




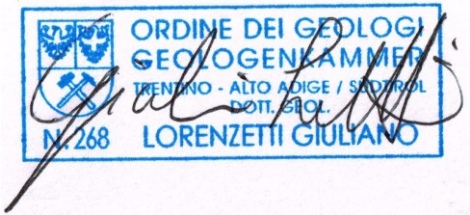
LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL NUOVO ACQUEDOTTO ANTINCENDIO-POTABILE A SERVIZIO DELLA FRAZIONE DI RANGO NEL COMUNE DI BORGO CHIESE

| | | | |
|--|------------|--|--|
| RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA | | | |
| Valutazioni geologiche ed idrologiche | | | |
| ELABORATO | R8.PFTE | CATEGORIA | Progetto di Fattibilita' Tecnico Economica |
| DATA | MARZO 2024 | COMMESSA | Rif. 382/24 |
| COMMITTENTE | | Comune di Borgo Chiese Piazza S. Rocco, 20, 38083 Borgo Chiese TN | |
| PROGETTAZIONE | | Ing. Giorgio Marcazzan WSCstudio - Studio di Ingegneria Ambientale Via Dietro le Mura B,4/3 38122 Trento | |
| <div><div><div>Studio di Geologia Lorenzetti</div><div>Servizi Per l'Ambiente e la Geologia Applicata</div><div>Dott. Geol. Lorenzetti Giuliano - Dott.ssa Geol. Graba Magdalena</div></div></div> | | | |

A norma di legge il presente elaborato non può essere riprodotto o comunicato a terze parti senza espressa e preventiva autorizzazione dello Studio di Geologia Lorenzetti

IL TECNICO GEOLOGO

DOTT. LORENZETTI GIULIANO



| | |
|---|-----------|
| 1. PREMESSA ED OBIETTIVI DEL LAVORO | 3 |
| 2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO | 7 |
| 2.1. NORMATIVA NAZIONALE | 7 |
| 2.2. NORMATIVA PROVINCIALE | 7 |
| 3. DESCRIZIONE OPERE PREVISTE..... | 8 |
| 4. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE GEOLOGICA | 13 |
| 4.1. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E MORFOLOGICO | 13 |
| 4.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE | 18 |
| 4.2.1. <i>Inquadramento strutturale e tettonico</i> | 19 |
| 4.2.2. <i>Inquadramento stratigrafico generale</i> | 20 |
| 4.3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO GENERALE | 25 |
| 4.4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE | 27 |
| 4.5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO – STIMA DELLA VULNERABILITÀ ED INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI RISPETTO E TUTELA IDROGEOLOGICA DELLE NUOVE OPERE DI CAPTAZIONE | 29 |
| 4.5.1. <i>Sorgente “Acqua dei Pocc”</i> | 29 |
| 4.5.2. <i>Sorgente “124° Reggimento”</i> | 34 |
| 4.5.3. <i>Sorgenti “Osseira”</i> | 38 |
| 4.5.4. <i>Individuazione Zona di Tutela Assoluta e Aree di Rispetto e protezione Idrogeologica</i> | 43 |
| 4.6. UNITÀ GEOLOGICHE DEL VOLUME GEOLOGICO SIGNIFICATIVO | 45 |
| 4.7. PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO | 50 |
| 4.7.1. <i>Carta di Sintesi della Pericolosità</i> | 50 |
| 4.7.2. <i>Carta delle risorse idriche</i> | 55 |
| 5. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA | 56 |
| 5.1. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE | 56 |
| 5.2. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO | 58 |
| 5.3. PARAMETRI SISMICI | 60 |
| 5.3.1. <i>Tipo di elaborazione</i> | 60 |
| 5.3.2. <i>Sito in esame</i> | 60 |
| 5.3.3. <i>Siti di riferimento</i> | 60 |
| 5.4. PARAMETRI SISMICI | 61 |
| 5.4.1. <i>Coefficienti sismici - stabilità dei pendii e fondazioni – condizioni T1</i> | 61 |
| 5.4.2. <i>Coefficienti sismici – fronti di scavo e rilevati – condizioni T1</i> | 61 |
| 5.4.3. <i>Coefficienti sismici - stabilità dei pendii e fondazioni – condizioni T2</i> | 61 |
| 5.4.4. <i>Coefficienti sismici – fronti di scavo e rilevati – condizioni T2</i> | 61 |
| 6. CONSIDERAZIONI FINALI SULLA MODELLAZIONE GEOLOGICA..... | 62 |
| 1. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE GEOTECNICA | 1 |
| 2. METODOLOGIA PER L'INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI MATERIALI SCIOLTI | 2 |
| 2.1. PARAMETRAZIONE GEOTECNICA UNITÀ GEOTECNICA A | 2 |
| 2.2. PARAMETRAZIONE GEOTECNICA UNITÀ GEOTECNICA B | 3 |
| 2.3. PARAMETRAZIONE GEOTECNICA UNITÀ GEOTECNICA C - SUBSTRATO ROCCIOSO CALCAREO | 5 |
| 3. INDICAZIONI PROGETTUALI | 10 |
| 3.1. STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO PROVVISORIALI | 10 |
| 3.1.1. <i>Premessa e normativa di riferimento</i> | 10 |
| 3.1.2. <i>Scavi a sezione ristretta/obbligata per la posa delle nuove condutture ($h_{max} \sim 1,2 \text{ m}$)</i> | 12 |
| 3.1.3. <i>Apertura dei fronti di scavo in roccia ($h_{max} > 1,0 \text{ m}$)</i> | 12 |
| 3.1.4. <i>Scavi in materiali sciolti di maggior entità ($>5,0 \text{ m}$)</i> | 12 |
| 3.1.5. <i>Prescrizioni operative – apertura fronti di scavo</i> | 16 |
| 3.2. POSE DI CONDUTTURE IN PRESENZA DI ACQUE DI FALDA | 18 |
| 3.3. RIPRISTINO DELLE AREE OGGETTO DI MOVIMENTI TERRA/SCAVO | 21 |
| 3.3.1. <i>Indicazioni operative per la posa delle biostuoie</i> | 21 |
| 3.4. STIMA DEL CARICO LIMITE DEL TERRENO E VERIFICA PRELIMINARE DEGLI APPARATI FONDAZIONALI | 23 |

| | | |
|--------|--|-----------|
| 3.4.1. | <i>Descrizione degli interventi</i> | 25 |
| 3.4.2. | <i>Verifica preliminare carico limite fondazioni</i> | 26 |
| 3.4.3. | <i>Verifiche sullo stato limite d'esercizio - cedimenti</i> | 31 |
| 3.5. | DESCRIZIONE TRACCIATO NUOVE CONDOTTE – INDICAZIONI PROGETTUALI SPECIFICHE | 33 |
| 3.5.1. | <i>Nuove condotte di derivazione presso località Ossera</i> | 33 |
| 3.5.2. | <i>Nuove condotte di derivazione presso località Pocc</i> | 35 |
| 3.5.3. | <i>Nuove condotte distribuzione nei pressi delle abitazioni esistenti</i> | 36 |
| 3.5.4. | <i>Nuove condotte di distribuzione in tratti boscati e acclivi</i> | 37 |
| 4. | TERRE E ROCCE DA SCAVO | 39 |
| 5. | ASPETTI AMBIENTALI – GESTIONE CANTIERE, MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE | 40 |
| 5.1. | GESTIONE CANTIERE | 40 |
| 5.2. | AZIONI DI MITIGAZIONE IN CASO DI SVERSAMENTI | 40 |
| 6. | CONSIDERAZIONI FINALI SULLA MODELLAZIONE GEOTECNICA | 42 |

1. PREMESSA ED OBIETTIVI DEL LAVORO

Per conto del committente “COMUNE DI BORGO CHIESE” ed in accordo con lo studio di progettazione “WSCSTUDIO - STUDIO DI INGEGNERIA AMBIENTALE” è redatto il presente elaborato al fine di conseguire le informazioni specifiche e di dettaglio di carattere geologico, idrogeologico e geotecnico a corredo del progetto “LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL NUOVO ACQUEDOTTO ANTINCENDIO-POTABILE A SERVIZIO DELLA FRAZIONE DI RANGO NEL COMUNE DI BORGO CHIESE”.

Vengono definite nell’elaborato le interazioni tra le opere in progetto ed il contesto geologico ed idrogeologico con particolare attenzione alle problematiche ambientali ed inerenti alla stabilità del suolo e sottosuolo. Nel capitolo dedicato sono forniti gli elementi idrogeologici, geologici e geomorfologici per la ricostruzione delle aree di rispetto e tutela delle sorgenti che la committenza è intenzionata a utilizzare a scopo domestico e acquedottistico e che sono oggetto del progetto in trattazione. Le opere in previsione, inoltre, sono contestualizzate all’interno del quadro normativo vigente ad interesse geologico, la Carta di Sintesi della Pericolosità (CSP) e la Carta delle Risorse Idriche per evidenziare eventuali criticità correlate alla pericolosità dei luoghi o alla vulnerabilità ambientale. Per la stesura del documento si è fatto utilizzo di dati pregressi, per altro numerosi nella bibliografia specifica, e di informazioni raccolte durante i sopralluoghi effettuati dallo scrivente nell’area di interesse.

Per la modellazione geotecnica si rimanda all’elaborato Geo.02 Relazione geotecnica a firma dello scrivente.

In Figura 1 la mappa catastale nella quale si evidenzia il tracciato delle nuove infrastrutture in previsione, i luoghi di interesse progettuale ed i siti dove si localizzano le sorgenti oggetto di captazione.

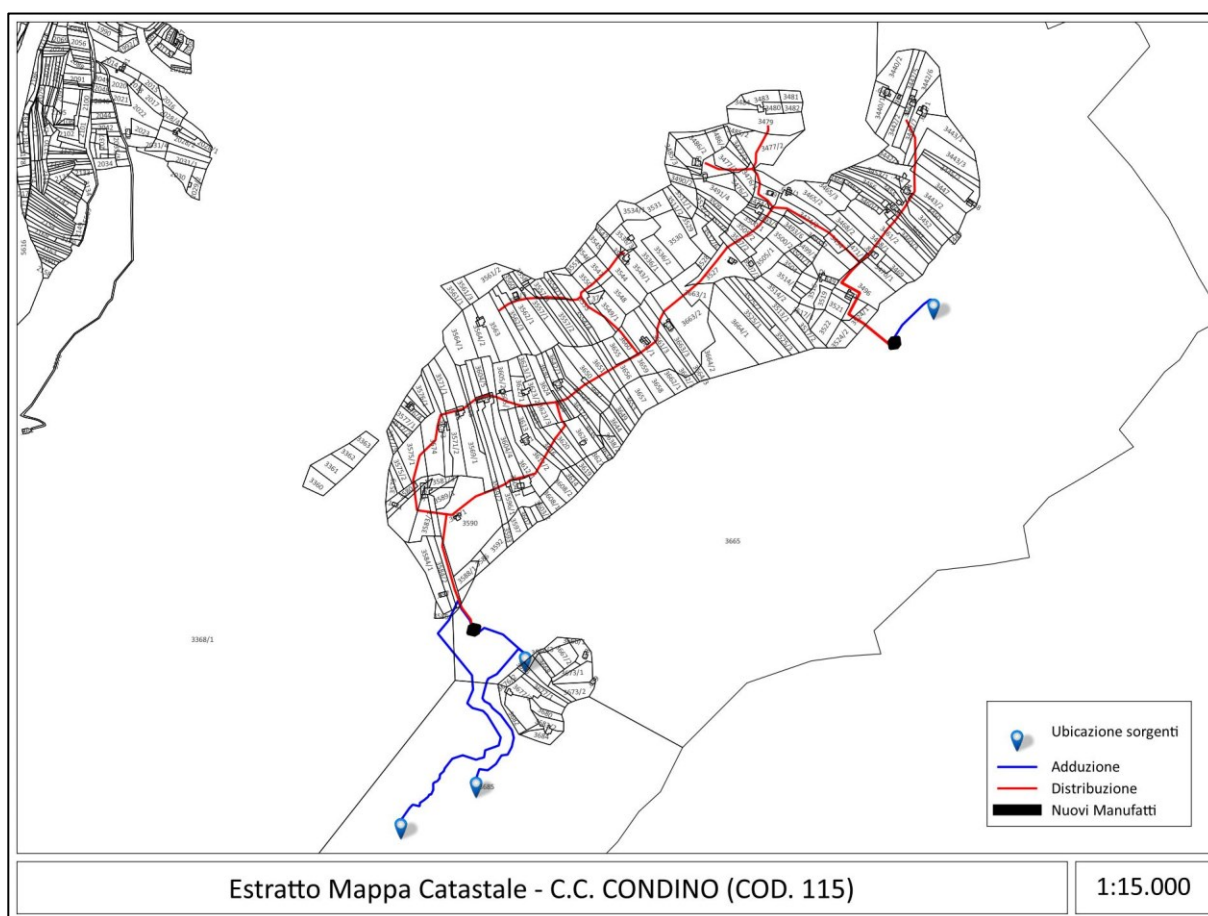


Figura 1. Mappa Catastale dell’area progettuale



Figura 2. Panoramica località Rango



Figura 3. Panoramica nucleo insediativo presso località Gneson



Figura 4. Panoramica versanti a monte di località Rango



Figura 5. Panoramica versanti a monte di località Rango



Figura 6. Panoramica versanti a monte di località Dos



Figura 7. Panoramica versanti a monte di località Boi



Figura 8. Panoramica versanti a monte di località Som-Mascar

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- D.M. L.L.PP. 11.03.88 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- DECRETO 21 OTTOBRE 2003 della Presidenza del Consiglio dei ministri – Dip. Protezione Civile;
- MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI. 2008 – Testo Unico - Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 FEBBRAIO 2009, N° 617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14. 01. 2008;
- D.LGS. 152/2006 – "Norme in materia ambientale";
- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni;
- D.P.R. 120/2017: "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164";
- Decreto ministeriale (Ministero della salute) 06-04-2004, n. 174. Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano.

2.2. NORMATIVA PROVINCIALE

- D.P.R. 15 febbraio 2006, Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche e s.m.i.;
- L.P. nr. 5 27/05/2008 "Approvazione del nuovo piano urbanistico provinciale";
- Prima direttiva per l'applicazione del decreto del ministro delle infrastrutture e dei trasporti 14 gennaio 2008 in materia di nuove norme tecniche per le costruzioni – P.A.TN. Dip. Protezione Civile e Tutela del territorio e Dip. LL.PP., trasporti e reti;
- D.G.P. 1227/09 "Linee guida ed indicazioni operative per l'utilizzo di terre e rocce derivanti da operazioni di scavo".
- - D.G.P. 2563/2008 - Approvazione della carta della criticità idrica sotterranea ai sensi dell'art. 10 delle norme di attuazione del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche e disciplina dell'utilizzo delle risorse idriche sotterranee.
- D.G.P. 1666/2009 - Macroaree interessate da fenomeni naturali con superamento delle CSC;
- Carta di sintesi della pericolosità "Indicazioni e precisazioni per l'applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalità elevate, medie o basse e le aree con altri tipi di penalità". Nuovo testo coordinato con le modifiche del 18/03/2022.
- deliberazione della Giunta provinciale n. 132 di data 2/2/2015. Indirizzi tecnici per la progettazione, la costruzione, l'adeguamento e la manutenzione degli acquedotti pubblici situati sul territorio della provincia di Trento.

3. DESCRIZIONE OPERE PREVISTE

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo acquedotto a servizio della frazione di Rango in C.C. Condino. Allo stato attuale, infatti, il sistema di approvvigionamento idrico che garantisce il fabbisogno alle utenze presenti non è sviluppato in maniera organica, non è dotato di sistemi di sanificazione e non ottempera ai requisiti previsti dalle normative che regolano le acque destinate al consumo umano (d.lgs. 152/06, DM. 174/04) e agli indirizzi tecnici contenuti nella Deliberazione della Giunta provinciale n. 132 di data 2/2/2015.

In sintesi il progetto prevede quindi:

- la sistemazione di alcuni punti di captazione (Acqua del Pocc, Sorgenti Ossera e sorgente 124° Reggimento);
- la realizzazione di n. 2 manufatti atti allo stoccaggio dell'acqua: al primo verrà fatta confluire l'acqua proveniente dall'opera di presa "Acqua del Pocc" mentre al secondo le acque delle "Sorgenti Ossera" e "124° Reggimento";
- la realizzazione della rete di distribuzione che andrà a servire le abitazioni presenti.

Nell'estratto qui sotto la planimetria generale degli interventi. Per i dettagli si rimanda agli elaborati progettuali redatti dallo studio incaricato.

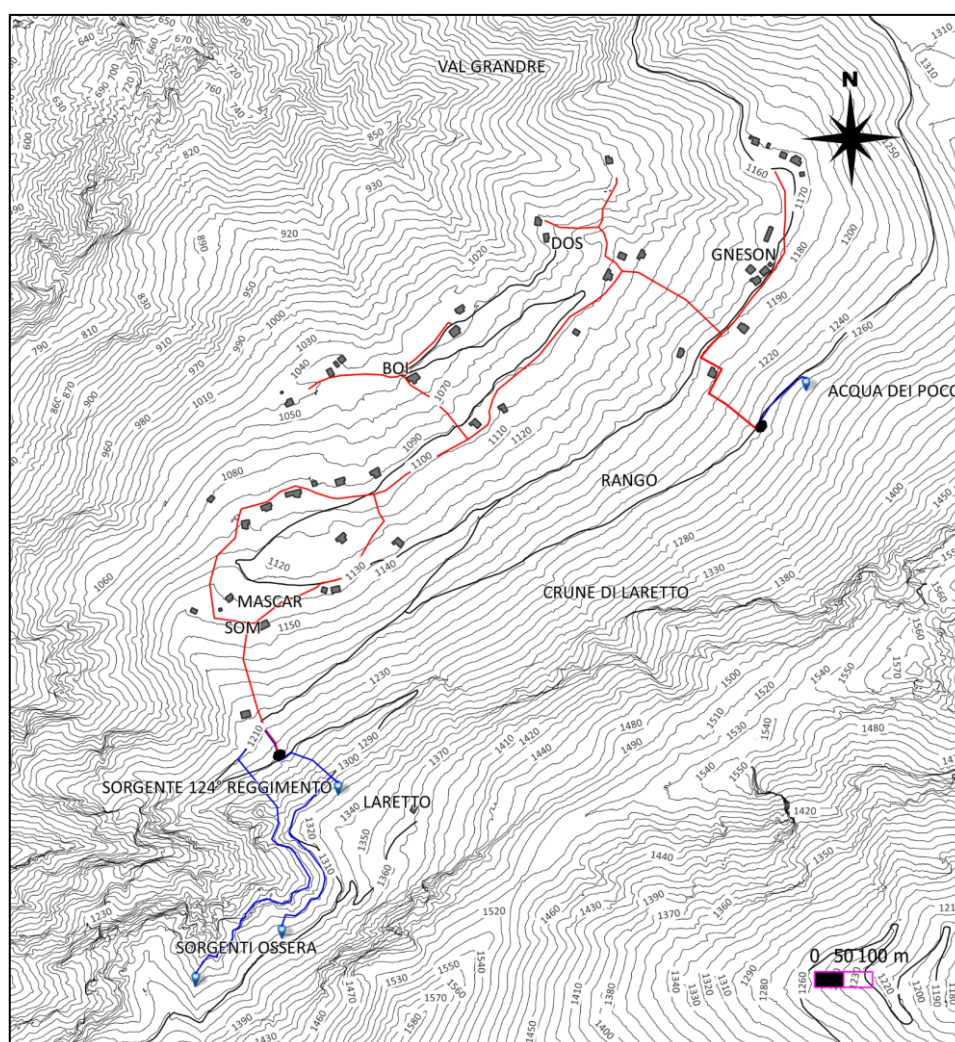


Figura 9. Planimetria interventi di progetto

Nelle foto di seguito alcuni scatti relativi ai punti di captazione oggetto di intervento.



Figura 10. Opera di presa sorgenti "Acqua del Pocc"



Figura 11. Opera di presa sorgenti "124° Reggimento"



Figura 12. Opere di captazione sorgenti "Ossera"

Di seguito alcuni estratti progettuali. Per una lettura completa si rimanda alle tavole redatte dal progettista incaricato.



Figura 13. Planimetria manufatto serbatoio presso località POCC

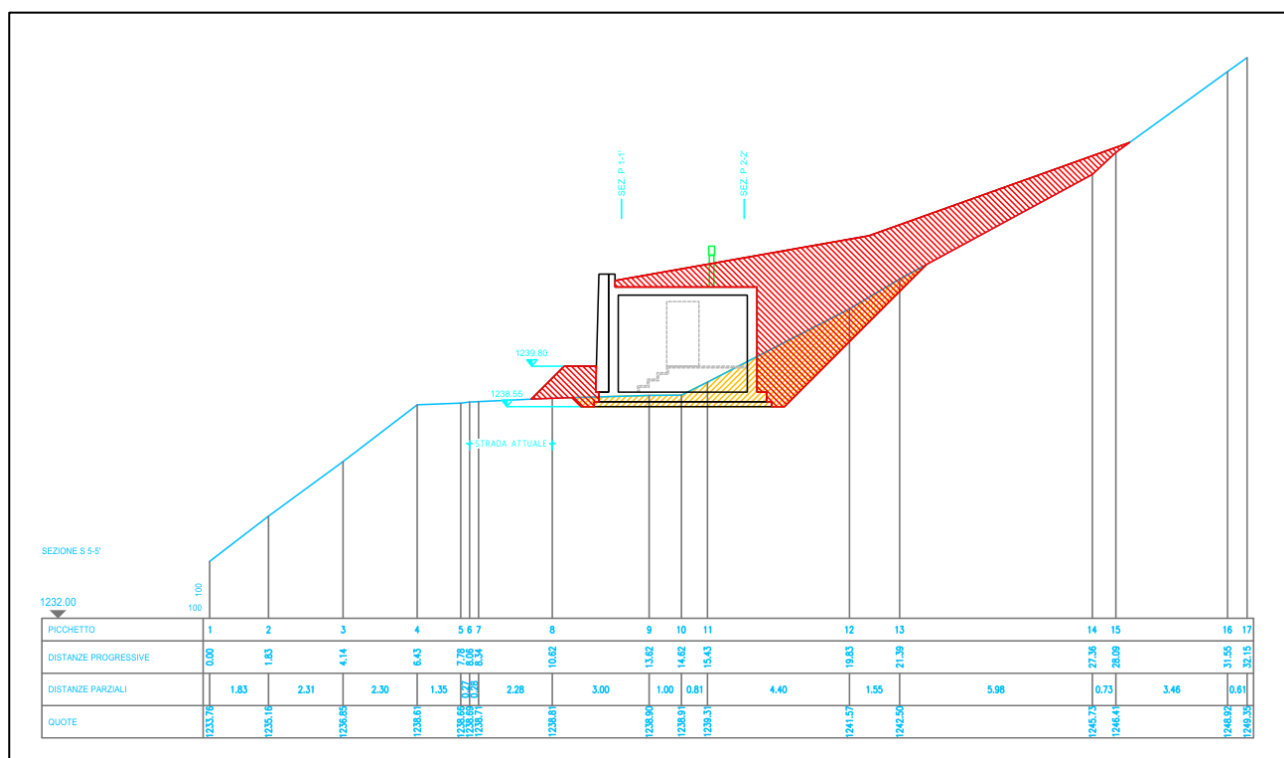


Figura 14. Sezione serbatoio "POCC"

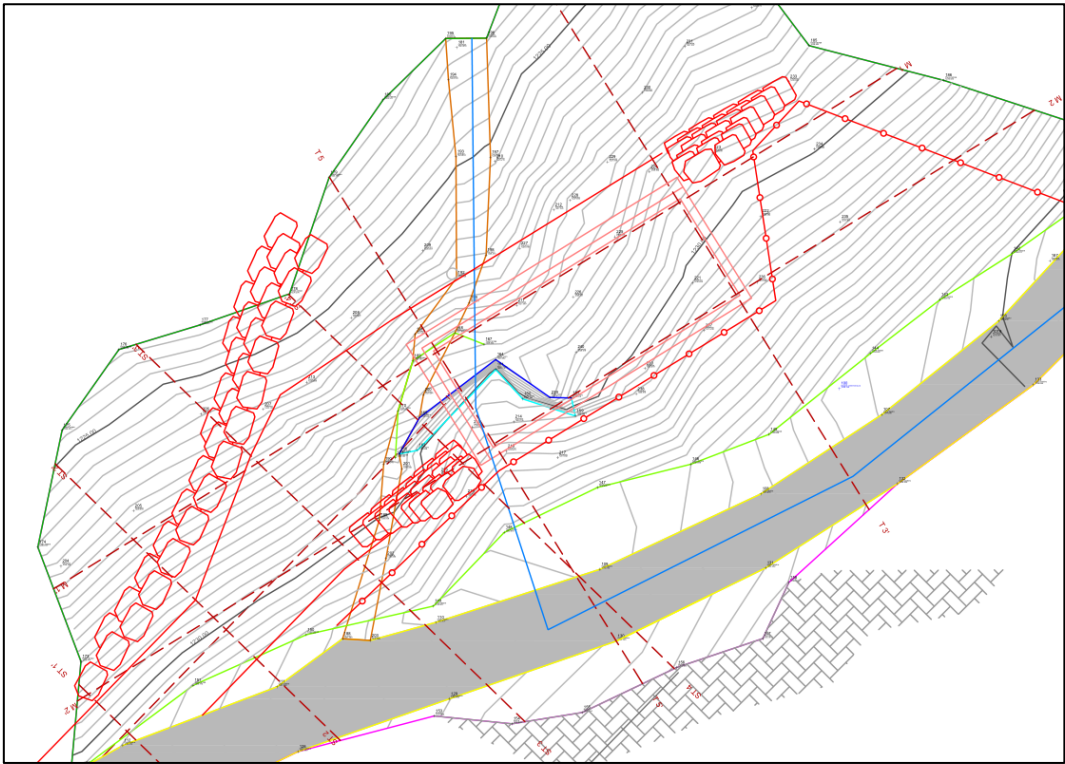


Figura 15. Planimetria manufatto serbatoio “Osessa”

