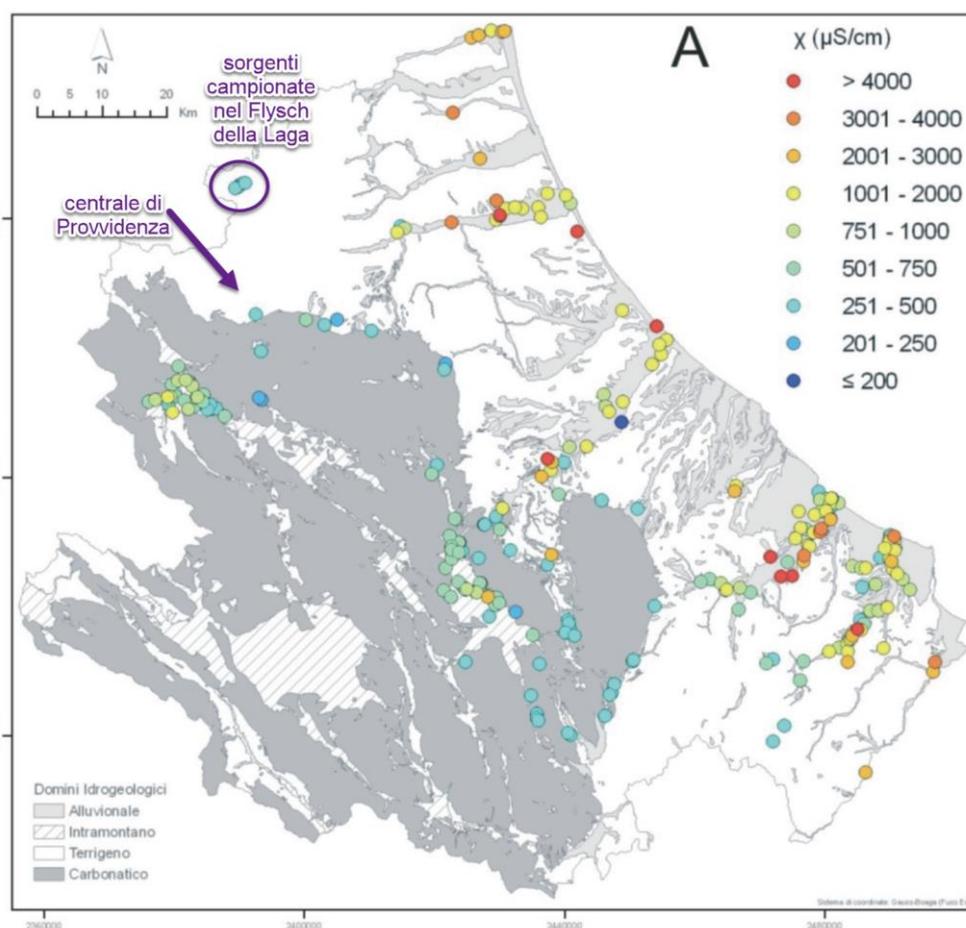


Figura 25: Mappa della conducibilità elettrica di sorgenti della Regione Abruzzo (da [36]) Vi sono indicate le sorgenti della Flysch della Laga studiate. La freccia indica la posizione della centrale di Provvidenza

Depositi terrigeni montani e collinari													
Sorgenti													
N	S	Acquifero	Data	Cond.	pH	Na+	K+	Ca++	Mg++	Cr	SO4--	HCO3-	NO3-
4725510	2390937	Flysch Laga	10/03	252	8.1	3	1	35	9	3	8	150	1
4725368	2390526	Flysch Laga	10/03	261	7.5	2	1	34	10	2	11	151	0
4724846	2389681	Flysch Laga	10/03	253	8.1	3	1	36	9	1	12	147	0
4725200	2390125	Flysch Laga	03/98	216	7.9	2	1	34	9	3	11	138	1
n.d.	n.d.	Flysch Laga	03/98	255	7.7	3	1	38	10	2	16	155	1
4725093	2389962	Flysch Laga	03/98	228	7.8	2	1	34	9	3	11	140	1
4724685	2389428	Flysch Laga	10/03	253	8.1	3	1	36	9	2	13	145	0

Tabella 2: Parametri chimico-fisici e chimismo fondamentale di sorgenti nel Flysch della Laga. Conducibilità in $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20° , concentrazioni in mg/l (da [36]).