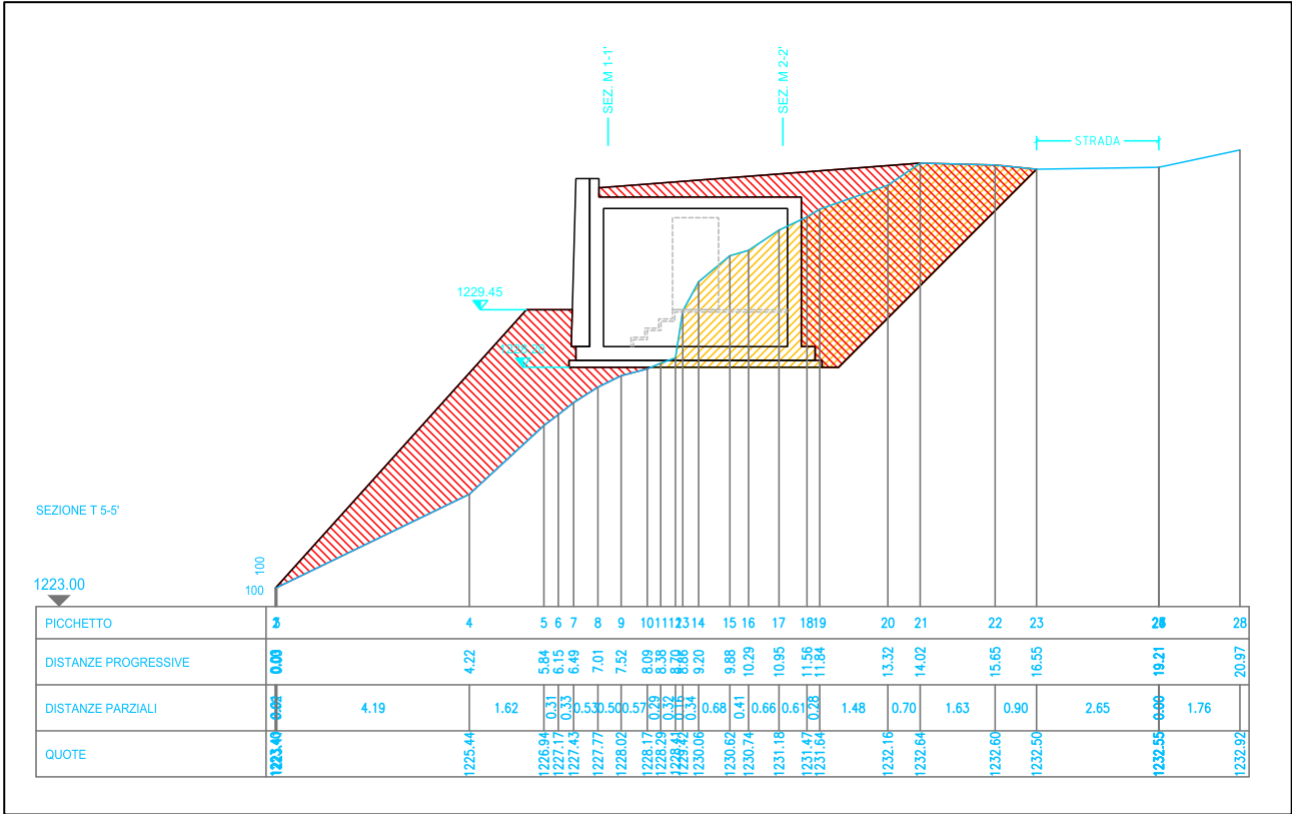


Figura 16. Sezione manufatto serbatoio “Osessa”

4. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE GEOLOGICA

In riferimento al § 6.2.1. “Caratterizzazione e modellazione geologica del sito” delle Norme Tecniche delle Costruzioni (2018) *“Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell’area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell’azione dei diversi agenti morfogenetici. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento. In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l’opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente espone e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto. Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche”.*

Nei paragrafi che seguono vengono quindi sviluppate le tematiche riportate al paragrafo delle NTC2018 di cui sopra con particolare riferimento alle indagini e ai sopralluoghi effettuati presso il sito di interesse.

4.1. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E MORFOLOGICO

In Figura 17 si riporta lo stralcio in scala 1:10.000 della Carta Tecnica Provinciale (CPT2020. Sezione 079120 “Lago di Lampola”). I nuovi impianti e le nuove strutture saranno realizzati presso località Rango in corrispondenza ad un terrazzo morfologico situato lungo il versante a monte dell’abitato di Condino e si svilupperanno tra le quote indicative pari a 1.050 – 1.350 m s.l.m.

Località Rango si sviluppa presso un ampio pianoro sub pianeggiante contenuto all’interno di una conca morfologica racchiusa dalla dorsale rocciosa lungo la quale si collocano le cime Monte Stigolo, Monte Rango e Cima dei Visi e oltre la quale si sviluppa il complesso sistema vallivo della Val d’Ampola e della Val di Ledro. Verso nord il versante ridiscende rapidamente sino alla valle principale dove si sviluppa il centro abitato di Condino.

L’areale di studio è posto in sinistra idrografica rispetto l’alveo del fiume Chiese, compluvio idrografico principale che scorre regimato presso il fondovalle; il pendio, localmente, è solcato da numerose vallette, che costituiscono un fitto e ramificato reticolo idrografico, percorse da un numero consistente di rivi e corsi d’acqua minori: il Rio Laretto ed il Rio Valbona chiudono l’area progettuale a sud, mentre a nord si sviluppa il Rio Marzolo. I versanti in oggetto hanno una superficie quasi completamente boscata, la zona prativa si espande esclusivamente nell’intorno del nucleo insediativo presso l’area progettuale.

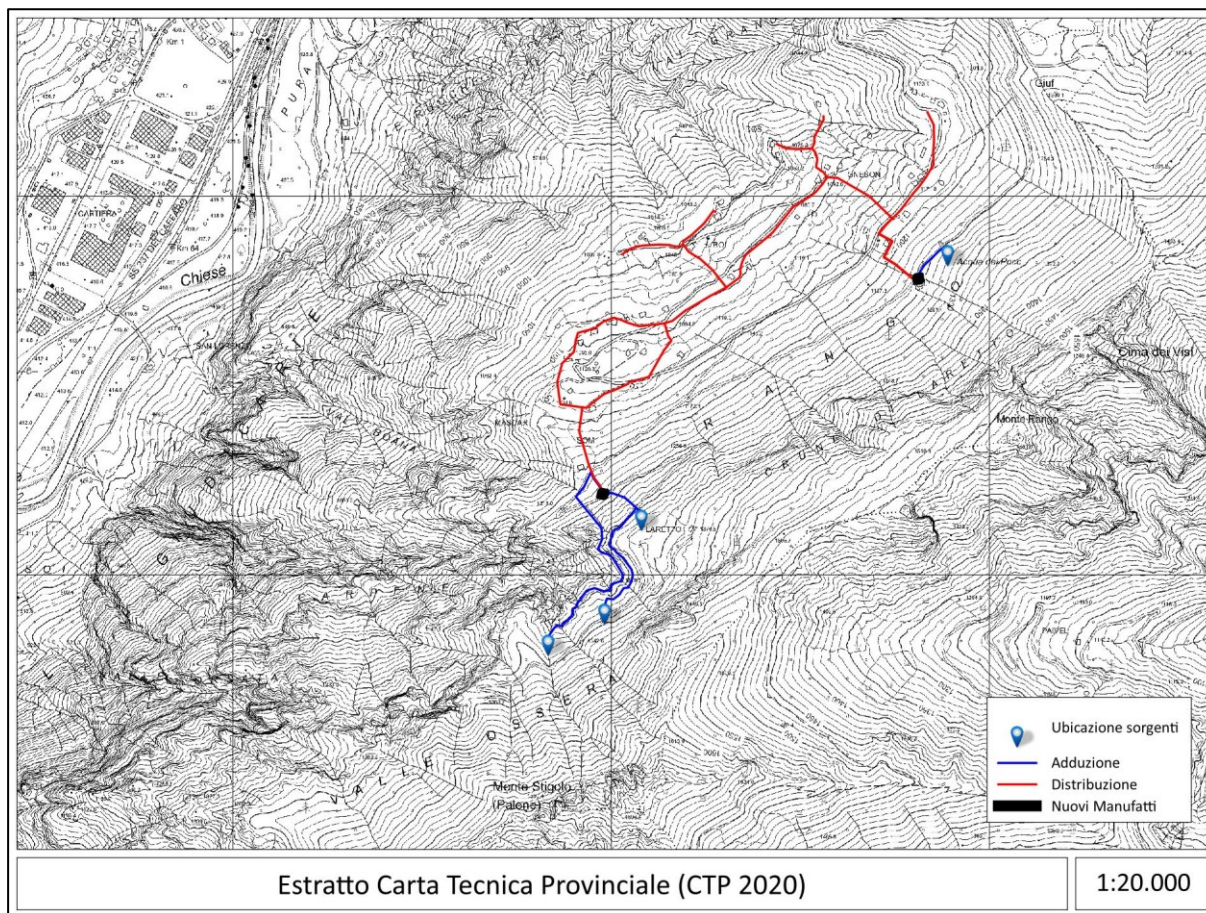


Figura 17. Inquadramento topografico dell'area in esame. Stralcio in scala CTP

La morfologia articolata dell'area si riflette in una evoluzione pleistocenica molto complessa, nella quale il glacialismo ed il post-glacialismo risultano i fenomeni che più hanno contribuito alla genesi e deposizione dei sedimenti.

Dal punto di vista geomorfologico, la Valle del Chiese è caratterizzata da un paesaggio montuoso con valli profonde, formate dall'erosione dei fiumi e dei ghiacciai durante le glaciazioni del periodo Quaternario. Questi processi erosivi hanno modellato la valle, creando spettacolari formazioni rocciose, gole, canyon e terrazzi fluviali che contribuiscono alla bellezza naturale dell'area.

Le principali forme del territorio della zona di interesse possono essere interpretate dalla rappresentazione del modello digitale del terreno rappresentato nelle carte dell'ombreggiamento di *Figura 19* e *Figura 22*. In particolare, risultano ben marcate alcune caratteristiche peculiari della zona tra le quali: a) le creste rocciose che delimitano verso sud-est l'area di indagine ed oltre le quali si sviluppano la val D'Amplola e la Val di Ledro; b) il solco vallivo principale dove il fiume Chiese nel corso del tempo ha concorso alla deposizione di un ingente accumulo di alluvioni grossolane; c) il fitto dedalo di vallette che solcano la porzione medio bassa del versante dove i corsi d'acqua minori hanno potuto esercitare una maggior azione erosiva stante la presenza di litotipo dotati di maggior erodibilità e d) il terrazzo morfologico dove si localizza località Rango correlato ai processi glaciali avvenuti nel corso delle epoche passate e che hanno permesso l'accumulo di depositi massivi alle quote medio elevate ai margini delle valli principali della zona.

L'evoluzione pleistocenica molto complessa dell'area si riflette in una morfologia articolata, nella quale il glacialismo ed il post-glacialismo risultano i fenomeni che più hanno contribuito alla genesi e deposizione dei numerosi corpi sedimentari ad essi associati. L'assetto geomorfologico dell'area è strettamente correlato

agli eventi passati che hanno caratterizzato la valle principale e quelle limitrofe nel periodo glaciale e post glaciale. I versanti montuosi che si elevano con pendenza accentuata vanno a chiudere la varice valliva principale tra possenti rilievi incombenti, talora con pareti subverticali e con ampie falde detritiche che ne ricoprono la base. Lungo l'asta valliva principale si riconoscono forme e depositi derivati dall'azione dei ghiacciai antichi che nell'ultima glaciazione nell'epoca wurmiana (110.000 – 12.000 a.C.) occupavano in maniera massiccia il fondovalle sino alle quote più elevate dei fianchi vallivi. Sui fianchi montuosi si riscontra la presenza di terrazzi di ampiezza limitata, residui del passaggio delle masse glaciali, che si susseguono con ampiezza variabile; sulle aree poco acclivi a quota inferiore si sviluppano le costruzioni che servivano per la stagione dell'alpeggio e per la fienagione. Lungo l'asta principale della valle principale e nei pressi delle vallecicole laterali si riconoscono inoltre le vicissitudini avvenute a seguito della deglaciazione. Il postglaciale è stato caratterizzato infatti da periodi in cui le acque di fusione dei ghiacci hanno mobilizzato, trasportato, elaborato e rideposto ingentissime quantità di materiali contribuendo in maniera decisa a quello che è oggi la morfologia del territorio.

I depositi propriamente di origine glaciale li osserviamo a differenti quote lungo i versanti, essi sono il risultato del modellamento ad opera delle masse glaciali, che con il loro stazionamento e movimento determinarono l'ubicazione e la potenza dei depositi futuri. In Figura 18 nei si può scorgere un tratto del terrazzo morfologico su cui sorge il nucleo insediativo presso Rango. Si tratta di una particolare forma di accumulo di sedimenti, costituito dai detriti rocciosi trasportati dal ghiacciaio, dove lo spettro granulometrico è costituito da una spiccata eterogeneità; solitamente lo scheletro solido è a supporto di abbondanti matrici fini limose e argillose.



Figura 18. Panoramica dell'area in esame; terrazzo morfologico subpianeggiante di origine glaciale

Osservando le due immagini ortofotogrammetriche riportate rispettivamente collezionate nell'anno 1973 e 2015, si nota che l'area in oggetto ha subito modeste modifiche nell'assetto del territorio, queste derivano soprattutto graduale espansione delle aree boschive a scapito delle aree dedite alla fienagione e al pascolo.

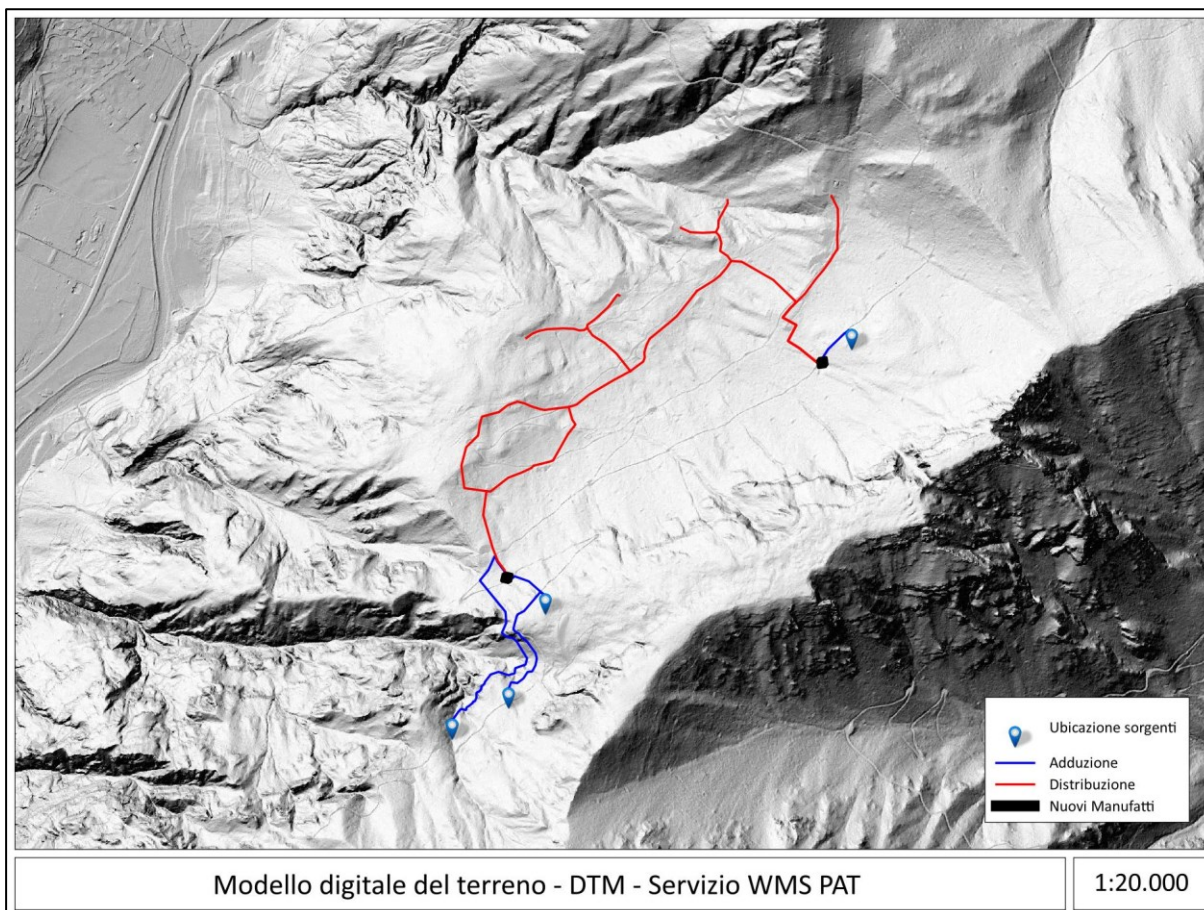


Figura 19. Modello digitale del terreno. Carta dell'ombreggiamento

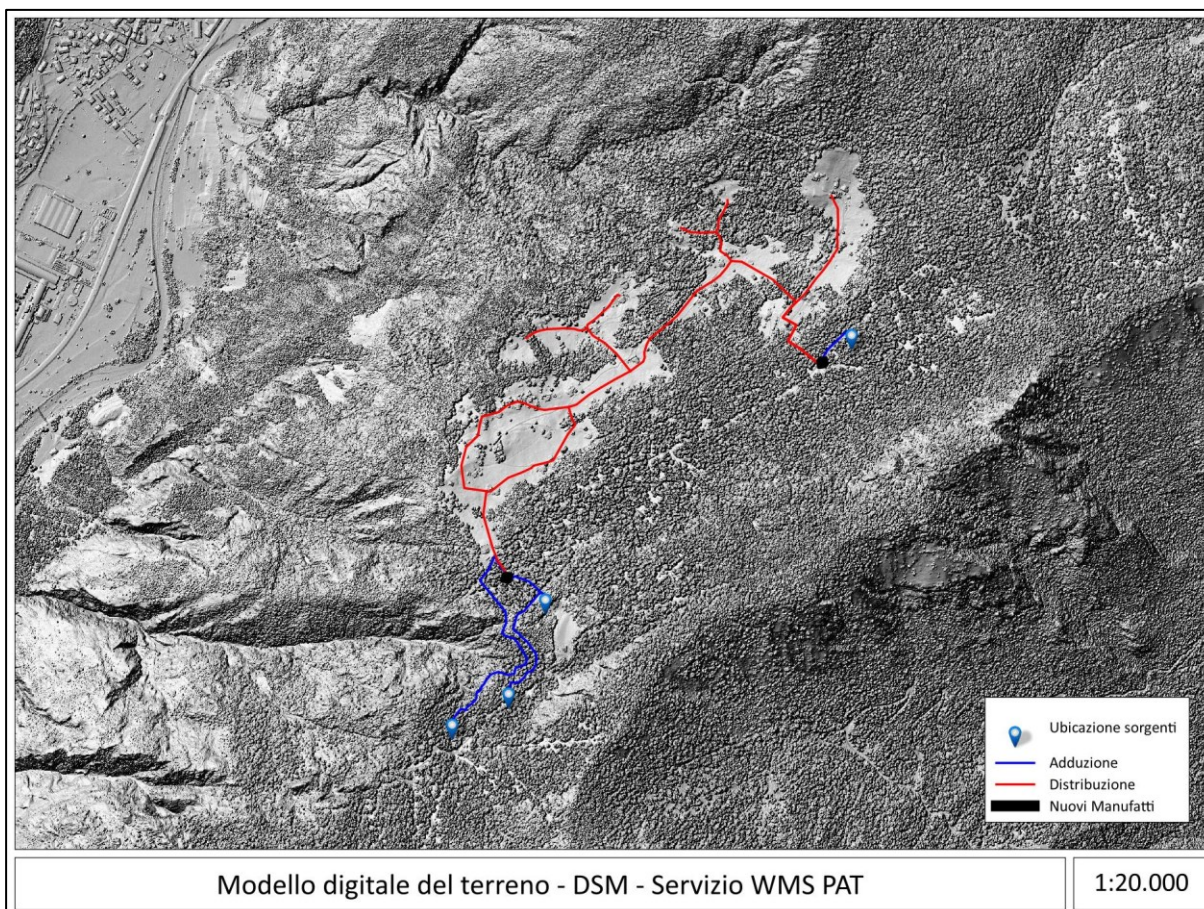


Figura 20. Modello digitale della superficie. Carta dell'ombreggiamento

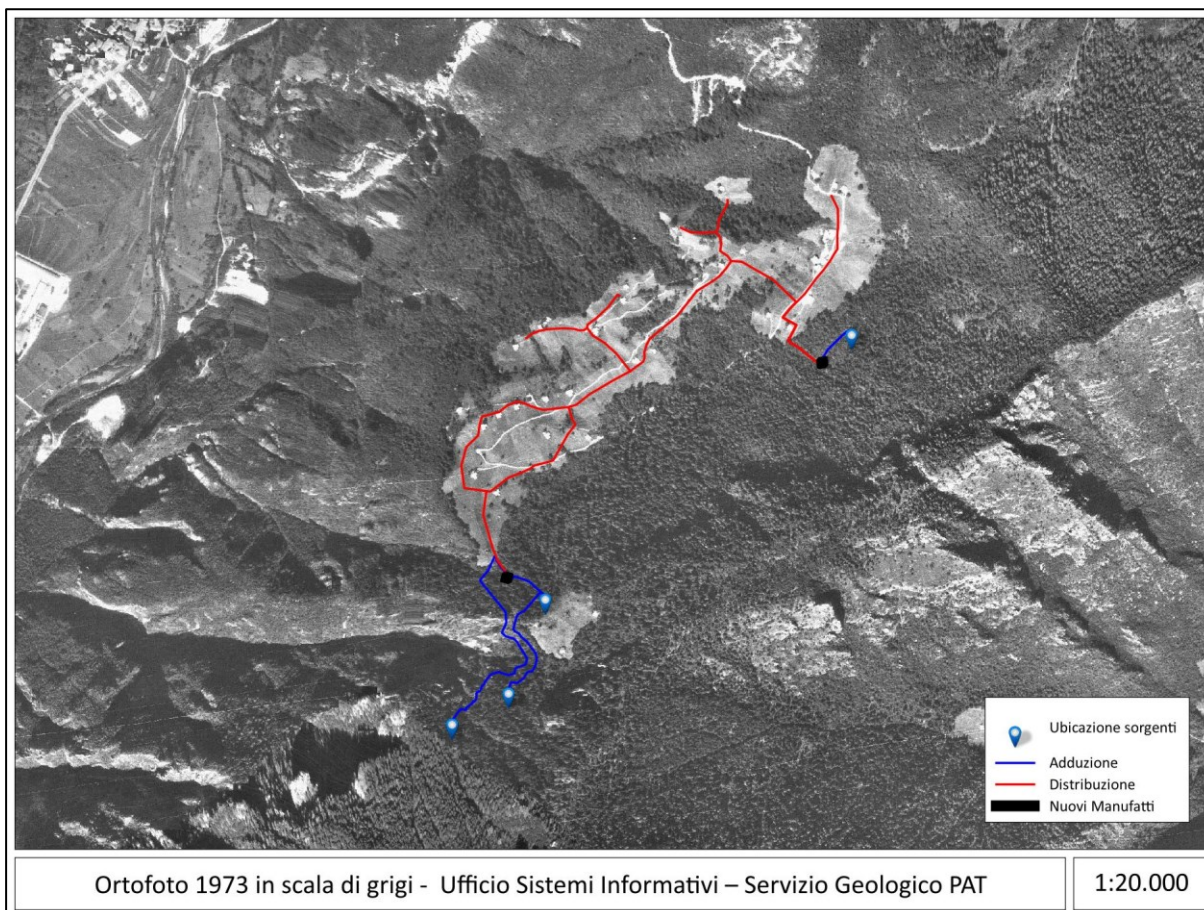


Figura 21. Immagine ortofotogrammetrica dell'area in esame (PAT 1973)

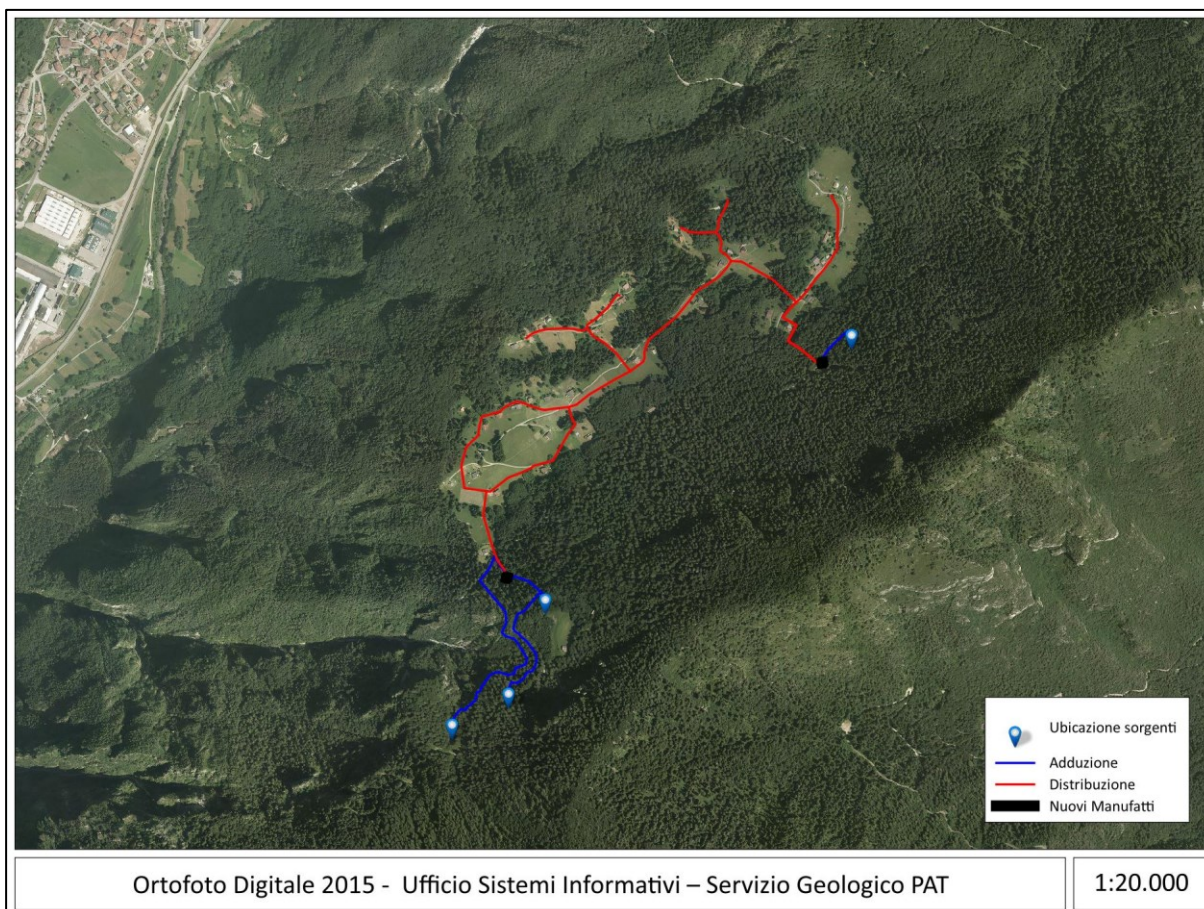


Figura 22. Immagine ortofotogrammetrica dell'area in esame (PAT 2015)

4.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Le informazioni riprese nel presente capitolo sono estratte in gran parte dalla bibliografia specifica. In particolare, si è fatto qui riferimento alle Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000 - foglio 079 "Bagolino" di cui si riportano alcuni tra i più significativi estratti per l'area in esame.

La situazione tettonica nell'area in esame è, invece, consultabile in Figura 24 - Carta Geologico Strutturale del Trentino di cui si riporta uno stralcio non in scala.

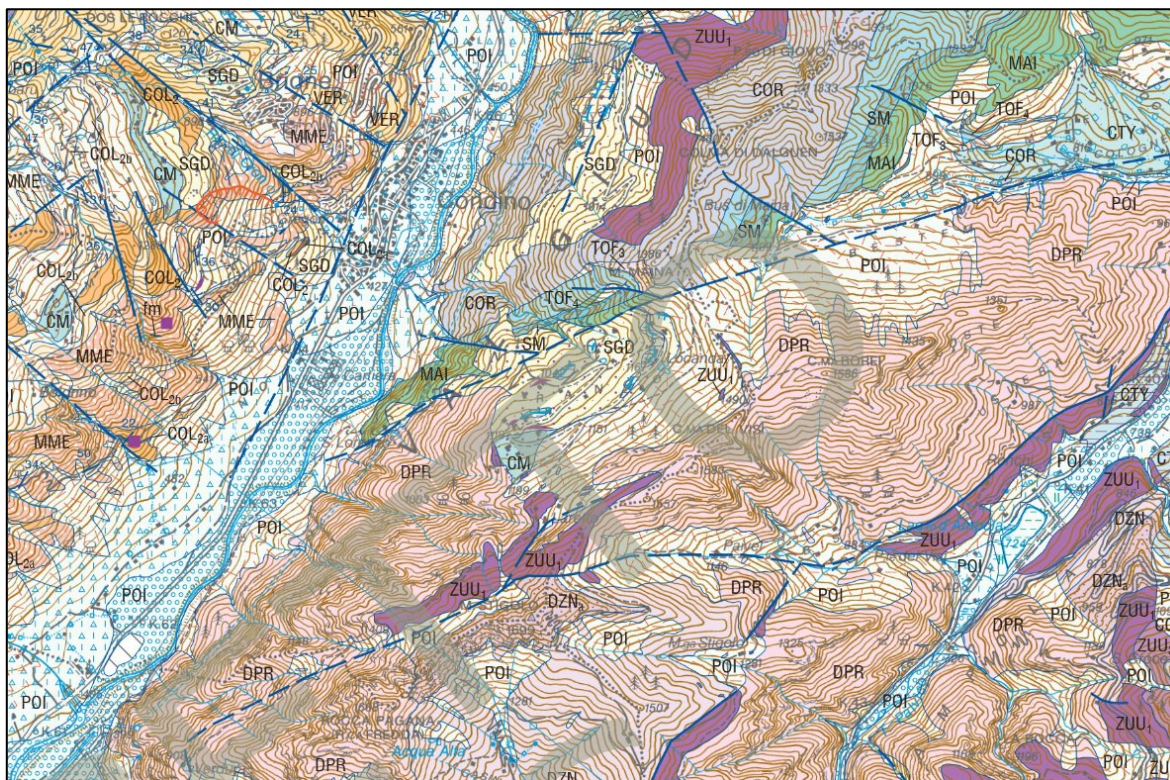


Figura 23. Estratto Carta geologica Foglio 079 "Bagolino"

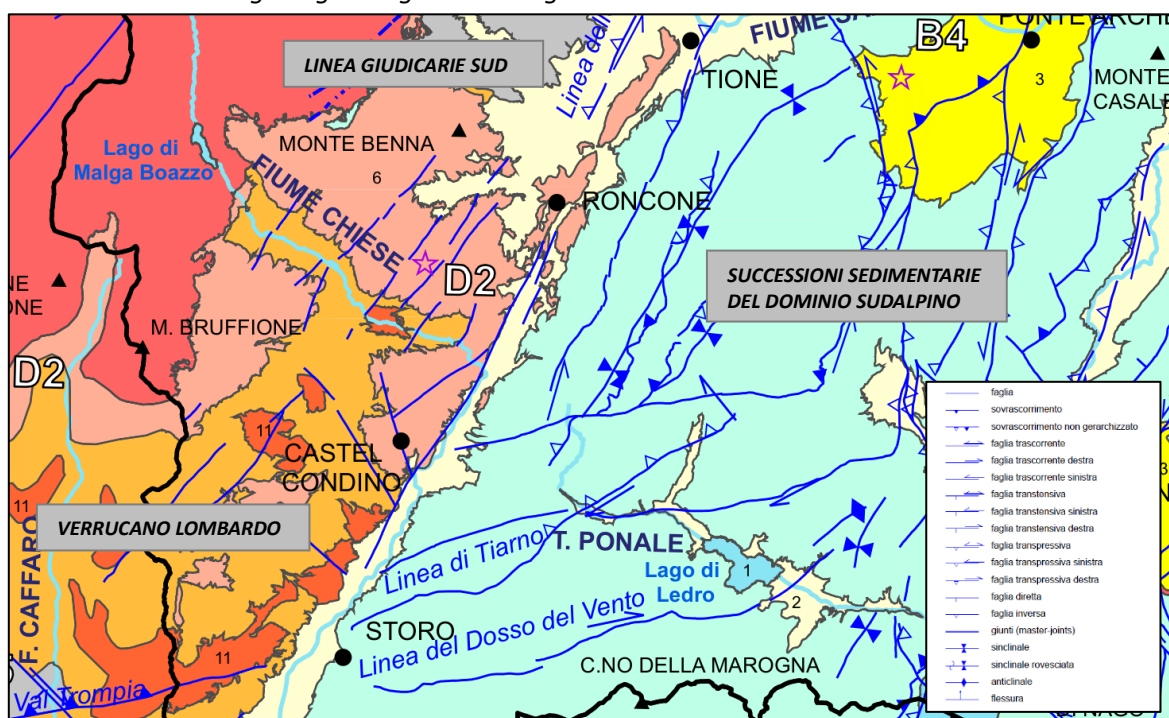


Figura 24. Estratto da: "CARTA GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL TRENTINO (Servizio Geologico PAT)"

4.2.1. INQUADRAMENTO STRUTTURALE E TETTONICO

Il quadro geologico regionale che caratterizza l'area in oggetto risulta complicato sia per via degli aspetti litologico - strutturali sia per quanto riguarda le dinamiche che hanno plasmato il territorio.

In generale, dal punto di vista tettonico-cinematico l'area ha subito nel corso del passato eventi sia di tipo estensionale (mesozoici), che compressivi (oligocenici-neogenici) dando luogo ad uno schema strutturale molto complesso.

“L'elemento tettonico principale del Foglio 079 – Bagolino è certamente la linea delle Giudicarie Sud (LGS) che corre lungo la valle del Fiume Chiese (direzione NNE – SSO) dividendo il foglio in due settori ben distinti: uno ad ovest, costituito dalle unità magmatiche del batolite dell'Adamello e dalla successione Permiano – Triassica media, e l'altro, a est, formato dalle estese coperture sedimentarie del Triassico superiore. La LGS rappresenta il raccordo meccanico fra la Linea delle Giudicarie Nord (Insubrica) e la Linea della Val Trompia (circa E-O), quest'ultima intercettata nel tratto compreso fra Storo e Ponte Caffaro. La LGS viene interpretata come faglia trascorrente sinistra lungo la quale i lati contrapposti avrebbero subito un movimento orizzontale dell'ordine di circa 10 – 12 km. Nelle vicinanze dell'area considerata la LGS interseca il substrato roccioso affiorante al ponte di Cimego, costituito dalla parte sommitale del Calcare di Angolo con il caratteristico banco a brachiopodi. Tuttavia, nel tratto della valle esaminato la LGS Sud non consiste in un'unica faglia, ma in fascio di fratture ad andamento NNW – SSW.”

Localmente dal punto di vista strutturale si annota la “Linea di Tiarno”, faglia da inversa a transperessiva sinistra, appartenente al sistema strutturale valsuganese, che corre in direzione OSO – ENE dislocando per lo più le successioni triassiche, Giurassiche e Cretaciche mettendo quindi a contatto la Dolomia Principale con le formazioni più recenti della Maiolica, del Selcifero Lombardo e del Tofino. La lineazione prende origine poco a nord rispetto la conca di Storo e si approfondisce verso est lungo la val D'Ampola giungendo sino all'abitato di Tiarno e oltre.

L'area d'interesse si trova lungo il pendio del versante sinistro della Valle del Chiese, ovvero a est della Linea delle Giudicarie Sud. Il substrato roccioso affiora estesamente in questa porzione di territorio e, stante le condizioni geostrutturali risulta caratterizzato da generali condizioni di pervasiva ed elevata fratturazione.

4.2.2. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO GENERALE

Per entrare maggiormente nel dettaglio del contesto geologico-stratigrafico dell'area si riporta In Figura 25 l'estratto della Carta geologica provinciale 1:10.000 dal quale è possibile ricavare preziose informazioni circa la litologia dell'area. I dati di seguito riportati in parte sono stati ricavati dalla nutrita bibliografia¹ che approfondisce i caratteri geologici dell'area in esame ed in parte dai sopralluoghi che lo scrivente ha effettuato nell'area di interesse ed in aree limitrofe nel corso del tempo.

Per quanto riguarda le formazioni rocciose e di materiali sciolti di copertura che si rinvencono nell'area si elencano le principali qui sotto riportandone i caratteri salienti (da Legenda della Carta Geologica – Descrizione delle Unità PAT. Servizio Geologico).

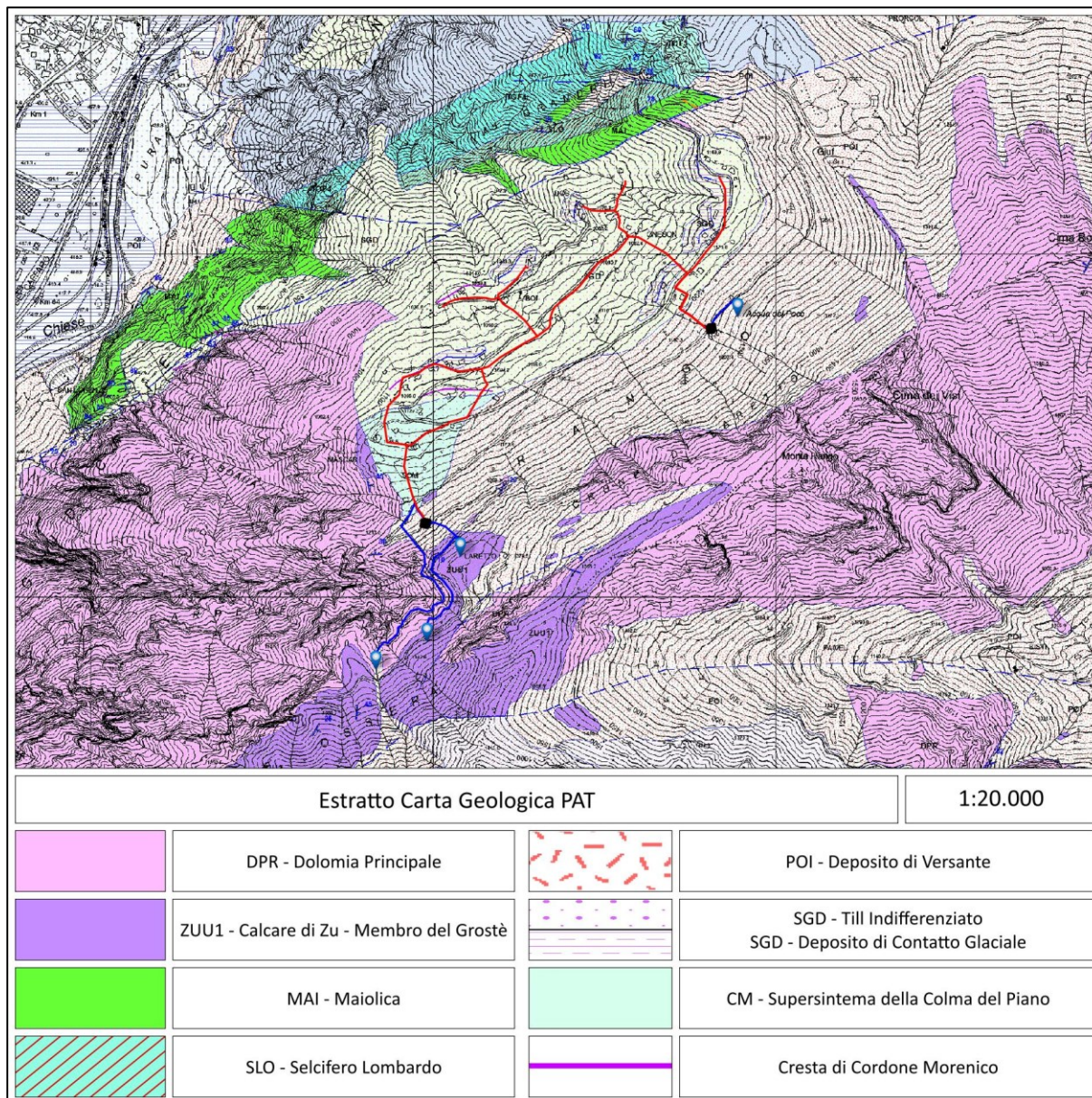


Figura 25. Stralcio Carta Geologica Provinciale

¹ APAT, Progetto CARG – “Note illustrative della Carta geologica d'Italia, alla scala 1: 50.000”, foglio 059 Tione di Trento

- **DPR – DOLOMIA PRINCIPALE** – Dolomie stromatolitiche chiare, dolomicriti grigio scure all'apice, fossilifere (megalodontidi e Worthenia sp.) doloareniti oolitiche in strati medio spessi. Spessore: 1200-1500 m. Età: Norico - Retico.



Figura 26. Bancate di Dolomia Principale e monte di località Laretto



Figura 27. Bancate di Dolomia Principale presso località Ossera

- **ZUU1 – CALCARE DI ZU MEMBRO DEL GROSTE’** – *Calcari micritici grigio scuri, marne e argilliti nere, biocalcareni gradate a molluschi e brachiopodi in strati medio-sottili. Localmente verso l'alto cespi di coralli e grandi megalodontidi. Spessore: 0-600 metri. Età: Norico-Retico.*



Figura 28. Affioramento Calcare di Zu presso l'area della sorgente 124° Reggimento

- *POI - SINTEMA DEL PO – Diamicton e ghiaie con clasti spigolosi (depositi di versante, di frana e di debris flow). Ghiaie e sabbie stratificate (depositi alluvionali). Limi laminati, argille e torbe (depositi lacustri e di torbiera). Diamicton massivi a blocchi (depositi glaciali). Età: Pleistocene sup. – attuale*

Nel caso in oggetto rientrano nella categoria i depositi di versante, per lo più di origine gravitativa e/o eluviale che caratterizzano l'area di versante più acclive sino alla dorsale rocciosa sommitale.



Figura 29. Materiali detritici grossolani di versante a monte di località Acqua del Pocc

- **SGD - SINTEMA DEL GARDA** – Depositi glaciali, alluvionali e da debris flow, di contatto glaciale, fluvio-glaciali e di versante. Nel caso specifico sono da ricondursi a depositi correlati al glacialismo dell'area. Età: Pleistocene sup.



Figura 30. Località Rango. Terrazzo glaciale indifferenziato

4.3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO GENERALE

Come si evince dalla Figura 31 l'idrografia minore è particolarmente sviluppata lungo il versante di interesse e soprattutto nella parte medio bassa del pendio dove si annotano numerosi rivi, che scorrono lungo un ramificato ed intricato sistema di impluvi. Località Rango è delimitata a nord dal Rio Marzolo e a sud da un complesso sistema di rivi rappresentati dai bacini idrografici del Rio Val Boana e del Rio Laretto. Alcuni ramali secondari dei Rio Marzolo intersecano il nucleo insediativo di Rango anche se la loro presenza risulta per lo più cartografica in quanto non si segnalano veri e propri impluvi conformati e attivi.

L'elemento dell'idrografia principale a cui fa capo il reticolo minore è rappresentato dal Fiume Chiese che scorre regimato presso il fondovalle. Dal punto di vista progettuale il corso d'acqua vallivo non assume alcuna valenza.

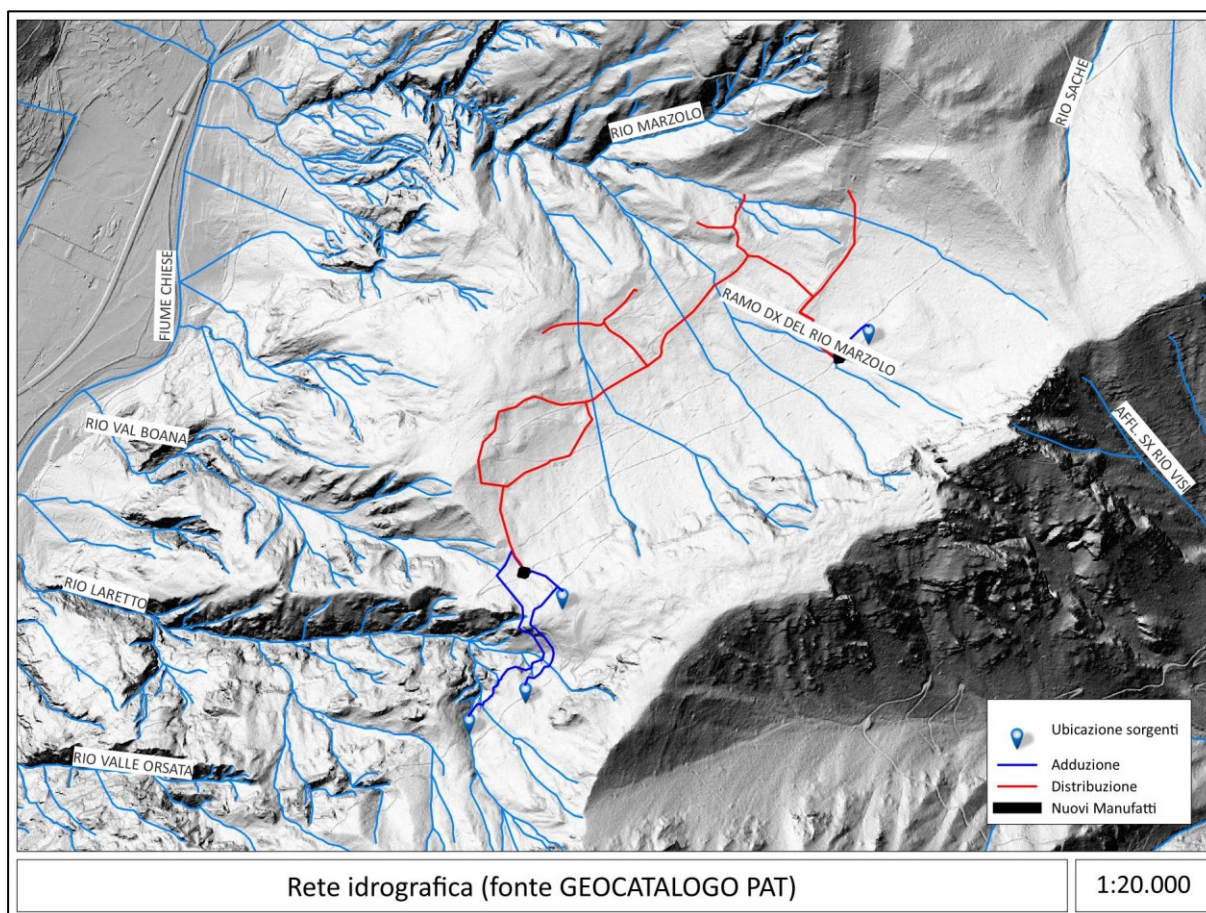


Figura 31. Reticolo idrografico area di interesse

La particolare conformazione del reticolo idrografico rispecchia quelle che sono le caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo. Nella parte alta del versante, dove affiorano litologie ascrivibili alla Dolomia Principale massive e stratificate in bancate piuttosto importanti, il reticolo idrografico è poco sviluppato con ramificazioni minori e limitate. Al contrario, nella parte mediana e basale del versante, dove affiorano litologie meno competenti e tendenzialmente fittamente stratificate e ascrivibili alle formazioni della Maiolica ovvero del Monte Zugna, il reticolo idrografico è molto ben sviluppato con struttura dendritica e ramificata in più ordini. È quindi evidente il controllo litologico sul complesso schema idrografico superficiale dell'area.

In generale il regime delle portate è correlato al regime pluviometrico locale; non essendo presenti in quota accumuli consistenti di nevi o ghiaccio non si segnalano i contributi relativi. È tuttavia ipotizzabile un complesso sistema profondo di origine carsica, stante le litologie presenti (soprattutto quello della Dolomia Principale), in grado di convogliare grandi quantitativi di acque da un bacino idrografico all'altro scostando anche in maniera significativa il bilancio idrografico da quello idrogeologico.