8. VALUTAZIONE INTERFERENZE OPERE-SORGENTI

Lo schema idrogeologico definito permette una valutazione preliminare sui possibili impatti delle opere sulle sorgenti captate dagli acquedotti della zona. Le opere si attestano nel “complesso idrogeologico argilloso-arenaceo-marnoso” qui costituito dal flysch arenaceo marnoso della Formazione della Laga con permeabilità generalmente bassa.

L'impianto verrà costruito in affiancamento a quello esistente il quale costituisce un elemento di drenaggio profondo che ha perturbato intensamente la circolazione idrica sotterranea a partire dagli anni 40'.

Le sorgenti captate più prossime alla centrale (Sferraccione alto e basso e Mattone) distano circa 2-2.5 km, a quote superiori da 200m a 380m rispetto al fondo dello scavo sotterraneo.

Le nuove opere aumenteranno l'effetto di drenaggio profondo e sulla base delle informazioni disponibili si ritiene possibile ma poco probabile che l'estensione del cono di influenza della perturbazione possa avere un impatto sulle sorgenti più prossime alla zona di intervento.

Le valutazioni riportate nella presente Relazione sono effettuate sulla base delle informazioni ed indagini disponibili, che andranno approfondite nella successiva fase progettuale con ulteriori indagini specifiche quali il campionamento delle acque delle sorgenti e dei drenaggi della centrale con misurazione delle loro caratteristiche chimico-fisiche e monitoraggio dei parametri di portata, temperatura e conducibilità, la misura dei livelli piezometrici necessari allo sviluppo e calibrazione del modello idrogeologico tridimensionale con il quale verranno simulate le condizioni attuali e gli effetti indotti dagli scavi.

9. BIBLIOGRAFIA

9.1 Documenti storici sull'opera

- [1] Ministero dei Lavori Pubblici, Consiglio Superiore – Servizio Dighe (1961) Grandi Dighe Italiane
- [2] ENEL.HYDRO Hydroelectric power Plant San Giacomo sul Vomano - Repowering the existing hydroelectric power plant of the Vomano River. S.U. Engineering and Construction, Torino

9.2 Dati forniti dalla Committenza

- [3] CESI (2017) Diga di Provvidenza – Comune di L'Aquila (AQ) Verifica sismica ai sensi della Nuova Normativa Dighe (DM 26/06/2014) Stato Limite di Danno (SLD)
- [4] ISMES (1988) Indagini per la determinazione delle caratteristiche geologico strutturali e petrografico mineralogiche della roccia di fondazione della diga di Provvidenza Prog/ASP/4191.40 Doc REL/DGM/016 Rev00
- [5] ISMES (1988) Indagini sul calcestruzzo e nella roccia di fondazione – Rapporto Finale di Sintesi