Si segnala che una delle sorgenti del gruppo Ossera si trova in corrispondenza di uno dei ramali del Rio Laretto. Al momento del sopralluogo non era presente alcuno scorrimento idrico all'interno dell'alveo, tuttavia, vi sono evidenze che, almeno durante eventi meteo intensi, ovvero a seguito di piogge intense o prolungate si possano avere condizioni di flusso anche importanti.



Figura 32. Reticolo idrografico area di interesse. Ramale Rio Laretto presso sorgenti Ossera



Figura 33. Reticolo idrografico area di interesse. Ramale Rio Laretto presso sorgenti Ossera

4.4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

Per quanto riguarda, invece, il complesso contesto idrogeologico si può ipotizzare che il regime ed il campo di moto delle acque sotterranee siano intimamente correlati alle litologie presenti, alle variazioni delle frazioni che costituiscono lo spettro granulometrico, all'andamento del substrato roccioso in profondità e all'assetto strutturale e tettonico profondo.

Le informazioni ricavate dagli affioramenti in campo hanno permesso di identificare nell'area di interesse due macro-unità idrogeologiche. La prima corrispondente ai terreni di copertura detritici, correlate per lo più al glacialismo locale o al disfacimento della roccia affiorante in quota, dotati di permeabilità primaria per porosità piuttosto variabile a seconda dello spettro granulometrico costituente i terreni, mentre la seconda unità idrogeologica corrispondente alle formazioni rocciose dotate di permeabilità secondaria per fratturazione. Nonostante il grado di permeabilità possa risultare anche elevato nelle porzioni di roccia fratturate in generale queste possono essere considerate come un acquicludo locale in quanto le fratture tendono con la profondità a serrarsi e a costituire una barriera impermeabile.

Nell'area sono catalogate alcune sorgenti. Qui di seguito l'estratto cartografico.

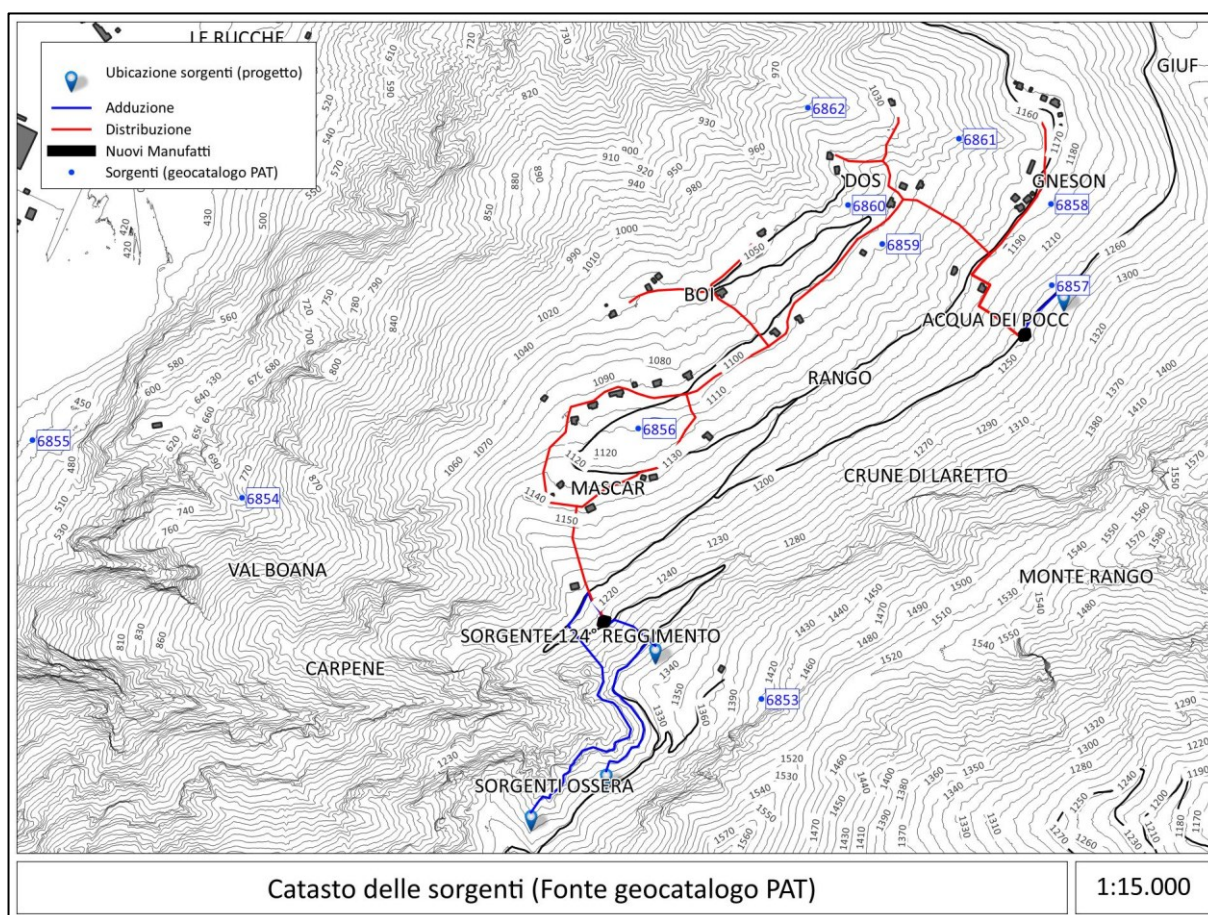


Figura 34. Estratto della mappa della Banca dati Sorgenti della PAT

Dal punto di vista progettuale riveste un certo rilievo esclusivamente quella contrassegnata dal codice 6857 "Dei Pozzi" che corrisponde a quella denominata nel presente elaborato, e ad interesse progettuale, "Acqua dei Pocc". Negli estratti di seguito alcune informazioni a riguardo.

| INFORMAZIONI GENERALI | | | |
|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Codice sorgente: | 6857 | Nome ufficiale della sorgente: | I pozzi |
| Quota (m.s.l.m.): | 1240 | Grado precisione quota: | CON ALTIMETRO TARATO - RIF. VICINI |
| Fonte ultimo aggiornamento: | SOGGETTI ESTERNI | Data ultima verifica in loco: | 24/09/1997 |
| Comune amministrativo: | BORGO CHIESE | Cod. Vicinanza: | CON AUTO |
| Cod. Sezione CTP al 10.000: | 79120 | Sezione CTP al 10.000: | LAGO DI AMPOLA |
| Coordinata X Gauss-Boaga (m): | 625865,78 | Coordinata Y Gauss-Boaga (m): | 5081881,15 |
| Annotazioni: | | | |

| DATI GEOLOGICI | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| sorgente: | 6857 |
| come si presenta: | ISOLATA |
| tipo emergenza: | PUNTIFORME |
| regime sorgente: | |
| causa dell'emergenza: | DI CONTATTO (STRATIGR. O TETTONICO) |
| ubicazione morfologica: | FALDA |
| tipo regime: | |
| alimentazione superficiale: | <input type="checkbox"/> no data |
| tipo struttura geologica: | |
| tipo di trappola: | |
| tipo di terreno: | DEPOSITI DETRITICI |
| data ultimo sopralluogo: | 24/09/1997 |
| fonte ultimo aggiornamento: | SOGGETTI ESTERNI |
| annotazioni: | |

| DATI DI UTILIZZO | |
|------------------|------------------|
| CODICE SORGENTE | TIPO DI UTILIZZO |
| 6857 | POTABILE |
| 6857 | DOMESTICO |

| DATI DI PORTATA | | | | | |
|-------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|---|
| DATA DELLA MISURA | ORA DELLA MISURA | TEMPERATURA DELL'ARIA (°C) | TEMPERATURA DELL'ACQUA (°C) | PORTATA SORGENTE (L/s) | TIPO MISURA DATO PORTATA FONTE ULTIMO AGGIORNAMENTO |
| 15/07/1974 | | | 7 | 0,2 | |
| 24/09/1997 | 16 | 20 | 5,8 | 0,1 | VOLUMETRICA SOGGETTI ESTERNI |



Figura 35. Sorgenti "Acqua dei Pocc"

4.5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO – STIMA DELLA VULNERABILITÀ ED INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI RISPETTO E TUTELA IDROGEOLOGICA DELLE NUOVE OPERE DI CAPTAZIONE

Per quanto riguarda le sorgenti presenti ed oggetto di perizia queste si collocano nella parte medio alta del versante a quote comprese tra i 1.260 m s.l.m. circa dell'Acqua dei Pocc ed i 1.320 m s.l.m. delle sorgenti Ossera. Considerata la quota massima che il versante raggiunge nei pressi di Cima Dei Visi (circa 1.500 m s.l.m.) l'area drenata superficiale da cui provengono le acque che alimentano le sorgenti oggetto di perizia risulta assai limita. Questo dato è vero per la componente del bacino di alimentazione superficiale, cioè senza considerare alcun apporto dall'esterno dovuto, ad esempio, dal contesto tettonico-stratigrafico e geomeccanico del sottosuolo e delle rocce costituenti il serbatoio idrogeologico profondo.

Nei paragrafi successivi si descrive con dettaglio il contesto idrogeologico dei terreni affioranti nell'area di interesse con il fine di identificare le zone di Rispetto e Protezione delle future aree di captazione fatto salvo la perimetrazione della Zona di Tutela Assoluta che sarà identificata in fase esecutiva sulla base di un rilievo topografico di dettaglio per meglio delimitare la zona di emungimento secondo la morfologia e le condizioni.

Nel corso dei mesi di dicembre 2023 – marzo 2024 sono stati condotti alcuni sopralluoghi nelle aree di interesse presso i punti di captazione previsti al fine di identificare le caratteristiche idrogeologiche dei terreni e di comprenderne lo schema di deflusso sotterraneo.

4.5.1. SORGENTE "ACQUA DEI POCC"

La sorgente "Acqua dei Pocc" si localizza poco a monte della strada forestale che risale da località di Rango nei pressi di una nicchia morfologica dal cui centro scaturiscono alcune venute di tipo puntuale.

L'emergenza idrica è correlata alla presenza nel sottosuolo del substrato roccioso a poca profondità che determinerebbe l'emergenza idrica; si tratta quindi di una sorgente di contatto, che scaturisce in quanto l'acquifero, formato in questo caso dalle unità detritiche permeabili disposte lungo il versante a monte, vanno a contatto con il tetto dello strato sottostante roccioso con caratteristiche proprie di impermeabilità (Acquiclude).

Nel caso in oggetto l'acquifero è costituito da un orizzonte detritico piuttosto importante e dell'ordine di qualche metro che ricopre con continuità il versante a monte del punto di emergenza sino alla base delle pareti rocciose in quota. Come è evidente dalle foto scattate durante il sopralluogo i materiali sono costituiti da pezzature piuttosto variabili con la presenza anche di grossi massi con ogni probabilità provenienti da crolli dalle soprastanti pareti. Le acque di pioggia, e dell'eventuale fusione nivale accumulate durante la stagione invernale, si infiltrano quindi con moto verticale nel corpo dell'acquifero dotato di discreta permeabilità per porosità stante il carattere prettamente clastosostenuto di questa tipologia di depositi; una volta incontrato lo strato roccioso, impermeabile, il flusso idrico sotterraneo prosegue, acquisendo una componente orizzontale, verso valle. L'area di emersione viene identificata nella piccola conca morfologia a monte strada dove le acque vengono a giorno secondo più punti emersione.

Per quanto riguarda la portata questa risulta fortemente condizionata dall'andamento delle precipitazioni con risposte repentine ad eventuali apporti meteorici importanti.



Figura 36. Punto di emersione e opera di presa "Acque dei Pocc"



Figura 37. Area subito a monte dell'area di emergenza



Figura 38. Versante a monte dell'area di emergenza



Figura 39. Versante a monte dell'area di emergenza

Per quanto riguarda la vulnerabilità della sorgente “Acqua dei Pocc” si evidenzia quanto segue:

- a monte dell’area di sorgente non ci sono attività antropiche tali da poter causare un decremento diretto qualitativo delle acque di filtrazione;
- a monte dell’area di sorgente non esiste alcun manufatto antropico dove si possa riscontrare una presenza continuativa di persone o animali;
- il versante a monte dell’area di emungimento è caratterizzato da una fitta copertura a bosco, in parte a latifolia ed in parti ad aghifolia, sino alla zona di cresta;
- nell’area si sono raccolti indizi che portano a considerare che la zona sia abitualmente pascolata da animali selvatici e soprattutto da ungulati (cervi e caprioli) ma potenzialmente anche di alti tipi di mammiferi predatori e non (camosci, volpi, orsi, ecc.).

La vulnerabilità della sorgente è quindi correlata per lo più al potenziale effetto della presenza di animali in prossimità della zona di ricarica. A questo scopo si potrà prevedere in fase esecutiva una perimetrazione dell’area di tutela assoluta che mantenga ad adeguata distanza ogni possibile interferenza dovuta dalla presenza di animali nell’area. In aggiunta, sempre nell’area di tutela assoluta, potranno essere adottati sistemi di impermeabilizzazione del primo sottosuolo per impedire ogni contaminazione nel diretto intorno del punto di emungimento.

4.5.2. SORGENTE “124° REGGIMENTO”

La sorgente “124° Reggimento” si localizza poco a monte della strada forestale che risale da località Rango in direzione Laretto nei pressi di una nicchia morfologica. A monte, rispetto il punto di emersione, il pendio risale bruscamente per un primo tratto per poi digradare in corrispondenza ad un limitato terrazzo morfologico (loc. Laretto) dove si localizza un edificio di tipo civile. Il versante riprende poi acclività bruscamente sino alla quota di cresta (1.500 m s.l.m.).

Nell’area prossima al punto di emungimento affiorano terreni caratterizzati dalla presenza di grandi massi disposti caoticamente; poco più a valle, in corrispondenza al taglio stradale, affiora il substrato roccioso fittamente stratificato.

Nel caso in oggetto l’acquifero è costituito da una massa detritica a grossi blocchi, eterometrici e disposti in maniera caotica. Il deposito suddetto, che probabilmente si configura come una paleofrana che ha interessato le pareti rocciose soprastanti, poggia sul substrato roccioso che, come evidente dalla foto riportate nelle pagine a seguire, risulta fittamente stratificato con struttura a blando franappoggio. Le acque di pioggia, e dell’eventuale fusione nivale accumulatasi durante la stagione invernale, si infiltrano quindi con moto verticale nel corpo dell’acquifero dotato di discreta permeabilità per porosità stante il carattere prettamente clastosostenuto di questa tipologia di depositi; una volta incontrato lo strato roccioso, considerato impermeabile, il flusso idrico sotterraneo prosegue, acquisendo una componente orizzontale, verso valle. L’area di emersione viene identificata nella piccola conca morfologia a monte strada dove le acque vengono a giorno in corrispondenza ad una serie di punti emersione posti a quote differenti a seconda dell’abbondanza, o meno, di acque sotterranee.

Anche nel caso in oggetto si tratta quindi di una sorgente di contatto, che scaturisce in quanto l’acquifero, formato in questo caso da materiali detritici a grossi blocchi, vanno a contatto con il tetto dello strato sottostante roccioso con caratteristiche proprie di impermeabilità (Acquiclude).

Per quanto riguarda la portata questa risulta fortemente condizionata dall’andamento delle precipitazioni con risposte repentine ad eventuali apporti meteorici importanti.



Figura 40. Punto di emersione e opera di presa “124° Reggimento”



Figura 41. Area di emersione delle acque



Figura 42. Substrato roccioso fittamente stratificato a valle dell'opera di presa lungo strada



Figura 43. Pareti rocciose (Dolomia Principale) a monte di località Laretto

Per quanto riguarda la vulnerabilità della sorgente “124° Reggimento” si evidenzia quanto segue:

- a monte dell'area di sorgente si osserva la presenza di un manufatto antropico probabilmente utilizzato durante la stagione estiva come abitazione occasionale;
- si può prevedere, in via cautelativa, che durante l'utilizzo del manufatto possano essere adottati alcuni comportamenti in grado di avere delle interazioni negative sul corpo acquifero sotterraneo;

- il versante a monte dell'area di emungimento è caratterizzato da una fitta copertura a bosco, in parte a latifolia ed in parti ad aghifolia, sino alla zona di cresta;
- nell'area si sono raccolti indizi che portano a considerare che la zona sia abitualmente pascolata da animali selvatici e soprattutto di ungulati (cervi e caprioli) ma potenzialmente anche di alti tipi di mammiferi predatori e non (camosci, volpi, orsi, ecc.).

La vulnerabilità della sorgente è quindi correlata per lo più dal potenziale effetto della presenza di animali in prossimità della zona di ricarica ma anche dalla presenza di un manufatto antropico probabilmente utilizzato come abitazione occasionale durante la stagione estiva. Si potranno prevedere, quindi, due tipologie di intervento per la mitigazione del potenziale rischio di compromettere la qualità delle acque della sorgente "124° Reggimento". La prima consiste nel prevedere in fase esecutiva una perimetrazione dell'area di tutela assoluta che mantenga ad adeguata distanza ogni possibile interferenza dovuta dalla presenza di animali nell'area. In aggiunta, sempre nell'area di tutela assoluta, potranno essere adottati sistemi di impermeabilizzazione del primo sottosuolo per impedire ogni contaminazione nel diretto intorno del punto di emungimento. La seconda tipologia di intervento consiste nell'impedire lo sversamento di liquami o reflui potenzialmente inquinanti in corrispondenza al manufatto antropico collocato poco a monte rispetto la zona di emungimento. È evidente che esistono dei sistemi in grado di filtrare, chiarificare e mantenere la qualità delle acque reflue con i parametri biologici al di sotto dei valori limite imposti dalla normativa specifica e che questi dovranno essere utilizzati per scongiurare il possibile degrado qualitativo delle acque risorgive dell'area della sorgente "124° Reggimento".

4.5.3. SORGENTI “OSSERA”

Le sorgenti “Ossera” si localizzano in due punti distinti alle quote indicative di circa 1.310 – 1.320 m s.l.m. presso la testata di due vallecole secondarie che vanno a costituire le parti sommitali dei compluvi che formano parte del bacino idrografico del rio Laretto. In entrambi i punti di emersione affiora con continuità il substrato roccioso che nella fattispecie è da ricondurre agli strati intermedi di passaggio tra le unità della Dolomia Principale e del Calcare di Zu che nella zona del monte Stigolo – Monte Rango vanno a conformarsi secondo una struttura ad anticlinale.

Il punto di emersione della sorgente Ossera posta più a meridione si colloca esattamente in corrispondenza all'impluvio roccioso di un ramale del Rio Laretto; il punto di emersione, invece, posto più a nord non risulta direttamente in un impluvio conformato anche se il substrato roccioso risulta in ogni modo affiorante.

Elemento dominante quindi del contesto idrogeologico del versante in questo tratto è il substrato roccioso che affiora diffusamente nell'area di ricarica delle sorgenti Ossera. Terreni di copertura, correlati in maniera più o meno univoca a dinamiche alla scala di versante, si localizzano esclusivamente alla base delle pareti rocciose ovvero lungo gli impluvi conformati. Nel primo caso si tratta di depositi gravitativi nel secondo di depositi derivanti da trasporto in massa lungo gli impluvi in concomitanza ad eventi meteo di particolare intensità in grado di mobilitare i materiali saturi.

Le venute d'acqua sono quindi intimamente correlate con l'assetto geomeccanico del substrato roccioso che nell'area di interesse è stato indagato con una serie di misure di orientazione della stratificazione e dei giunti per evidenziare eventuali direzioni preferenziali di scorrimento delle acque di filtrazione.

Nel caso specifico le acque di pioggia si infiltrano con moto verticale nelle coltri di materiale detritico grossolano che ricoprono con spessori variabili il substrato, la permeabilità delle formazioni di terreno sciolto risulta assai elevata in ragione della presenza di materiali grossolani aridi. Il flusso sotterraneo va poi ad intercettare il substrato roccioso dotato di permeabilità secondaria dovuta alle discontinuità presenti e a scorrere all'interno degli spazi tra gli strati e le fratture secondo la loro orientazione e giacitura.

La venuta a giorno delle acque in questo particolare contesto può essere dovuta potenzialmente alla presenza del Calcare di ZU (membro del Grostè), costituito in parte da bancate di calcari micritici scuri, marne e argilliti nere, che con il loro basso coefficiente di permeabilità costituiscono un acquiclude locale. Le acque filtrerebbero dalla roccia quindi per contatto tra una formazione rocciosa più permeabile (Dolomia Principale), con sistemi carsici a anche molto importanti, e una meno permeabili (Calcare di Zu).



Figura 44. Area di emersione sorgenti Ossera (punto a sud)



Figura 45. Area di emersione sorgenti Ossera (punto a nord)



Figura 46. Terreni di copertura a monte delle aree di sorgente località Ossera

Per quanto riguarda la vulnerabilità delle sorgenti “Ossera” si evidenzia quanto segue:

- a monte dell’area di sorgente non ci sono attività antropiche tali da poter causare un decremento diretto qualitativo delle acque di filtrazione;
- a monte dell’area di sorgente non esiste alcun manufatto antropico dove si possa riscontrare una presenza continuativa di persone o animali
- l’ubicazione del punto di emersione più a sud è collocato in corrispondenza ad un impluvio che potrebbe essere interessato da un flusso idrico sostanziale, anche iperconcentrato, durante eventi meteo intensi;
- il versante a monte dell’area di emungimento è caratterizzato da una fitta copertura a bosco, in parte a latifolia ed in parti ad aghifolia, sino alla zona di cresta;
- nell’area si sono raccolti indizi che portano a considerare che la zona sia abitualmente pascolata da animali selvatici e soprattutto di ungulati (cervi e caprioli) ma potenzialmente anche di alti tipi di mammiferi predatori e non (camosci, volpi, orsi, ecc.).

La vulnerabilità della sorgente è quindi correlata per lo più dal potenziale effetto della presenza di animali in prossimità della zona di ricarica. A questo scopo si potrà prevedere in fase esecutiva una perimetrazione dell’area di tutela assoluta che mantenga ad adeguata distanza ogni possibile interferenza dovuta dalla presenza di animali nell’area. In aggiunta, sempre nell’area di tutela assoluta, potranno essere adottati sistemi di impermeabilizzazione del primo sottosuolo per impedire ogni contaminazione nel diretto intorno del punto di emungimento. Considerato che la zona di emungimento si trova in prossimità ad un impluvio conformato potrà essere prevista inoltre la realizzazione di una protezione contro il possibile scalzamento delle strutture che verranno realizzate da parte delle acque correnti.

4.5.4. INDIVIDUAZIONE ZONA DI TUTELA ASSOLUTA E AREE DI RISPETTO E PROTEZIONE IDROGEOLOGICA

Nella delimitazione delle aree si è tenuto conto del fatto che le sorgenti hanno un potenziale di restituzione inferiore alla portata di 1 L/s.

Le caratteristiche idrogeologiche e geologiche descritte nei capitoli precedenti hanno permesso di ricostruire con sufficiente dettaglio le aree di interesse sia nell'immediato intorno delle zone di captazione che delle aree a monte identificate come di ricarica. A completamento delle informazioni si riporta di seguito lo stereogramma delle giaciture raccolte nell'area delle sorgenti Osseira-124° Reggimento laddove il substrato roccioso affiora diffusamente e si presume che il contesto geomeccanico sia significativo nel controllare la rete di flusso sotterranea. Il polo centrale è relativo ai piani di strato della roccia che, nel caso in oggetto è pressoché piano-parallela con una eventuale blanda inclinazione verso il quadrante di Nord-Est. La risultante giacitura del piano corrispondente al centro del polo è N 64° / 5° (Dip Azimuth/Dip). Oltre all'evidente sistema corrispondente alla stratificazione sono presenti altri sistemi di fratturazione da verticali e pseudo verticali ad orientazione variabile. Il più frequente ha una direzione WSW – ENE con inclinazione pressoché verticale e rispecchia quello che è l'andamento del lineamento principale della zona (Linea di Tiarno. Vedi capitolo 4.2.1).