9.3 Dati da Enti

- [6] ARTA Abruzzo - Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente (2018) – Abruzzo rapporto sullo stato dell'ambiente. Carsa Edizioni
- [7] ARTA Abruzzo - Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente e Regione Abruzzo – Programma di monitoraggio per il controllo delle Acque sotterranee. Stato chimico dei corpi idrici sotterranei Il Ciclo sessennale 2015-2020.
- [8] ARTA Abruzzo - Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente e Regione Abruzzo (2021) - Progetto Regionale "Monitoraggio delle acque sotterranee" All. 1 Rete di monitoraggio acque sotterranee e stato di qualità chimica dei corpi idrici sotterranei (D.Lgs 30/09 e D.M. 6 luglio 2016). Sessennio 2015-2020, scala 1:200.000
- [9] ATO - BETA Studio s.r.l.– 3TI Progetti Italia (2016) - Individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee e delle derivazioni di acque superficiali destinate al consumo umano così come previsto dal D.LGS. 152/2006 e dal Piano di Tutela delle acque adottato dalla Regione Abruzzo. Tavola 2.2.4 - Carta Idrogeologica
- [10] ATO - BETA Studio s.r.l.– 3TI Progetti Italia (2016) - Individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee e delle derivazioni di acque superficiali destinate al consumo umano così come previsto dal D.LGS. 152/2006 e dal Piano di Tutela delle acque adottato dalla Regione Abruzzo. Elaborato Relazione geologica e idrogeologica
- [11] ATO - BETA Studio s.r.l.– 3TI Progetti Italia (2016) - Individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee e delle derivazioni di acque superficiali destinate al

- consumo umano così come previsto dal D.LGS. 152/2006 e dal Piano di Tutela delle acque adottato dalla Regione Abruzzo. Tavola 3.1.2.2. - Carta delle Aree di Salvaguardia Foglio 2
- [12] ATO - Studio s.r.l.– 3TI Progetti Italia (2016) - Individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee e delle derivazioni di acque superficiali destinate al consumo umano così come previsto dal D.LGS. 152/2006 e dal Piano di Tutela delle acque adottato dalla Regione Abruzzo. Elaborato 3.1.1 Perimetrazione aree di salvaguardia – Relazione metodologica ed illustrativa
- [13] ATO - Studio s.r.l.– 3TI Progetti Italia (2016) - Individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee e delle derivazioni di acque superficiali destinate al consumo umano così come previsto dal D.LGS. 152/2006 e dal Piano di Tutela delle acque adottato dalla Regione Abruzzo. Elab. 2.4.3.1 Schede di sintesi dei punti di captazione Sorgenti (2 vol.)
- [14] ATO - BETA Studio s.r.l.– 3TI Progetti Italia (2016) - Individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee e delle derivazioni di acque superficiali destinate al consumo umano così come previsto dal D.LGS. 152/2006 e dal Piano di Tutela delle acque adottato dalla Regione Abruzzo. Tavola 3.2.3 - Carta della Vulnerabilità degli acquiferi.
- [15] Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 - Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia" – ISPRA
- [16] Carta geomorfologica allegata al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini di Rilievo Regionale Abruzzesi "Fenomeni gravitativi e processi erosivi". Elaborati in formato shape. Da: <https://autoritabacini.regione.abruzzo.it/index.php/carta-geomorfologica-pai>
- [17] Catasto Regionale delle Grotte e delle aree carsiche della Regione Abruzzo
<http://geoportale.regione.abruzzo.it/Cartanet/catalogo/difesa-suolo-geologia/catasto-regionale-delle-grotte-e-delle-aree-carsiche-della-regione-abruzzo>
- [18] Data Base Territoriale scala 1:5.000- Regione Abruzzo - Edizione 2007 formato shape Dal sito: <http://opendata.regione.abruzzo.it/content/dbtr-regione-abruzzo-scala-15000-edizione-2007-formato-shp>
- [19] D.B.T.R. Regione Abruzzo scala 1:25000 - Edizione 2007 Da: <http://opendata.regione.abruzzo.it/content/dbtr-regione-abruzzo-scala-1:25000-edizione-2007-formato-ecw>
- [20] DTM lidar a passo 1m fornito da Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) distribuito con licenza *Creative Commons – Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT)*1
- [21] ISPRA Archivio Nazionale delle Indagini di Sottosuolo Legge 464/1984 (consultazione online del luglio 2022)
- [22] Guide Geologiche Regionali – Vol. 15 Abruzzo (2003) A cura della Società Geologica Italiana (coordinatori Crescenti U., Miccadei E., Praturlon A.), BE-MA Editrice
- [23] Modello Digitale del Terreno – Risoluzione 10x10m - Regione Abruzzo Dal sito: <http://opendata.regione.abruzzo.it/content/modello-digitale-del-terreno-risoluzione-10x10-metri>