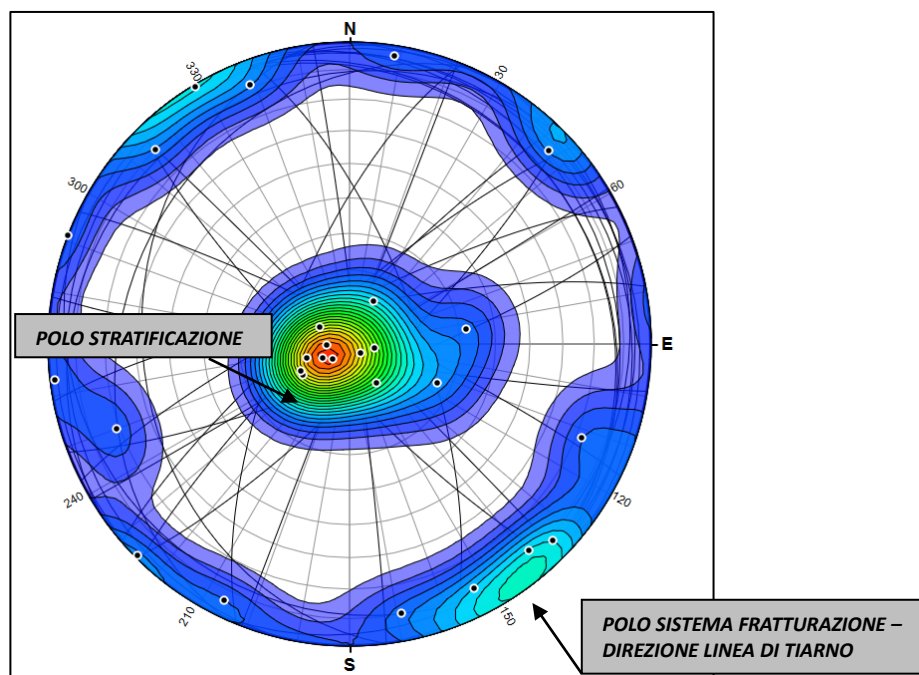


Figura 47. Diagramma (Equal Area) interpretazione dati geomeccanici area Osseira-124° Reggimento

Dalle evidenze raccolte si è potuto quindi rappresentare le mappe con le Zone di Protezione Assoluta e le Zone di Rispetto e Protezione idrogeologica delle 4 sorgenti individuate.

Si rimanda per i dettagli alla Tav. Geo. 01 "Identificazione Zone di Tutela Assoluta e Zone di Rispetto e Protezione Idrogeologica".

Stante la limitata ampiezza del versante a monte le zone non si protendono su grandi superfici, tuttavia, queste debordano dalla linea di cresta interessando anche il versante opposto. Questa scelta scaturisce dalle condizioni stratigrafiche dell'area che vedono la presenza di strati pianoparalleli, la presenza di litotipi spiccatamente adatti anche a condizioni carsiche (Dolomia Principale) e alle condizioni strutturali specifiche che hanno portato ad interpretare la presenza di una struttura ad anticlinale proprio nell'area di cresta a monte di Rango e che interessa le unità della Dolomia Principale e del Calcare di Zu.

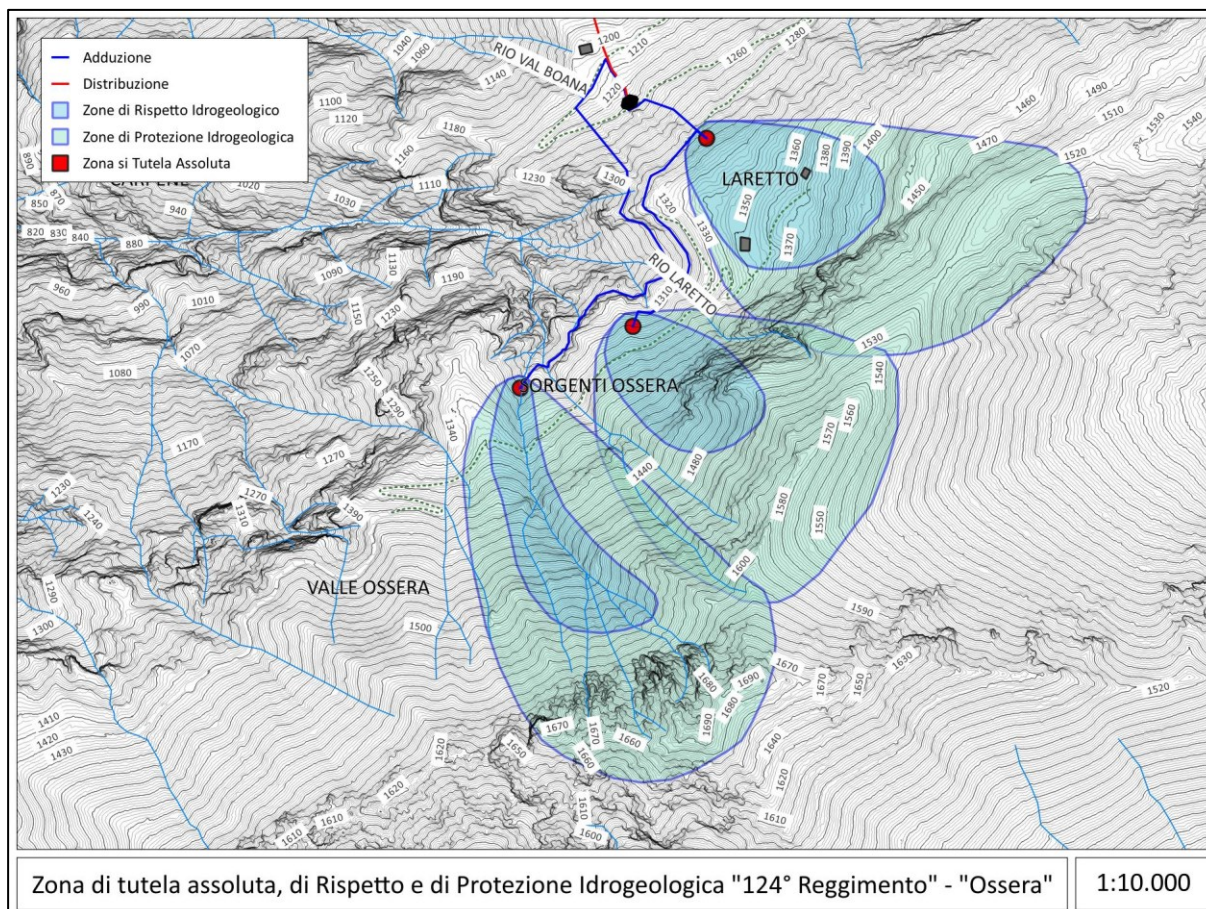
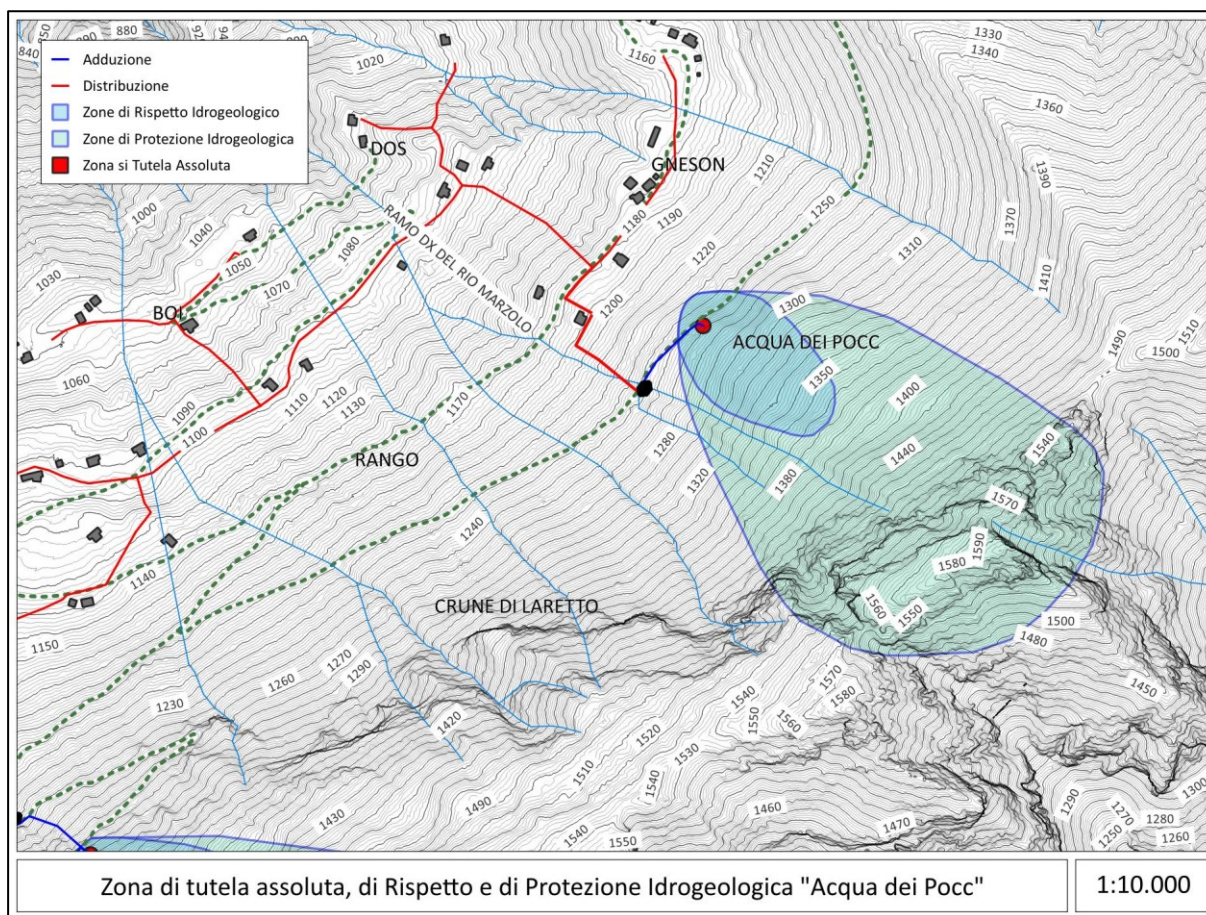


Figura 48. Individuazione Zone di Tutela Assoluta, Zone di Protezione e Rispetto Idrogeologico sorgenti

4.6. UNITÀ GEOLOGICHE DEL VOLUME GEOLOGICO SIGNIFICATIVO

Per un corretto approccio progettuale è indispensabile individuare il “volume geologico significativo” che, dal punto di vista formale, è definito come il sito geologico ed il relativo sottosuolo in cui è possibile cogliere interrelazioni di carattere dinamico di origine geologica o antropica influenzanti l’opera”.

Operativamente si è quindi valutata l’estensione di territorio entro il quale si possono determinare fenomeni geodinamici, idrogeologici e antropici in grado di provocare o subire azioni dirette o indirette sulle/dalle opere o su/da parti di esse. In relazione all’importanza e all’estensione dell’opera, e alle problematiche che vengono giustamente evidenziate dalle autorità competenti, si ritiene di considerare come volume geologico significativo l’intorno della superficie di progetto ed un’area limitata estesa attorno ad esso.

Operativamente, per il caso in esame, il sito di interesse può essere suddiviso in tre unità geologiche rappresentative, in ordine: A) depositi di origine glaciale a ghiaie e sabbie poligeniche prevalenti in abbondanti matrici fini limose; B) depositi detritici di origine eluviale e gravitativa a ghiaie e sabbie calcaree prevalenti; C) substrato roccioso calcare stratificato e fittamente fratturato.

| UNITA' | DESCRIZIONE |
|---|---|
| UNITA' GEOLOGICA A DEPOSITO SCIOLTO A GHIAIE E SABBIE PREVALENTI DI ORIGINE GLACIALE | <p>Si tratta di depositi che ricoprono con vario spessore il substrato roccioso. La genesi è correlata al glacialismo che ha condizionato in maniera significativa la morfologia delle valli in ambito alpino. Si tratta delle unità del Sintema del Garda che caratterizzano le fasce medio alte delle valli Giudicarie e legate alla presenza delle masse glaciali provenienti dal Batolite dell'Adamello, e qui in particolare dalla Val di Daone.</p> <p>Generalmente questi depositi hanno uno spettro granulometrico fortemente eterogeneo dominato dalle frazioni grossolane (sabbie e ghiaie) e inglobano al loro interno massi di diametri anche ragguardevoli (\varnothing max 1 m). I clasti, prettamente granitoidi, hanno perlopiù un grado di arrotondamento medio. Questi depositi caratterizzano gran parte del terrazzo morfologico su cui si dispone località Rango.</p> <p>Profondità relativa: 0,5 - > 10 m dal p.c.</p> |
| UNITA' GEOLOGICA B DEPOSITO SCIOLTO A GHIAIE E SABBIE PREVALENTI DI ORIGINE ELUVIO-GRAVITATIVA | <p>Si tratta di materiali che ricoprono con vario spessore la base delle pareti rocciose poste in quota. Questi si trovano in sovrapposizione ai depositi dell’unità A e risultano caratterizzati dalla presenza abbondante di massi e clasti di varie pezzature anche notevoli. Il materiale è pressoché costituito da clasti calcarei provenienti dalle formazioni delle Dolomia Principale del Calcare di Zu. Lungo il versante questi depositi assumono anche caratteristiche di ampi depositi massivi di frana per collasso e frantumazione del substrato roccioso. I clasti di grande pezzatura risultano inglobati da materiale più fine, spigoloso, calcareo delle dimensioni delle ghiaie e delle sabbie, subordinate sono le frazioni fini.</p> <p>Questi depositi costituiscono le unità serbatoio degli acquiferi che garantiscono la riserva idrica alle sorgenti presenti in quota.</p> |
| UNITA' GEOLOGICA B SUBSTRATO ROCCIOSO | <p>Nell’area di indagine il substrato roccioso è rappresentato dalle unità della Dolomia Principale, del Calcare di Zu e delle unità più recenti della Maiolica e del Selcifero Lombardo. Dal punto di vista prettamente tecnico progettuale il substrato roccioso non riveste particolare importanza se non quella di essere interessato, almeno nella parte alta del versante dagli scavi per la posa delle condotte di derivazione. L’importanza assume carattere significativo nel determinare attraverso il particolare contesto geomeccanico condizioni favorevoli all’immagazzinamento idrico e al mantenimento delle sorgenti in oggetto. In generale l’ammasso roccioso risulta fortemente fratturato, anche per la presenza di importanti lineamenti tettonici. Solo in quota dove affiorano le unità della Dolomia Principale la roccia si presenta più massiva, anche se, data la predisposizione del litotipo non escludono importanti fenomeni di carsismo.</p> |

Di seguito, alcune fotografie scattate durante il sopralluogo lungo il tracciato in progetto nelle quali si osserva la tipologia di materiale affiorante.



Figura 49. Unità geologica A. Depositi clastosostenuti di origine glaciale (foto località Mascar)



Figura 50. Unità geologica A. Massi erratici tonalitici di grosse dimensioni (località Boi)



Figura 51. Unità geologica B. Blocchi di origine gravitativa alla base delle pareti di Cima del Visi



Figura 52. Unità geologica B. Grossi blocchi di origine gravitativi a monte di località Laretto



Figura 53. Unità geologica B. Ammasso roccioso fortemente disarticolato a valle di località Laretto



Figura 54. Unità geologica C. Pareti rocciose (Dolomia Principale) a monte di località Laretto



Figura 55. Unità geologica C. Affioramento roccioso presso sorgente 124° Reggimento

4.7. PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Gli strumenti urbanistici messi a disposizione delle autorità della PAT, competenti in materia, rendono agilmente individuabili le problematiche geologico/ambientali che si riscontrano in ambiti territoriali specifici. Una corretta valutazione dell'assetto geologico e geomorfologico non può tuttavia prescindere dall'analisi degli strumenti suddetti.

Il 02 ottobre 2020 è entrata in vigore la **Carta di Sintesi della Pericolosità** per cui cessano di applicarsi le disposizioni della Carta di Sintesi Geologica e le disposizioni in materia di uso del suolo del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (assetto idrogeologico PGUAP).

4.7.1. CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ

La legge provinciale 1 luglio 2011, n. 9 "Disciplina delle attività di protezione civile in provincia di Trento" pone in capo alla Provincia il compito di previsione dei pericoli e dei rischi (art. 6, comma 3) mediante la redazione e l'aggiornamento delle "carte della pericolosità" (art. 10, comma 1) che riguardano i pericoli connessi a fenomeni idrogeologici, valanghivi, alluvionali, sismici, a incendi boschivi, a determinate sostanze pericolose, a cavi sospesi o ad altri ostacoli alla navigazione aerea e ad ordigni bellici inesplosi.

Tali strumenti costituiscono la base di riferimento per definire la Carta di Sintesi della Pericolosità, prevista dall'art. 22 della legge provinciale 4 agosto 2015, n. 15 (Legge provinciale per il governo del territorio), la quale individua le aree a diversa penalità ai fini dell'applicazione delle disposizioni relative all'uso del territorio previste dalla legge provinciale 27 maggio 2008, n.5 "Approvazione del nuovo piano urbanistico provinciale".

In particolare, la Carta di Sintesi della Pericolosità è uno degli elementi costituenti il Piano Urbanistico Provinciale PUP (comma 4, lettera d, dell'articolo 21 della legge provinciale 4 agosto 2015, n. 15 e comma 1 dall'articolo 3 della legge provinciale 27 maggio 2008, n. 5) e ha il compito di individuare le aree caratterizzate da diversi gradi di penalità ai fini dell'uso del suolo, in ragione della presenza dei pericoli idrogeologici, valanghivi, sismici e d'incendio boschivo, descritti nelle Carte della Pericolosità (articolo 10 della legge provinciale 1 luglio 2011, n. 9 e articolo 14 della legge provinciale 27 maggio 2008, n.5).

In Figura 56 si riporta la Carta di Sintesi della pericolosità con le relative classi di penalità e le tutele speciali. In rosso si evidenzia il sedime di progetto.

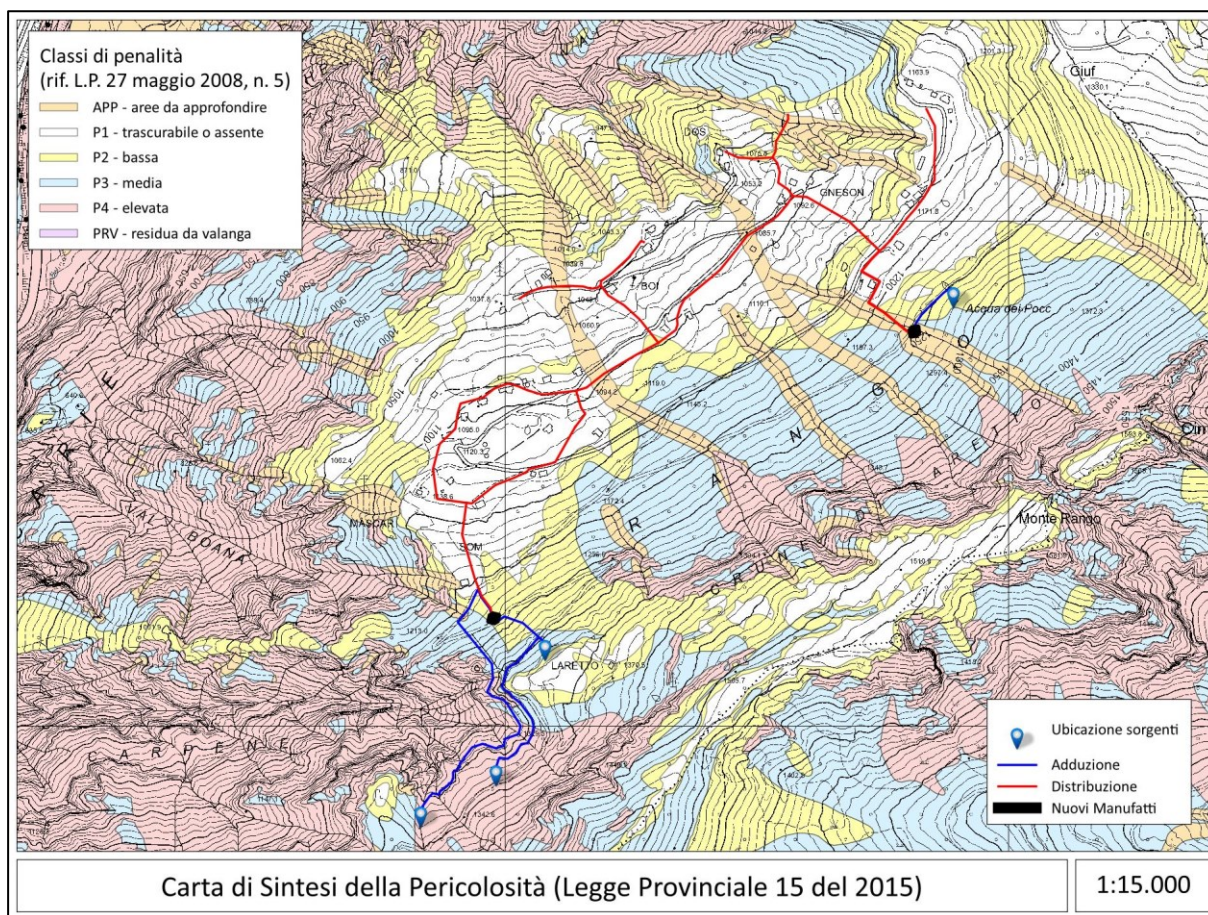


Figura 56. Carta della Sintesi di Pericolosità (aggiornamento settembre 2023)

Per quanto segnalato nella Carta di Sintesi della Pericolosità si evidenzia che le aree oggetto di intervento sono inserite in aree con differenti penalità: elevata (P4), media (P3), bassa (P2) e trascurabile o assente (P1), per le quali vigono rispettivamente gli artt.15, 16, 17 e 18 della L.P. 27 maggio 2008, n. 5). Le penalità riscontrate sono riferibili a differenti tipologie di fenomeni attesi, in particolare di caduta massi, per fenomeni alluvionali torrentizie e per condizioni lito geomorfologiche.

Richiamando l'art.5 Interventi esclusi dall'applicazione del capo IV delle norme di attuazione del PUP del testo "Indicazioni e precisazioni per l'applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalità elevate, medie o basse e le aree con altri tipi di penalità" si riporta quanto segue:

"I progetti edilizi o infrastrutturali devono, in generale, tenere conto dei contenuti e delle informazioni delle Carte della pericolosità; ferma restando questa condizione e fermo restando il rispetto delle disposizioni contenute nelle NTC, sono esclusi dall'applicazione del capo IV delle norme del Piano urbanistico provinciale i seguenti interventi:"

.....

"c2) i sottoservizi e gli impianti a rete che compongono la rete di distribuzione compresi i manufatti edilizi di servizio con dimensioni analoghe alle costruzioni accessorie (p.e. cabine di trasformazione). Sono invece assoggettate alla disciplina prevista dalla CSP le linee elettriche come definite dall'articolo 96 comma 2 e 3 della l.p. n. 15/2015 (linee di distribuzione superiori ai 30 kV; impianti di trasmissione di energia elettrica di alta tensione) e i metanodotti principali (o dorsali) e le linee di distribuzione primaria del gas (alta pressione > 5 bar);"

Per quanto concerne le opere in oggetto, quindi, non è dovuto alcuno studio o relazione di compatibilità.

Considerando, tuttavia, la Carta di sintesi della pericolosità come uno strumento di utilità nell'individuare le criticità geologiche ed idrogeologiche di un'area specifica si possono effettuare alcune considerazioni in merito alle pericolosità che insistono presso le aree progettuali.

Le considerazioni vengono realizzate ipotizzando, in ogni caso, che il carico antropico NON subirà alcun incremento significativo in relazione alle nuove opere e che nelle aree progettuali non sarà previsto una presenza stanziale di persone.

Dal punto di vista dei pericoli che possono essere rilevati nell'area questi si suddividono in:

- pericolo da crolli rocciosi nella parte alta del versante stante la presenza di affioramenti e pareti rocciose aggettanti;
- pericolo da fenomeni torrentizi in corrispondenza agli impluvi del reticolo idrografico secondario.

Per quanto concerne le problematiche connesse alle condotte relative alla derivazione e distribuzione delle acque non si ravvedono problematiche di sorta in quanto queste saranno protette nel sottosuolo da eventuali crolli o ruscellamento concentrato.

Per quanto riguarda i nuovi manufatti si possono fare alcune considerazioni:

- i nuovi serbatoi previsti risultano parzialmente interrati;
- il serbatoio "Ossera" è posizionato lungo il versante dove non si riconoscono impluvi nelle immediate vicinanze e, inoltre, a monte del sito progetto si localizza un masso ciclopico che lo protegge da eventuali crolli da monte;
- il serbatoio "Ossera" non è esposto quindi a fenomeni né di tipo alluvionale torrentizio né di crollo;
- il nuovo serbatoio "Pocc" si localizza in prossimità di un modesto impluvio inciso all'interno dei depositi detritici di versante;
- l'ubicazione del nuovo manufatto presso località "Pocc" è stata calibrata mantenendolo defilato rispetto l'asse dell'impluvio presente;
- l'impluvio segnato in carta viene difficilmente percepito lungo il versante; non si ravvede una propria morfologia in grado di convogliare efficientemente ed in maniera significativa un quantitativo di acqua di ruscellamento in grado di portare a fenomeni di ruscellamento concentrato di livello significativo;
- il manufatto presso località "Pocc" risulta parzialmente interrato e esposto in maniera non significativa rispetto a potenziali fenomeni di colata di materiale.

Indicazioni specifiche per le lavorazioni presso i nuovi serbatoio sono fornite nella relazione sulla modellazione geotecnica.