- [24] Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 foglio 349 "Gran Sasso d'Italia" a cura di L.Adamoli, F. Calamita & A. Pizzi. ISPRA
- [25] Ortofoto Regione Abruzzo - Servizio Open Data -
(Da sito <http://opendata.regione.abruzzo.it/tema/cartografia-di-sfondo-raster>)
- [26] Regione Abruzzo - Piano di Tutela Acque D.LGS 3 aprile 2006, n° 152 e S.M.I. (2008) sito internet <https://www.regione.abruzzo.it/content/elaborati-di-piano>
- [27] Regione Abruzzo - Piano di Tutela Acque D.LGS 3 aprile 2006, n° 152 e S.M.I. (2008) - Elaborato A1.2 - Relazione Idrogeologica
- [28] Regione Abruzzo - Piano di Tutela Acque D.LGS 3 aprile 2006, n° 152 e S.M.I. (2008) - Elaborato A1.2 – App.01 Rete di monitoraggio quali-quantitativo delle acque sotterranee.
- [29] Regione Abruzzo - Piano di Tutela Acque D.LGS 3 aprile 2006, n° 152 e S.M.I. (2008) - Elaborato 1-3 - Carta dei Corpi idrici sotterranei significativi e di interesse, scala 1:250.000.
- [30] Regione Abruzzo - Piano di Tutela Acque D.LGS 3 aprile 2006, n° 152 e S.M.I. (2008) - Elaborato 1-4 - Carta dei complessi idrogeologici, scala 1:250.000.
- [31] Regione Abruzzo - Piano di Tutela Acque D.LGS 3 aprile 2006, n° 152 e S.M.I. (2008) - Elaborato 1-5 Carta Idrogeologica Scala 1:250.000.
- [32] Regione Abruzzo e Università degli Studi di L'Aquila (2010) . Tecniche operative per la perimetrazione delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano. R1.4 Agg.01

9.4 Riferimenti tecnico scientifici

- [33] Boni C., Bono P., Cappelli G. (1986) - Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale. Mem.Soc.Geol.It., 35, pp 991-1012 2 tavv.
- [34] Calamita F., M'Barek B.M., Di Vincenzo M., Pelorosso M. (2004) The Pliocene Thrust System of the Gran Sasso salient (Central Apennines, Italy) In: Mapping Geology in Italy, APAT. SELCA
- [35] Catalogo degli eventi franosi in Italia – IFFI, ISPRAmbiente
- [36] Desiderio G., Rusi S., Tatangelo F. (2010) – Caratterizzazione idrogeochimica delle acque sotterranee abruzzesi e relative anomalie. Boll. Soc. Geol. It., Vol. 129, No.2, pp 207-222
- [37] Mutti E., Ricci Lucchi F. (1972) Le torbiditi dell'Appennino settentrionale: introduzione all'analisi di facies. Mem.Soc.Geol.It Vol. 11 fasc,2 pp161-199
- [38] Petitta M., Tallini M. (2002) – Idrodinamica sotterranea del massiccio del Gran Sasso (Abruzzo): nuove indagini idrologiche, idrogeologiche e idrochimiche (1994-2001). Boll. Soc. Geol. It. 121, pp. 343-363

9.5 Documenti di progetto

- [39] GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.006.00 Relazione Geologica
- [40] GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.007.00 Relazione Geotecnica
- [41] GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.009.00 Carta geologico-geomorfologica generale (scala 1:2.500)
- [42] GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.010.00 Sezioni geologiche - geotecniche trasversali della centrale (scala 1:500)
- [43] GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.011.00 Sezione geologica-geotecnica longitudinale della centrale (scala 1:500)
- [44] GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.012.00 Sezione geologica longitudinale galleria di scarico (scala 1:1.500)
- [45] GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.004.00 Relazione Idrologica