Figura 57. Area serbatoio "Ossera"

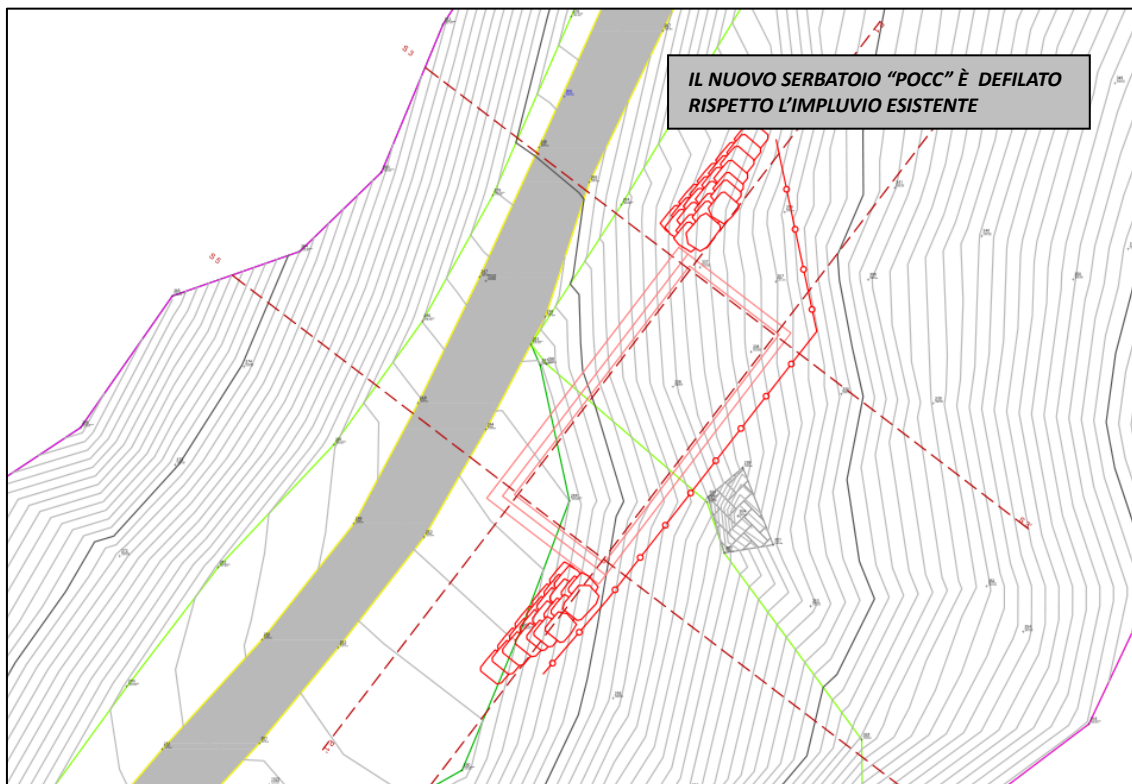


Figura 58. Planimetria "Pocc"



Figura 59. Area versante a monte del nuovo manufatto presso località "Pocc"



Figura 60. Posizione manufatto presso località "Pocc"

4.7.2. CARTA DELLE RISORSE IDRICHE

Con la L.P. 27 Maggio 2008, n.5, art. 21, comma 3 è stata approvata la Carta delle risorse Idriche del PUP. Principalmente nella Carta di sintesi geologica della Variante 2000 al PUP sono state indicate tutte le sorgenti e pozzi selezionati (5.034 sorgenti e 127 pozzi), indipendentemente dalle loro caratteristiche fisiche e dal loro utilizzo. Mentre il nuovo PUP, al fine di conformare la normativa in materia e di evitare improprie limitazioni dell'uso del suolo, ha definito che le risorse idriche meritevoli di tutela sono quelle previste dal d.lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e pertanto quelle destinate al consumo umano e distribuite tramite pubblico acquedotto. Il giorno 12/10/2018 con Delibera G.P. n°1941 è stato approvato il terzo aggiornamento della Carta delle Risorse Idriche, dove in particolare, sono stati individuati circa 1840 sorgenti, più di 100 pozzi e una ventina di prese da acque superficiali utilizzati a scopo potabile con qualsiasi portata, comprese le sorgenti di acque minerali attualmente in concessione; oltre che le sorgenti ritenute strategiche per le peculiari caratteristiche di qualità, quantità e vulnerabilità, ancorché non sfruttate per uso umano, che potrebbero costituire riserve future. La Carta delle Risorse Idriche copre a scala 1:10.000 l'intero Trentino ed individua le seguenti aree di salvaguardia: a) zone di tutela assoluta; b) zone di rispetto idrogeologico; c) zone di protezione. Nella cartografia sono state altresì indicate con una croce blu anche tutte le altre sorgenti del catasto delle risorse idriche.

Le opere previste intersecano aree di protezione e rispetto di sorgenti utilizzate a scopo idropotabile, **gli interventi non rientrano tra quelli vietati; tuttavia, dovranno essere adottati specifici accorgimenti volti alla salvaguardia e tutela della risorsa idrica individuata. Nel capitolo specifico verranno fornite le dovute specificazioni.**

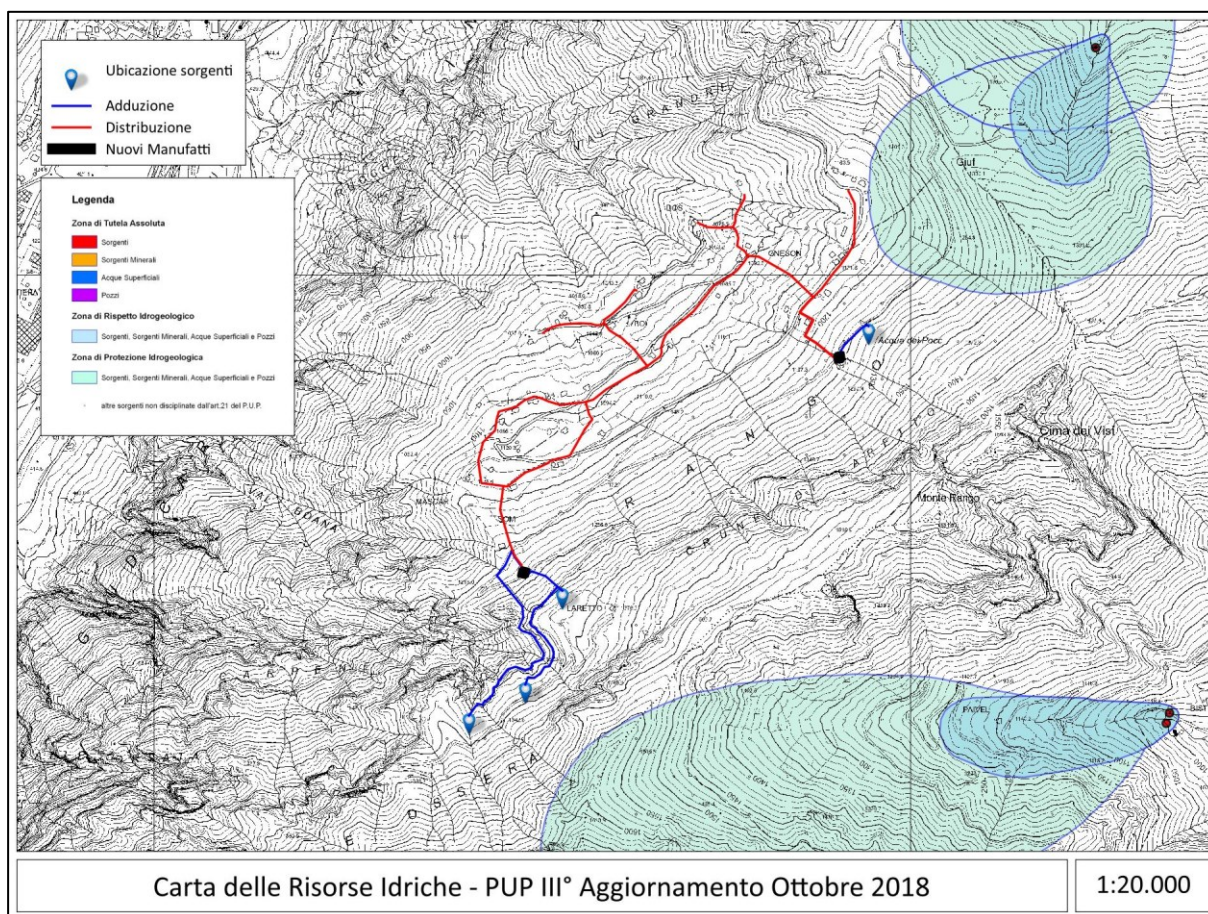


Figura 61. Carta delle Risorse Idriche. Terzo Aggiornamento. Delibera G.P. 1941 del 12 ottobre 2018

5. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

Le "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC) (D.M. 14/01/2008) e successivamente l'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018) definiscono la normativa di riferimento per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni, sia in zona sismica che in zona non sismica.

Al cap. 3.2 delle NTC2018 si riporta che "le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale". E ancora "La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR , come definito nel § 2.4".

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

Si ricorda che da gennaio 2024 è entrata in vigore la nuova classificazione sismica del territorio del Trentino secondo quanto disposto dalla Deliberazione della Giunta Provinciale 20 ottobre 2023 n. 1937.

La nuova classificazione sismica del Trentino prevede 4 Comuni in zona sismica 2, 147 Comuni in zona sismica 3 e 15 Comuni in zona sismica 4 (rif. Figura 63). In zona sismica 2, fra le tre la più pericolosa dal punto di vista sismico, ricadono Ala, Avio, Sagron Mis e Vallarsa. L'inserimento della zona sismica 2, sinora non utilizzata nella classificazione provinciale, implica che per gli interventi definiti come "rilevanti nei riguardi della pubblica utilità" sia necessaria una preventiva autorizzazione tecnica. Tale autorizzazione sarà gestita dall'Ufficio Laboratorio e Controlli Strutturali dell'Agenzia Provinciale per le Opere Pubbliche, attraverso lo sportello SUAP.

5.1. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Nell'estratto mappa di Figura 62 si riporta la carta della pericolosità sismica.

Si osserva che l'area oggetto di studio, per quanto riguarda la pericolosità sismica locale, rientra nelle classi "aree suscettibili di sole amplificazione topografiche" laddove affiora il substrato roccioso e in "aree suscettibili di amplificazioni topografiche ed eventualmente stratigrafiche" laddove si osservano i maggiori spessori dei terreni di copertura. In riferimento all'accelerazione orizzontale massima al suolo " $a_{g,475}$ " (espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi con $V_s > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005) l'area in oggetto ricade nell'intervallo 0,050001 - 0,075000. La zona è pertanto inquadrata in "Area a bassa sismicità" (Zona sismica 3), così come evidenziato in *Figura 63*.



Figura 62. Carta della pericolosità sismica

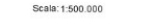


Figura 63. Nuova classificazione sismica del territorio provinciale (in vigore dal 15/01/2024)

5.2. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II (Figura 64).

Dalle informazioni in possesso e dalle caratteristiche geologiche dei siti in esame, secondo un approccio di tipo semplificato, si può ragionevolmente attribuire al sottosuolo delle aree di nuova edificazione del serbatoio e della stazione di rilancio una categoria C.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

Figura 64. Categoria dei suoli di fondazione

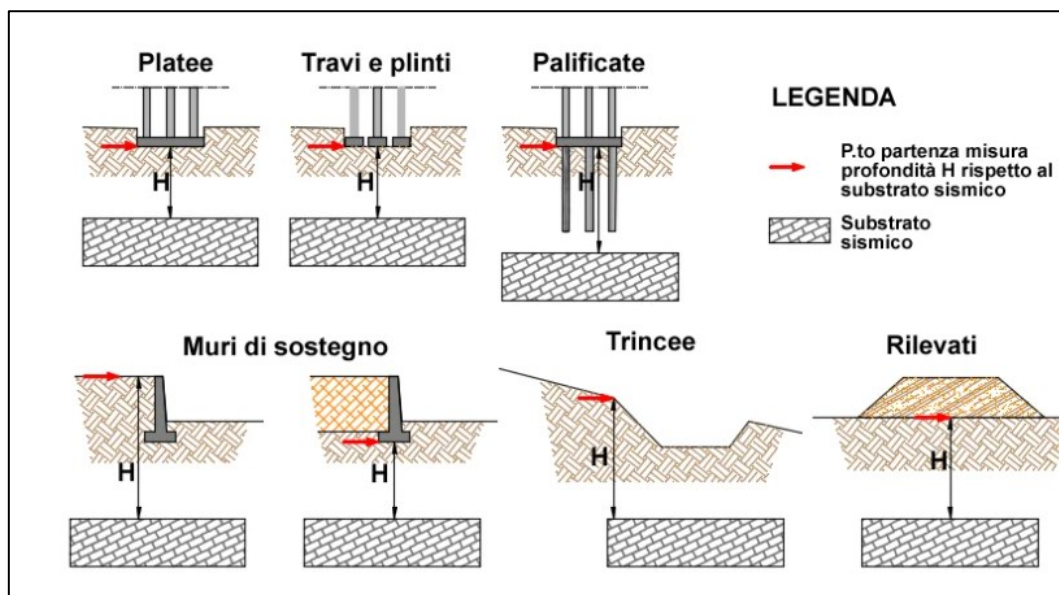
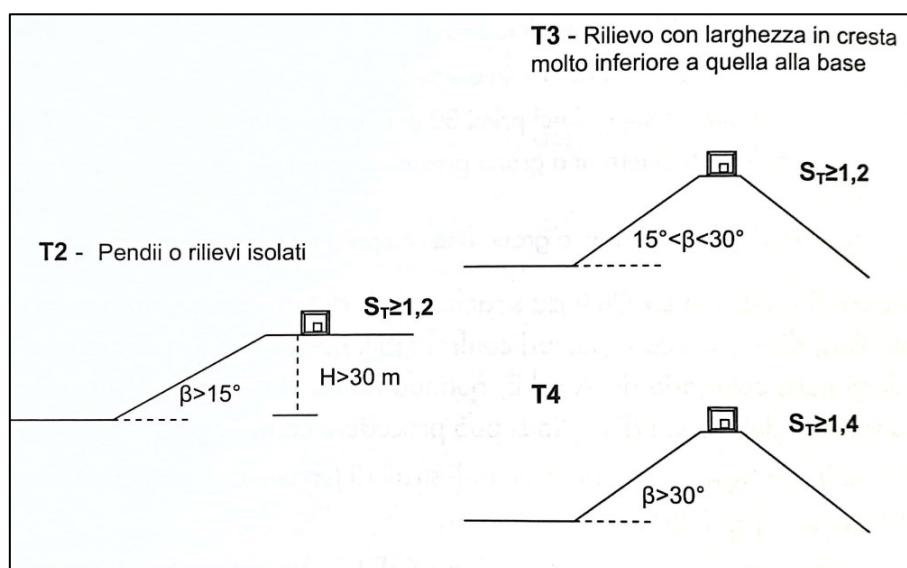


Figura 65. quota di riferimento della profondità del substrato sismico

Un ulteriore parametro fondamentale per il calcolo della risposta sismica locale è la pendenza topografica. In Figura 66 si riportano i coefficienti T_n da utilizzarsi nel calcolo dei parametri sismici.



Il parametro T_n risulta diversificato per i due siti di progetto della stazione di rilancio e del nuovo serbatoio presso Pler (Vedi tabella)

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica | |
|-----------|---|------------------|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ | MANUFATTO POCC |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ | MANUFATTO OSSERA |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ | |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ | |

Figura 66. Categoria topografica

5.3. PARAMETRI SISMICI

Di seguito si riportano le informazioni necessarie per i calcoli strutturali di pertinenza del progettista. Sono riportati i dati dettagliati dei parametri sismici nonché i dati di input ottenuti dalle caratteristiche topografiche, geologiche dell'area in esame e di destinazione d'uso del progetto. Elaborazione effettuata mediante applicativo Geostru Parametri Sismici.

5.3.1. TIPO DI ELABORAZIONE

Stabilità dei pendii e fondazioni – fronti di scavo

Muro rigido: 0

5.3.2. SITO IN ESAME

latitudine: 46,125332
longitudine: 10,735789
Classe: 2
Vita nominale: 100 [Opera Pubblica]

5.3.3. SITI DI RIFERIMENTO

| | | | | |
|--------|-----------|--------------|--------------|--------------------|
| Sito 1 | ID: 10504 | Lat: 45,8993 | Lon: 10,5491 | Distanza: 5778,569 |
| Sito 2 | ID: 10505 | Lat: 45,9010 | Lon: 10,6207 | Distanza: 2358,930 |
| Sito 3 | ID: 10727 | Lat: 45,8510 | Lon: 10,6232 | Distanza: 3226,961 |
| Sito 4 | ID: 10726 | Lat: 45,8493 | Lon: 10,5516 | Distanza: 6182,152 |



Figura 67. Sito di riferimento

5.4. PARAMETRI SISMICI

| | |
|-------------------------|----------|
| Categoria sottosuolo: | C |
| Categoria topografica: | T1 - T2 |
| Periodo di riferimento: | 100 anni |
| Coefficiente cu: | 1 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|-----------------------------|-----------|------------|------------|-------------|
| Prob. di superamento | 81 % | 63 % | 10 % | 5 % |
| Tr | 60 [anni] | 101 [anni] | 949 [anni] | 1950 [anni] |
| Ag | 0,046 g | 0,059 g | 0,153 g | 0,197 g |
| Fo | 2,547 | 2,517 | 2,493 | 2,507 |
| Tc | 0,244 [s] | 0,260 [s] | 0,278 [s] | 0,283 [s] |

5.4.1. COEFFICIENTI SISMICI - STABILITÀ DEI PENDII E FONDAZIONI – CONDIZIONI T1

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Ss | 1,500 | 1,500 | 1,470 | 1,400 |
| Cc | 1,670 | 1,640 | 1,600 | 1,590 |
| St | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Kh | 0,014 | 0,018 | 0,054 | 0,066 |
| Kv | 0,007 | 0,009 | 0,027 | 0,033 |
| Amax | 0,675 | 0,872 | 2,210 | 2,711 |
| Beta | 0,200 | 0,200 | 0,240 | 0,240 |

5.4.2. COEFFICIENTI SISMICI – FRONTI DI SCAVO E RILEVATI – CONDIZIONI T1

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Ss | 1,500 | 1,500 | 1,470 | 1,400 |
| Cc | 1,670 | 1,640 | 1,600 | 1,590 |
| St | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Kh | 0,000 | 0,042 | 0,086 | 0,000 |
| Kv | 0,000 | 0,021 | 0,043 | 0,000 |
| Amax | 0,675 | 0,872 | 2,210 | 2,711 |
| Beta | 0,000 | 0,470 | 0,380 | 0,000 |

5.4.3. COEFFICIENTI SISMICI - STABILITÀ DEI PENDII E FONDAZIONI – CONDIZIONI T2

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Ss | 1,500 | 1,500 | 1,470 | 1,400 |
| Cc | 1,670 | 1,640 | 1,600 | 1,590 |
| St | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 |
| Kh | 0,017 | 0,021 | 0,065 | 0,080 |
| Kv | 0,008 | 0,011 | 0,032 | 0,040 |
| Amax | 0,810 | 1,047 | 2,651 | 3,254 |
| Beta | 0,200 | 0,200 | 0,240 | 0,240 |

5.4.4. COEFFICIENTI SISMICI – FRONTI DI SCAVO E RILEVATI – CONDIZIONI T2

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Ss | 1,500 | 1,500 | 1,470 | 1,400 |
| Cc | 1,670 | 1,640 | 1,600 | 1,590 |
| St | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 |
| Kh | 0,000 | 0,050 | 0,103 | 0,000 |
| Kv | 0,000 | 0,025 | 0,051 | 0,000 |
| Amax | 0,810 | 1,047 | 2,651 | 3,254 |
| Beta | 0,000 | 0,470 | 0,380 | 0,000 |

6. CONSIDERAZIONI FINALI SULLA MODELLAZIONE GEOLOGICA

Sulla base dei sopralluoghi appositamente condotti, dei dati esistenti e delle verifiche effettuate sono state raccolte informazioni che hanno permesso di ricostruire con sufficiente dettaglio il contesto geologico ed idrogeologico dell'area di interesse evidenziando che non sussistono problematiche di ordine geologico ed idrogeologico tali da precludere la fattibilità dell'intervento e non sono emersi indizi che l'area sia interessata da fenomeni franosi o di instabilità.

Durante i sopralluoghi sono state inoltre raccolte informazioni circa la tipologia di terreni che si riscontrano nel perimetro di lavoro ove si prevede la realizzazione del nuovo tracciato acquedottistico della rete di distribuzione e derivazione nonché dei nuovi manufatti atti allo stoccaggio delle acque emunte.

Nel capitolo dedicato, alla luce delle considerazioni geologiche ed idrogeologiche effettuate, sono state delineate le nuove zone di tutela assoluta, di protezione e rispetto idrogeologico considerata la tipologia e la consistenza delle sorgenti di cui si prevede di richiedere la concessione per un loro utilizzo domestico ed idropotabile. Si sottolinea il fatto che le sorgenti in oggetto hanno una portata potenziale inferiore a $Q < 1$ L/s.

Nel presente elaborato si sono fornite informazioni dettagliate riguardo:

- la descrizione schematica del progetto, che prevede la realizzazione di una nuova rete acquedottistica presso località Rango con i relativi manufatti per lo stoccaggio e distribuzione dell'acqua;
- l'inquadramento dell'area di intervento dal punto di vista geografico e topografico;
- la descrizione della geologia generale dell'area, dell'assetto strutturale e geomorfologico;
- l'individuazione dello schema stratigrafico e idrogeologico di dettaglio;
- l'inquadramento relativo ai piani di governo del territorio provinciali;
- la descrizione della pericolosità sismica di base e la definizione dell'azione sismica di progetto.

Le opere in previsione avranno un impatto moderato sul contesto geologico, geotecnico ed idrogeologico: si prevedono scavi a sezione obbligata che interesseranno il primo sottosuolo (max 1,2 m) per la posa delle nuove condutture dell'acquedotto e sbancamenti di circa 4-5 m pressì i siti di nuova edificazione dei due serbatoi. Interventi minimali sono previsti presso le opere di presa per la loro sistemazione e perimetrazione.

Nella relazione sulla modellazione geotecnica verranno fornite le indicazioni progettuali per la fase esecutiva del progetto.

In base ai sopralluoghi, ai dati esistenti ed alle verifiche effettuate, è stato riconosciuto che l'area progettuale può essere considerata idonea dal punto di vista geologico alla realizzazione delle opere in previsione. Non sono stati ravvisati fenomeni geologici in atto o potenziali in grado di interagire negativamente con quanto in previsione.

Per quanto riguarda le indicazioni relative alla Carta di sintesi della pericolosità si precisa che l'area oggetto di studio ricade in aree con differenti penalità, tuttavia, stante la tipologia dell'opera non è previsto alcuna relazione o studio di compatibilità.

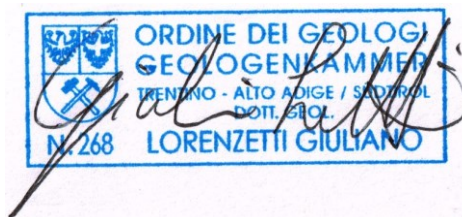
Per quanto riguarda le indicazioni relative alla **Carta delle Risorse idriche** si ritiene che quanto in previsione, non esistono i fattori ostativi per la realizzazione dell'opera di cui all'oggetto, rimandando alle indicazioni esecutive contenute nella relazione geotecnica.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica per cui costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare. In corso d'opera si dovrà controllare la corrispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il modello geotecnico ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.

Pinzolo, MARZO 2024

Il tecnico geologo

Dott. Giuliano Lorenzetti





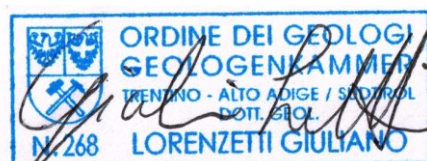
**LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL NUOVO ACQUEDOTTO ANTINCENDIO-POTABILE A SERVIZIO DELLA FRAZIONE
DI RANGO NEL COMUNE DI BORGO CHIESE**

| RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA | | | |
|--|------------|--|---|
| Valutazioni geotecniche | | | |
| <u>ELABORATO</u> | R8.PFTE | <u>CATEGORIA</u> | Progetto di Fattibilit  Technico Economica |
| <u>DATA</u> | MARZO 2024 | <u>COMMESSA</u> | Rif. 382/24 |
| <u>COMMITTENTE</u> | | Comune di Borgo Chiese Piazza S. Rocco, 20, 38083 Borgo Chiese TN | |
| <u>PROGETTAZIONE</u> | | Ing. Giorgio Marcazzan WSCstudio - Studio di Ingegneria Ambientale Via Dietro le Mura B,4/3 38122 Trento | |
| <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <h2>Studio di Geologia Lorenzetti</h2> <p>Servizi Per l'Ambiente e la Geologia Applicata</p> <p><i>Dott. Geol. Lorenzetti Giuliano - Dott.ssa Geol. Graba Magdalena</i></p> </div>  </div> | | | |

A norma di legge il presente elaborato non pu  essere riprodotto o comunicato a terze parti senza espressa e preventiva autorizzazione dello Studio di Geologia Lorenzetti

IL TECNICO GEOLOGO

DOTT. LORENZETTI GIULIANO



1. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE GEOTECNICA

La presente relazione geotecnica fa esplicito riferimento al modello geologico definito nella relazione sulla modellazione geologica che viene recepito ed accettato dal Progettista. Per quanto si riferisce alla situazione geologica, quindi, si rimanda ai capitoli specifici dove sono state raccolte le informazioni di carattere generale e di dettaglio sui terreni, sulle litologie presenti e sull'assetto idrogeologico.

Le lavorazioni in previsione avranno un impatto moderato sul mezzo geologico di riferimento. Si tratta di opere di ampia estensione che richiederanno scavi a sezione ristretta molto sviluppati per la posa delle nuove condutture e sbancamenti di svariati metri nei pressi dei siti di realizzazione delle nuove opere di stoccaggio delle acque derivate.

Nel capitolo dedicato si forniranno le indicazioni in merito alla stabilità dei fronti di scavo provvisori, alla realizzazione delle opere di sostegno che si possono prevedere e alla corretta pianificazione dei movimenti terra anche in relazione alle problematiche che interessano le tipologie di interventi previsti.

Il quadro normativo di riferimento, §§ 6.2.2 delle NTC2018 DM 17-1-2018, prescrive quanto segue

“Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo e, in presenza di azioni sismiche, devono essere conformi a quanto prescritto ai §§ 3.2.2 e 7.11.2. Ai fini dell'analisi quantitativa di uno specifico problema, per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti il regime delle pressioni interstiziali e i valori caratteristici dei parametri geotecnici.” E ancora: “Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall'interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito. Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità. Deve inoltre essere specificato se la resistenza caratteristica si riferisce alle discontinuità o all'ammasso roccioso.” Inoltre, “Nel caso di costruzioni od interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su preesistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali”.

Le unità geotecniche individuate corrispondono alle unità geologiche individuate nella relazione sulla modellazione geologica. Per cui si avranno tre unità geotecniche caratteristiche per l'intera area progettuale le quali saranno caratterizzate dal punto di vista meccanico nei capitoli di seguito.

2. METODOLOGIA PER L'INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI MATERIALI SCIOLTI

In assenza di determinazioni di laboratorio disponibili o di sondaggi, l'angolo di attrito interno dei depositi superficiali costituiti prevalentemente da materiali sciolti, è determinato riferendosi al metodo suggerito dal Congresso Internazionale di Geotecnica di Rotterdam – formula di Chen (1948). Tale valore, riferito a formazioni granulari clastiche, è infatti determinato dalla formula:

$$\varphi = 36 + \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4$$

dove

- φ_1 è funzione della compattezza del deposito;
- φ_2 è funzione della forma dei grani;
- φ_3 è funzione del taglio dei grani;
- φ_4 è funzione della granulometria.

| | | | |
|-----------------------------------|-------------|--------------------------|------|
| <i>Compattezza</i> | φ_1 | <i>Molle</i> | - 6° |
| | | <i>Media</i> | 0 |
| | | <i>Serrata</i> | + 6 |
| <i>Forma e rugosità dei grani</i> | φ_2 | <i>Spigolosa</i> | + 1° |
| | | <i>Media</i> | 0 |
| | | <i>Arrotondata</i> | - 3° |
| | | <i>Assai arrotondata</i> | - 5° |
| <i>Grossezza dei grani</i> | φ_3 | <i>Sabbia</i> | 0 |
| | | <i>Ghiaia fine</i> | + 1° |
| | | <i>Ghiaia grossa</i> | + 2° |
| <i>Granulometria</i> | φ_4 | <i>Uniforme</i> | - 3° |
| | | <i>Media</i> | 0 |
| | | <i>Estesa</i> | + 3° |

Figura 68. Formulazione per l'attribuzione dell'angolo di attrito al materiale granulare

Al fine di fornire una stima oggettiva, e cautelativa, al progettista di riferimento di seguito si propongono i parametri geotecnici da utilizzarsi per le verifiche di ordine geotecnico. Si omette la parametrizzazione del soprasuolo vegetale in quanto sarà in ogni caso rimosso e utilizzato esclusivamente per le sistemazioni finali.

2.1. PARAMETRAZIONE GEOTECNICA UNITÀ GEOTECNICA A

Come descritto ampiamente nella relazione sulla modellazione geologica i terreni riconducibili all'unità geotecnica A, che caratterizzano il volume geologico significativo nei pressi dell'area del terrazzo morfologico su cui si localizza località Rango, sono per lo più rappresentati da materiali clastosostenuti a grana medio grossa con matrici fini in percentuali anche significative in termini di abbondanza. La genesi di questi materiali è da ricondurre all'attività dei ghiacciai e, per tanto si può prevedere una loro spiccata variabilità composizionale. Nel deposito si segnalano massi di volumetria importante. Di seguito in forma tabellare si riportano i parametri che potranno essere utilizzati per le verifiche delle nuove strutture, delle eventuali strutture provvisorie e dei fronti di scavo in previsione. I parametri sono da considerarsi come valori caratteristici dei terreni.

| UNITÀ GEOTECNICA A: DEPOSITO SCIOLTO A GHIAIE E SABBIE PREVALENTI DI ORIGINE GLACIALE | |
|--|--|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Ghiaie e sabbie prevalenti |
| SPESSORE | 0,3 ÷ > 5 m da p.c. |
| ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (φ') | 32° |
| COESIONE (C') | 0 – 10 kPa a seconda della percentuale del contenuto in materiali fini |
| PESO DI VOLUME (γ) | 18,0 – 18,5 kN/m ³ |

Figura 69. Parametri geotecnici di riferimento unità geotecnica A



Figura 70. Materiali affioranti presso l'area di Rango. Si osservano inclusi tonalitici sub-arrotondati

2.2. PARAMETRAZIONE GEOTECNICA UNITÀ GEOTECNICA B

Come descritto ampiamente nella relazione sulla modellazione geologica i terreni riconducibili all'unità geotecnica B, che caratterizzano il volume geologico significativo nella porzione di versante alla base delle pareti rocciose sommitali, sono per lo più rappresentati da materiali esclusivamente calcarei clastosostenuti, spigolosi ed a grana medio grossa con matrici fini in percentuali subordinate in termini di abbondanza. La genesi di questi materiali è da ricondurre al disfacimento del substrato roccioso e all'azione delle gravità. Nel deposito si segnalano massi di volumetria importante. Di seguito in forma tabellare si riportano i parametri che potranno essere utilizzati per le verifiche delle nuove strutture, delle eventuali strutture provvisionali e dei fronti di scavo in previsione. I parametri sono da considerarsi come valori caratteristici dei terreni.

| UNITÀ GEOTECNICA B: DEPOSITO SCIOLTO A GHIAIE E SABBIE PREVALENTI DI ORIGINE ELUVIO-GRAVITATIVA | |
|--|--|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Ghiaie e sabbie prevalenti |
| SPESSORE | 0,3 ÷ > 5 m da p.c. |
| ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (φ') | 34° |
| COESIONE (C') | 0 – 10 kPa a seconda della percentuale del contenuto in materiali fini |
| PESO DI VOLUME (γ) | 18,0 – 18,5 kN/m ³ |

Figura 71. Parametri geotecnici di riferimento unità geotecnica A



Figura 72. Materiali detritici presenti lungo il versante presso località Pocc. Nel dettaglio i materiali provengono da una piccola colata di detrito che ha interessato un impluvio minore del versante

2.3. PARAMETRAZIONE GEOTECNICA UNITÀ GEOTECNICA C - SUBSTRATO ROCCIOSO CALCAREO

La classificazione dell'ammasso roccioso, e quindi la sua parametrizzazione geotecnica, è stata condotta mediante l'utilizzo del sistema Geological Strenght Index (GSI) di Hoek-Brown.

Nel capitolo è effettuata una trattazione generica delle caratteristiche dell'ammasso roccioso che si possono ritenere "medie" e "cautelative" delle condizioni meccaniche delle formazioni rocciose affioranti nel perimetro progettuale.

Questo sistema risulta concettualmente molto semplice, in esso vengono combinati l'assetto strutturale dell'ammasso roccioso con le discontinuità che lo separano. Si arriva ad un valore indice che permette di valutare accuratamente la resistenza e la deformabilità dell'ammasso roccioso. Nel caso in esame si è provveduto a parametrizzare l'unità geotecnica B ovvero il substrato roccioso rappresentata in questo caso dagli "Scisti di Rendena" subaffioranti o comunque posti a poca profondità rispetto il piano campagna.

L'indice GSI è in stretta relazione con il criterio di rottura sviluppato da Hoek-Brown e la sua valutazione è affidata all'utilizzo di un semplice grafico (Figura 73).

Nella fattispecie è stato imputato un indice GIS all'ammasso roccioso pari a 25 stante l'intensa fratturazione del litotipo nell'area. Si ritiene che l'ammasso roccioso sia sufficientemente omogeneo ed isotropo da poter applicare con un buon grado di affidabilità il metodo Hoek-Brown per la stima dei parametri di resistenza e deformabilità.

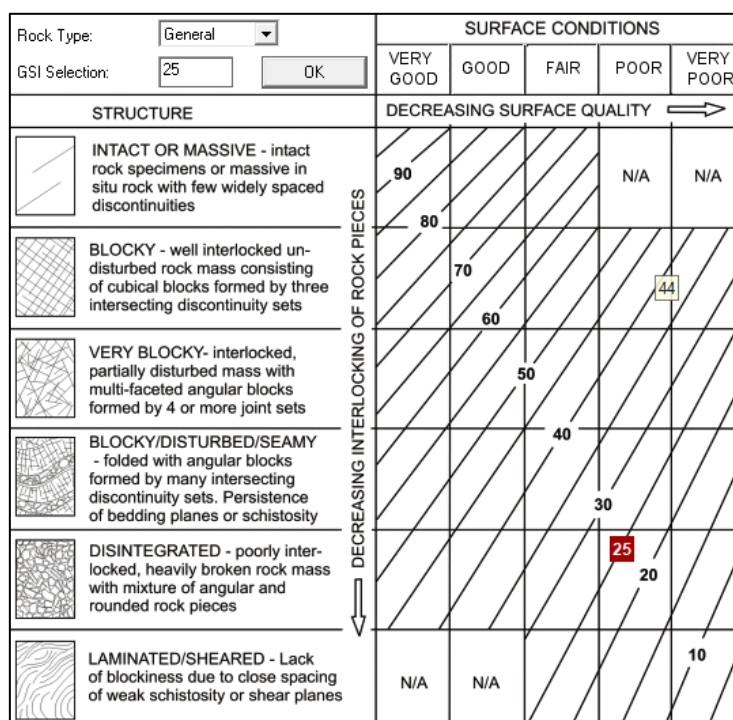


Figura 73. Abaco di Hoek e Marinos (2000) per l'identificazione del Geological Strenght Index

Le caratteristiche strutturali dell'ammasso in termini di grado di fratturazione e disturbo tettonico sono intercorrelate con le caratteristiche della superficie di discontinuità in termini di rugosità, alterazione e riempimento della frattura (Bruschi. 2004). Il GSI non è espresso da un numero univoco ma da un campo di valori che può essere ristretto in maniera soggettiva. Assunzione di base del sistema è che l'ammasso roccioso si comporti in maniera isotropa e non esistano sistemi di fratturazione con caratteristiche troppo sfavorevoli. Il movimento dei blocchi deve essere quindi non controllato da direzioni preferenziali di debolezza.

Marinos e Hoek (2002) hanno proposto per facilitare l'attribuzione dell'indice dei grafici appositamente studiati per i vari litotipi. Come menzionato il GSI è legato al criterio di rottura sviluppato da Hoek-Brown.

In questo caso non si fa riferimento ad un involucro di rottura lineare come quello di Mohr, ma ad un criterio di rottura empirico non lineare basato sulle tensioni principali " σ " a rottura, rispetto quello di Mohr-Coulomb in cui il riferimento era alle tensioni di taglio " τ ".

L'ammasso roccioso è considerato omogeneo ed isotropo senza che vi siano orientazioni preferenziali di scorrimento.

La formulazione attuale di questo criterio è:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_c \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_c} + s \right)^a$$

Dove:

- σ_1 e σ_3 sono le tensioni principali maggiore e minore a rottura;
- σ_c è la resistenza alla compressione uniassiale della roccia intatta (ricavato in campagna con il martello di Schmidt)
- m_b , s ed a sono costanti adimensionale senza un preciso significato fisico, ma legate all'assetto geologico strutturale.

In Figura 73 è illustrato il grafico della funzione di Hoek-Brown. Si noti che in ascissa si ha σ_3 e in ordinata σ_1 .

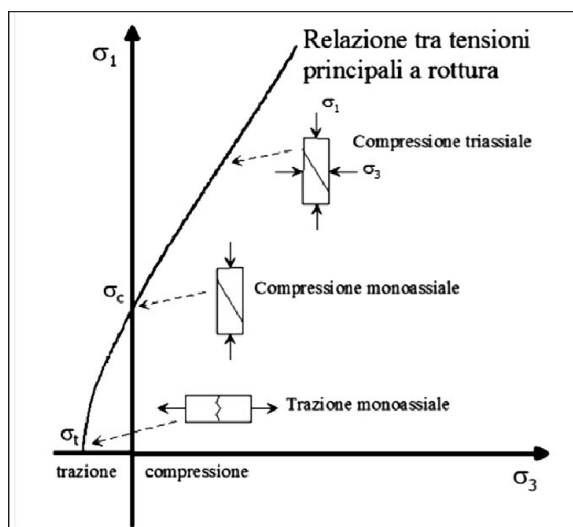


Figura 74. Involucro a rottura non lineare in tensioni principali di Hoek-Brown

Questo metodo di valutazione delle resistenze è legato al metodo di classificazione GSI, infatti, è da questo indice che si ricavano le costanti da inserire nell'equazione.

$$m_b = m_i * \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right)$$

Dove:

- m_i è un fattore di riduzione della roccia intatta (ricavato da prove triassiali o da dati di bibliografia);
- D è un fattore che tiene conto del grado di disturbo dell'ammasso roccioso. Varia da 0 per ammassi non disturbati a 1 per ammassi fortemente disturbati;
- GSI è il geological strenght index.

Gli altri parametri sono:

$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right) \quad a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}\left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3}\right)$$

La metodologia di analisi si serve di numerose formule ricavate grazie a numerose analisi. La loro applicazione una volta individuato l'indice GSI non è problematica.

La condizione più stringente di applicabilità di questo metodo è che l'ammasso roccioso sia isotropo ed omogeneo. Le discontinuità devono essere sufficientemente ravvicinate in relazione alla dimensione del problema che si deve affrontare. Non è perciò utilizzabile qualora esista una famiglia di fratture che abbia caratteristiche molto scadenti o nel caso in cui le dimensioni dei blocchi risultino comparabili all'estensione del problema.

Esistono inoltre delle correlazioni che legano il criterio di Hoek-Brown all'involuppo a rottura lineare di Mohr-Coulomb (vedi tabelle e grafici di seguito).

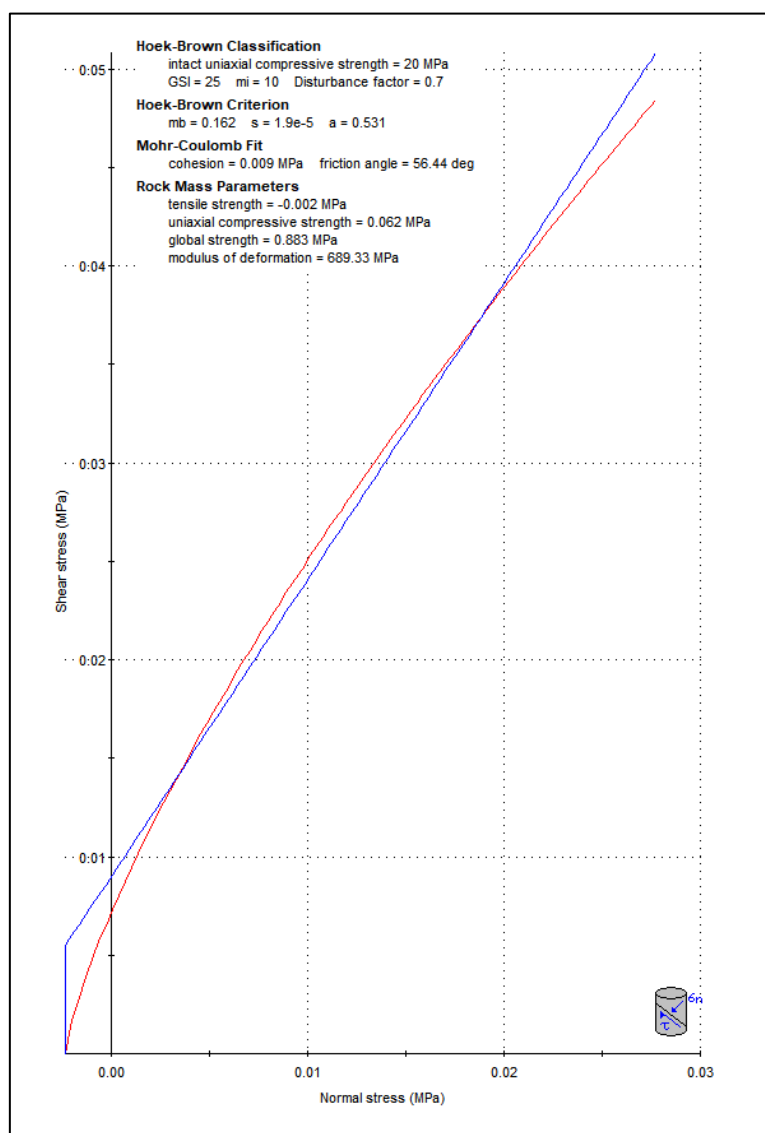


Figura 75. Involuppo a rottura

Si ricorda che, non essendo lineare l'involuppo a rottura del modello Hoek-Brown l'estrapolazione della

retta del criterio di rottura alla Mohr-Coulomb varia a seconda del campo di pressione considerato.

Per campi di pressione limitati l'angolo di attrito sarà molto elevato a fronte di una coesione meno importante. Per campi di pressione elevati, l'angolo di attrito sarà minore con un contributo ben maggiore del parametro coesione.

L'unità geotecnica C può essere quindi schematizzata, cautelativamente, come di seguito. Si sottolinea il fatto che si prevede di intercettare il substrato roccioso per limitati tratti lungo i tracciati in previsione.

| PARAMETRO | SIMBOLOGIA | VALORE CARATTERISTICO |
|-------------------------------|------------|----------------------------------|
| SPESSORE | - - - | > 1,5 m rispetto il p.c. attuale |
| ANGOLO DI ATTRITO | φ' | 56,44° |
| COESIONE | C' | 10 [kPa] |
| MODULO DI DEFORMAZIONE | E | 200 MPa (cautelativo) |
| PESO DI VOLUME | γ | 24 kN/m ³ |
| PERMEABILITA' | k | Pressochè impermeabile |

Figura 76. Parametrazione unità geotecnica B



Figura 77. Substrato roccioso affiorante presso località Ossera





Figura 78. Substrato roccioso affiorante presso località 124° Reggimento

3. INDICAZIONI PROGETTUALI

Nei capitoli che seguono vengono riportate le indicazioni di carattere operativo/procedurale per una corretta pianificazione degli interventi alla luce delle condizioni idrogeologiche osservate.

Nello specifico sono trattati i seguenti temi:

- ✓ stabilità scavi provvisionali
- ✓ problematiche relative alla posa di condutture in presenza di acque di falda
- ✓ il ripristino delle aree oggetto di movimenti terre;
- ✓ il carico limite del terreno nei pressi dei luoghi di nuova edificazione;
- ✓ indicazioni puntuali lungo i tratti di realizzazione delle nuove condutture;
- ✓ aspetti ambientali;
- ✓ interventi presso le opere di presa.

3.1. STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO PROVVISORIALI

Il progetto prevede in generale movimenti terra, sterri, sbancamenti e riporti. Stante la tipologia di materiale presente nell'area di progetto possono essere stimati con sufficiente approssimazione gli angoli di scarpata che potranno essere adottati durante l'APERTURA DI FRONTI DI SCAVO PROVVISORIALI CHE INTERESSINO I MATERIALI SCIOLTI DI COPERTURA.

3.1.1. PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli scavi PROVVISORIALI quindi che interesseranno i depositi detritici superficiali, e CHE SUPERINO IL METRO DI PROFONDITÀ, non potranno prevedere la realizzazione di profili di scavo verticali. Questi potranno essere realizzati nel caso si intercettasse il substrato roccioso, anche se questo è stato oggettivamente osservato in zone circoscritte nell'area di interesse.

Le verifiche di stabilità dei fronti dello scavo devono essere effettuate secondo quanto previsto dalle "Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 17.01.2018).

La normativa prescrive che per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione $[E_d < R_d]$ dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, mentre R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

Per la stabilità dei fronti di scavo le Norme indicano che le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1: Combinazione 2 (A2 + M2 + R2).

- A2 - le azioni permanenti del terreno e dell'acqua: A2 = 1 NTC-18 tab. 6.2.I
- M2 - i parametri di resistenza del terreno M2 = NTC-18 tab. 6.2.II
- R2 - il rapporto fra le forze e le azioni (R_d/E_d) viene di seguito definito come "Fattore di Sicurezza (F_s)": quando tale rapporto è superiore al valore prescelto di F_s allora la superficie di scivolamento è verificata.

Perché un fronte di scavo risulti stabile si deve ottenere che il F_s risulti ben superiore a 1, in quanto a tale valore va applicato un ulteriore fattore riduttivo parziale che per i fronti di scavo vale, NTC 2018 - Cap. 6.8.2., tab. 6.8.I: $R_2 = 1,1$.

Nelle tabelle riportate qui sotto i coefficienti parziali da applicare rispettivamente alle azioni, ai parametri geotecnici e per le verifiche di sicurezza.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

| | Effetto | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E) | EQU | (A1) | (A2) |
|--------------------------------|-------------|---|-----|------|------|
| Carichi permanenti G_1 | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevole | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti $G_2^{(1)}$ | Favorevole | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q | Favorevole | γ_Q | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Figura 79. Coefficiente parziale A2

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| Parametro | Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale | Coefficiente parziale γ_M | (M1) | (M2) |
|--|---|----------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \phi'_k$ | $\gamma_{\phi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | γ_γ | 1,0 | 1,0 |

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali. Il valore di progetto della resistenza si ottiene, per il caso (a), applicando al valore caratteristico della resistenza unitaria al taglio τ_u un coefficiente parziale $\gamma_{\tau,R} = 1,0$ (M1) e $\gamma_{\tau,R} = 1,25$ (M2) oppure procedendo come previsto ai punti b) e c) di cui sopra.

Figura 80. Coefficiente parziale M2

Tab. 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

| COEFFICIENTE | R2 |
|--------------|-----|
| γ_R | 1,1 |

Figura 81. Coefficiente parziale R2

La normativa specifica al punto 2.4.1 che le verifiche sismiche possono omettersi per le opere provvisorie o per le strutture in fase costruttiva quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.

Per i fronti in terreno sciolto naturale - esclusi i riporti - non in aderenza a manufatti esistenti, il valore massimo - temporaneo, limitato alla sola fase di cantiere - dell'angolo di pendenza può essere calcolato adottando la metodologia proposta da HOEK & BRAY (1981).

Nella tabella, con riferimento alle unità in materiali sciolti ed in funzione dell'altezza "H" delle scarpate massime previste, si riportano i valori di pendenza per ottenere il fattore di sicurezza minimo ($F_s > 1.1$) previsto dalla Normativa vigente (NTC 2018).

Qui di seguito si espongono alcuni casi tipo che potranno essere di indirizzo al progettista, si considerano quindi: a) scavi a sezione obbligata per la posa delle nuove condutture (h circa 1,2 m); b) scavi in condizioni di presenza del substrato roccioso e c) scavi in materiale sciolto di entità maggiori, ad esempio, in corrispondenza delle nuove strutture di stoccaggio dell'acquedotto.

3.1.2. SCAVI A SEZIONE RISTRETTA/OBBLIGATA PER LA POSA DELLE NUOVE CONDUTTURE ($H_{MAX} \sim 1,2$ M)

Nel caso in oggetto gli scavi rispetto alla superficie esistente saranno limitati a quanto basta alla posa in opera delle nuove condutture. Il progetto prevede che gli scavi si svolgeranno in gran parte lungo piste o strade esistenti ed in ogni caso interessando il primo sottosuolo. Gli scavi a sezione ristretta/obbligata raggiungeranno una profondità massima nella totalità dei casi prossima o inferiore a 1,2 m. **In riferimento agli scavi a sezione obbligata, come quelle riportate negli estratti progettuali, si potranno adottare scarpate di scavo prossime alla verticalità (70-80°) previo verifica di alcune condizioni indispensabili di sicurezza.** Gli scavi a profilo verticale non sono consentiti nei tratti dove si rileva la presenza di acque di filtrazione o di ruscellamento ovvero nei tratti di versante acclivi o dove siano presenti massi che impediscono di operare in sicurezza. Gli scavi a sezione obbligata dovranno essere effettuati per tratti limitati, non superiori a 20 m, il tratto successivo potrà essere aperto una volta chiuso il precedente. Qualora si preveda la presenza di maestranze all'interno degli scavi dovranno essere adottate misure specifiche di sicurezza per il sostegno delle pareti della trincea (vedi paragrafo prescrizioni).

3.1.3. APERTURA DEI FRONTI DI SCAVO IN ROCCIA ($H_{MAX} > 1,0$ M)

Gli scavi previsti nella porzione superficiale del substrato roccioso, con altezze superiori al metro, potranno avvenire con angoli di scarpata compresi in un intervallo tra 70 – 80° in relazione al grado di fratturazione della roccia fatto salvo le prescrizioni contenute in calce al capitolo.

3.1.4. SCAVI IN MATERIALI SCIOLTI DI MAGGIOR ENTITÀ (>5,0 M)

Il caso in oggetto può essere preso a riferimento per quanto riguarda gli scavi che dovranno realizzarsi presso i nuovi serbatoi previsti in località Ossera e Pocc. Nei due casi in oggetto gli scavi, stante la tipologia di opere e l'acclività del versante raggiungono altezze significative. Nelle pagine che seguono le sezioni e le panoramiche relative ai due interventi in oggetto e, a seguire, la stima del massimo angolo di scarpata da adottarsi. In entrambi i casi il terreno è stato considerato avente le stesse caratteristiche meccaniche.

Nel caso della nuova vasca presso località Pocc gli scavi di sbancamento avverranno nei materiali detritici posti a monte strada. La posizione risulta defilata rispetto la nicchia morfologica presente in loco.

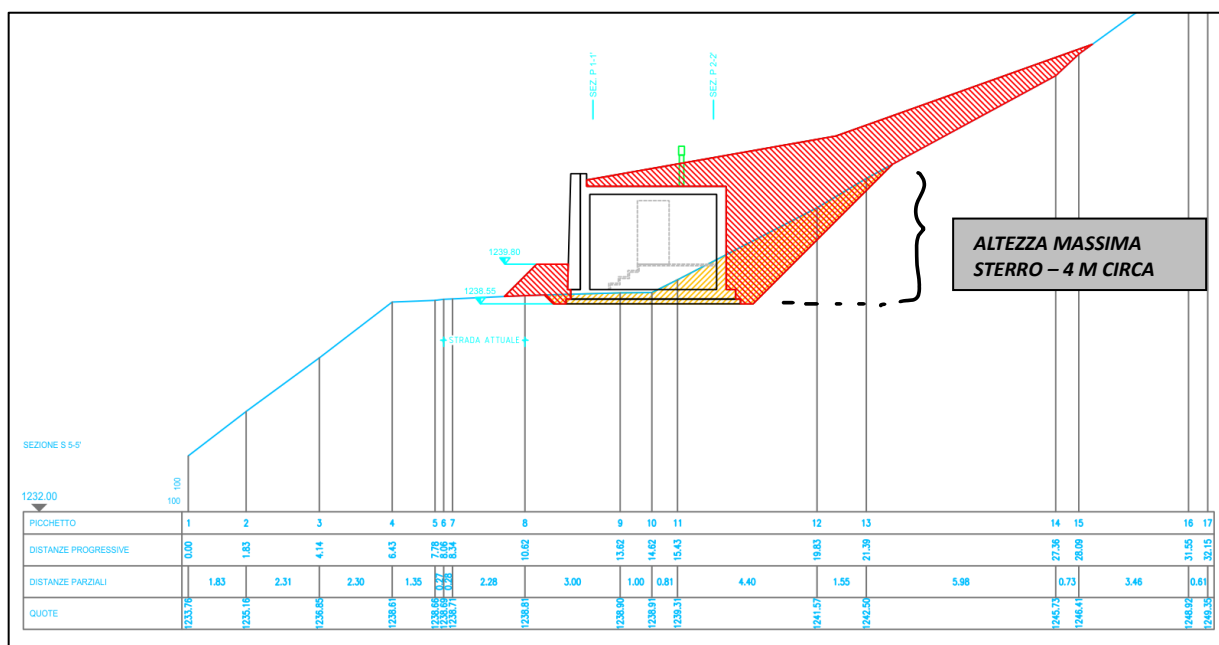


Figura 82. Sezione nuova vasca località POCC

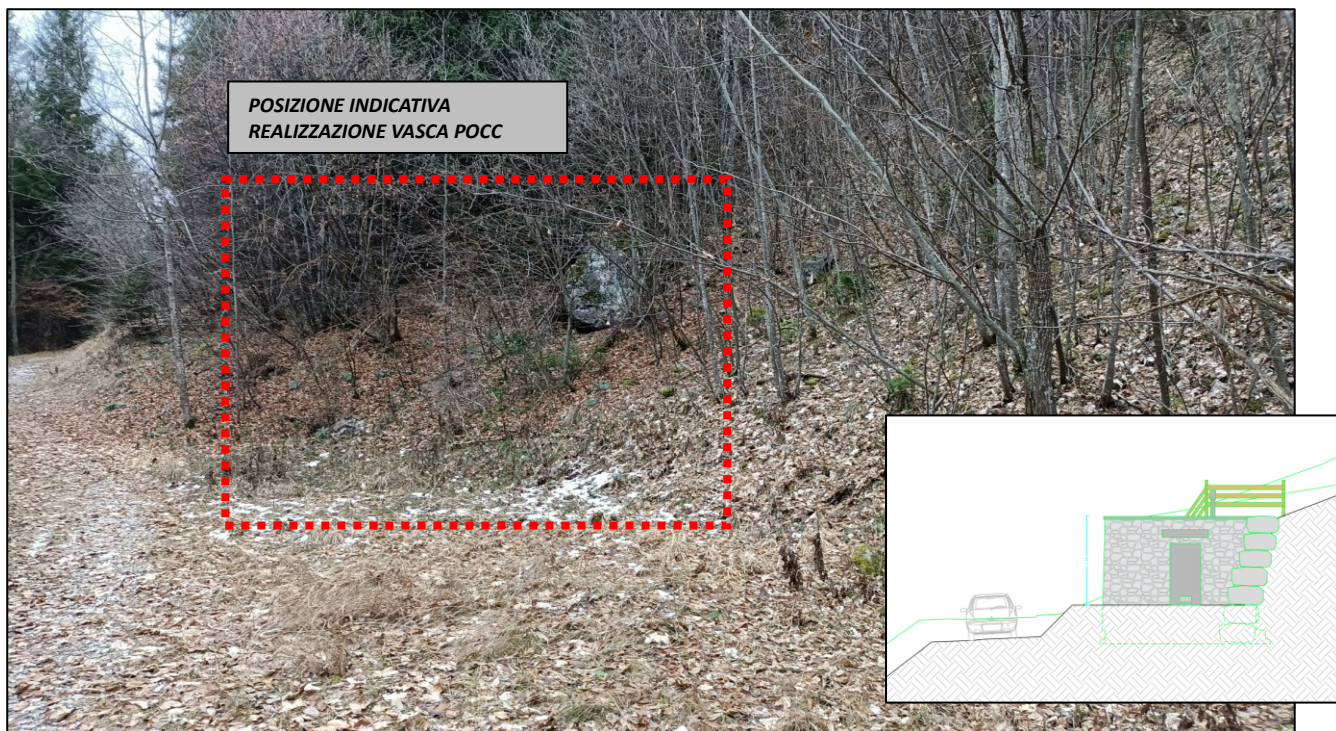


Figura 83. Panoramica posizione indicativa nuova vasca località POC

Nel caso della nuova vasca presso località Ossera gli scavi di sbancamento avverranno nei materiali detritici posti a valle strada. Data la necessità di rimuovere le strutture esistenti si ritiene che gli scavi di sbancamento interesseranno in parte materiali sciolti di riporto già movimentati nel corso delle precedenti lavorazioni eseguite nell'area.

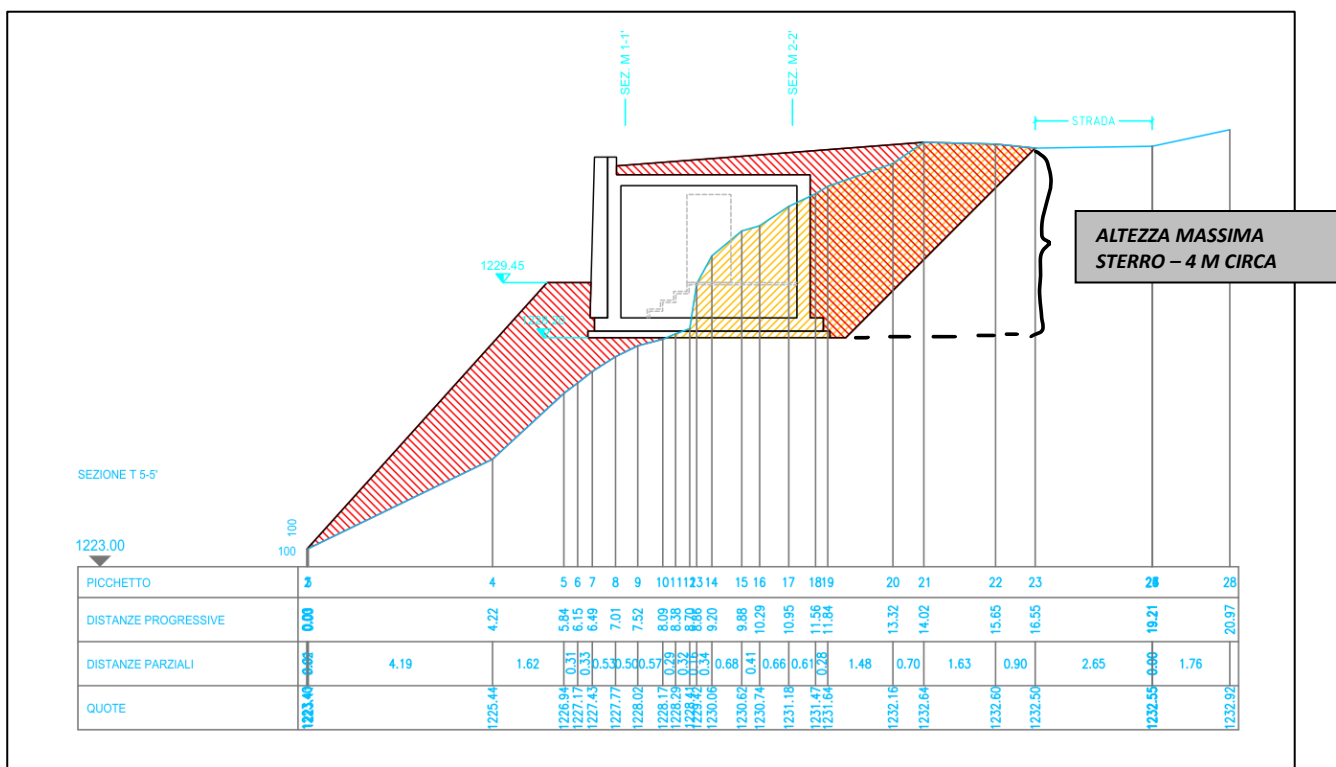


Figura 84. Sezione nuovo serbatoio loc. Ossera



Figura 85. Panoramica posizione indicativa nuovo serbatoio Ossera

3.1.4.1. STIMA ANGOLO DI SCARPATA MASSIMO

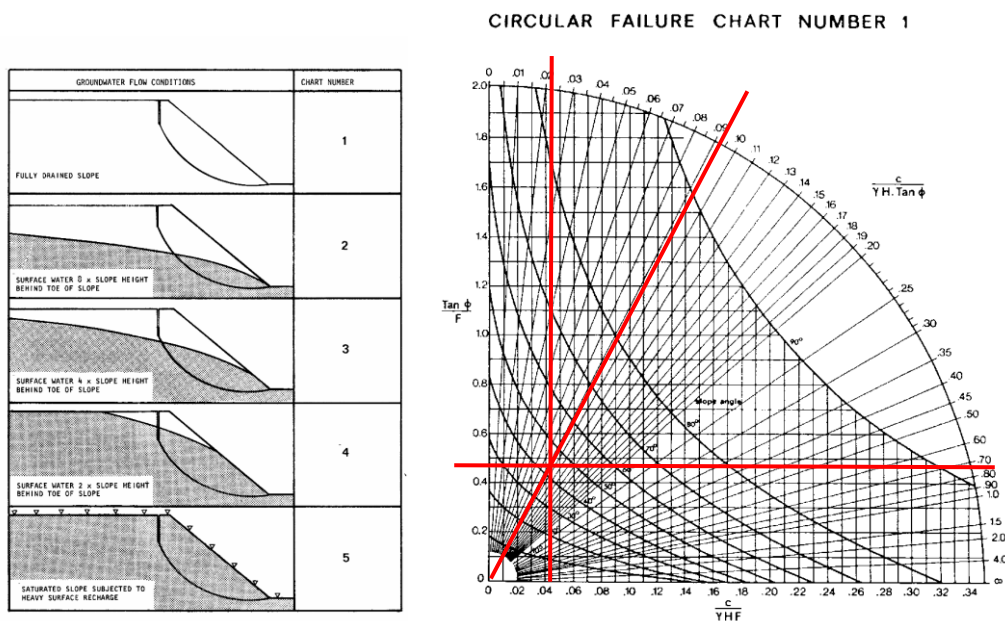


Figura 86. Circular Failure Chart. Grafico Hoek & J.W. Bray stima pendenza fronti di scavo

| Parametro | | |
|--|----------|--|
| Angolo attrito | ϕ | 28.35 [gradi] |
| Coesione | c | 4 [KN/m2] |
| Peso volume | γ | 18 [KN/m3] |
| Altezza fronte | H | 4.5 [m] |
| Fattore sicurezza | F_s | 1.1 |
| $\frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta}$ | 0.092 | Circular Failure Chart n° 1 Pendenza massimo angolo di scarpata fronti di scavo (°) 45 |
| $\frac{\tan \theta}{F_s}$ | 0.491 | |
| $\frac{c}{\gamma \cdot H \cdot F_s}$ | 0.045 | |

Figura 87. Angolo di scarpata massimo da adottarsi in materiali sciolti (HOEK & BRAY (1981)
Per scavi di altezza prossima a 4,5 m potranno essere adottate pendenze di scarpata pari a 45°.

3.1.5. PRESCRIZIONI OPERATIVE – APERTURA FRONTI DI SCAVO

Il valore massimo di angolo di scarpata individuato per gli scavi temporanei rispettivamente di 1,5 m e 4,5 m di altezza, dovrà essere modulato in funzione delle effettive risultanze di cantiere, quali la posizione delle filtrazioni, l'addensamento reale del terreno, le condizioni al contorno, ecc. In generale, pendenze più elevate si potranno mantenere solo ricorrendo a scavi a campione e/o ad opere di sostegno provvisionali ovvero in presenza di roccia.

Qualsiasi altro valore del fronte di scavo inferiore a quello ammissibile che, sempre in ragione dell'anisotropia del deposito superficiale, si ritiene cautelativo, verificando in fase esecutiva l'eventuale variazione di coesione, rientrerà entro le norme di sicurezza.

La stabilità degli scavi nelle condizioni illustrate si intende garantita a breve termine, per cui la stabilizzazione dei fronti dovrà essere predisposta in un breve lasso di tempo al fine di giungere alla configurazione di progetto. Di seguito alcune raccomandazioni di carattere generale.

- a) durante i lavori, in corrispondenza del ciglio superiore degli scavi dovrà essere prevista una fascia di interdizione al transito di sovraccarichi accidentali, opportunamente delimitata; si ritiene opportuno evitare nel periodo richiesto dalla realizzazione dello scavo e dalla messa in opera delle tubazioni, periodo che sarà comunque limitato, il transito di automezzi;
- b) nel caso dell'instaurarsi di moti di filtrazione o fenomeni erosivi in corrispondenza ai fronti di scavo potranno essere utilizzate opportune telonature in PVC per proteggere le rampe escavate;
- c) in considerazione della possibile presenza in tratti del tracciato di blocchi di grandi dimensioni, si sottolinea la necessità di evitare di procedere alla loro demolizione senza un'opportuna valutazione dei rapporti tra i massi stessi e le fondazioni di eventuali strutture adiacenti (rilevato di strade e piste, edifici, ecc.) in quanto parte dei loro apparati fondazionali potrebbe poggiare direttamente su tali blocchi, per cui un intervento frettoloso o malfatto potrebbe determinare lesioni nelle murature soprastanti;
- d) massima cautela dovrà essere prestata per l'accesso agli scavi in concomitanza ad eventi potenzialmente destabilizzanti quali ad esempio intense precipitazioni o eventi sismici;
- e) la maggior parte degli scavi in esame interesseranno la sede stradale per cui il valore d'angolo di scarpa sopra indicato non potrà, evidentemente, essere sempre mantenuto per non danneggiare completamente la sede stradale;
- f) in relazione alla costituzione del terreno che, essendo prevalentemente granulare, ha coesione naturale assai ridotta e talora addirittura assente; in presenza di scavi profondi che possono essere previsti in alcuni tratti dei tracciati in esame, il deposito potrebbe tendere a scavare, in particolare nella porzione superficiale più sciolta. Qualora la collocazione della tubazione richiedesse la permanenza di personale all'interno dello scavo, sarà quindi necessario prevedere la messa in opera di strutture di contenimento provvisionali, quali sbadacchiature, blindature ecc (Figura 88).
- g) Dovrà essere attentamente valutato, preliminarmente alla esecuzione dei lavori, il possibile impatto delle vibrazioni indotte dagli scavi sui manufatti posti lungo il tracciato delle tubature di distribuzione e a breve distanza da esso ed eventualmente dovranno essere adottate misure per la mitigazione delle vibrazioni;

h) La realizzazione di scavi a sezione ristretta di notevole lunghezza può dare adito a vie preferenziali di percolazione ed infiltrazione nel sottosuolo delle acque di ruscellamento, in corrispondenza dello scavo: a questo proposito si ribadisce l'importanza di effettuare un corretto costipamento del materiale posto a ricalzo ed a copertura della tubazione e di procedere ad un rapido ricoprimento (ed eventualmente ripristino del manto bituminoso) della superficie di scavo.

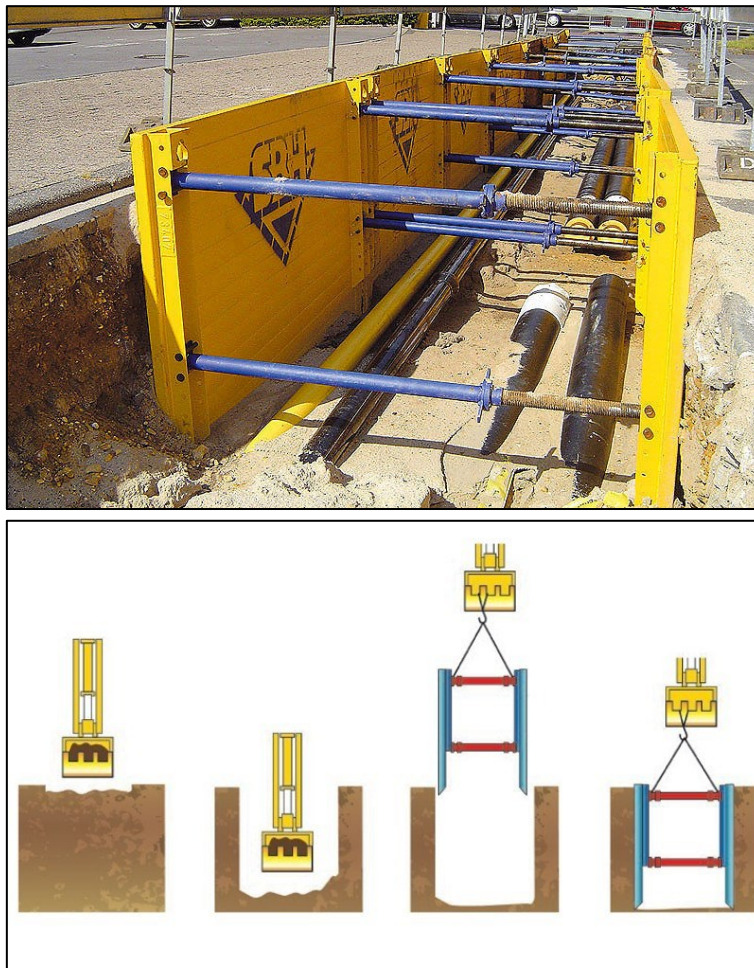


Figura 88. Opere di blindaggio per piccoli e medi lavori di posa di infrastrutture

3.2. POSE DI CONDUTTURE IN PRESENZA DI ACQUE DI FALDA

Dalle informazioni reperite da opere limitrofe a quella progettuale e dalle osservazioni raccolte durante i sopralluoghi si è appurato che non verranno intercettate durante gli scavi acque sotterranee in quanto il livello basale della tavola d'acqua soggiace a profondità maggiori di quella massima prevista dagli scavi.

Tuttavia, non potendo escludere la presenza di falde acquifere sospese o venute d'acqua puntuali, per garantire una corretta posa in opera delle tubazioni ed impedire che eventuali sottospinte idrauliche possano compromettere la buona riuscita degli interventi potranno essere adottati, in corrispondenza ad emergenze idriche riscontrate durante gli scavi, specifici accorgimenti:

- stesura di telo di geotessuto, più strato di ghiaia (15÷40 mm; spessore $s = 10$ cm), più geocomposito triplo strato, più letto e rinfiando in ghiaino (3÷15 mm) e chiusura a bauletto del geotessuto (Figura 89).

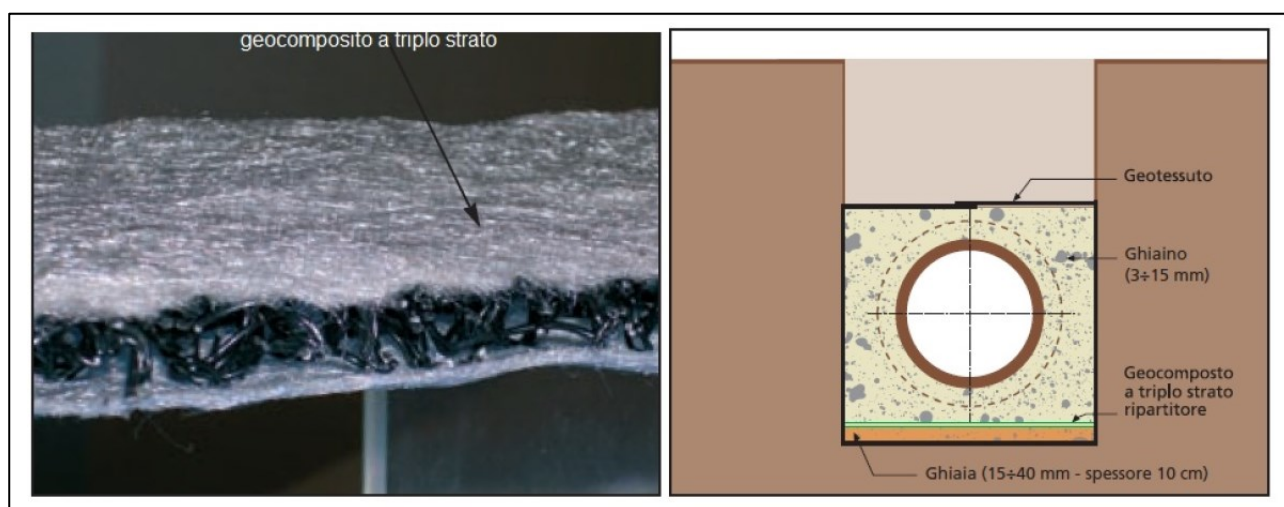


Figura 89. Schema tipo per la formazione del sottofondo in condizioni di sottospinte idrauliche

Di seguito vengono fornite alcune indicazioni per la corretta gestione degli scavi qualora dovessero essere intercettate acque di falda.

Il materiale riportato è tratto da “La posa delle tubazioni rigide in terreni con falda. Miglio A. (2011). *Gres econews*, anno 18, n.1”.

² “La falda freatica, se a un livello prossimo o superiore alla quota di fondo scavo prevista, può essere un serio intralcio durante le operazioni di scavo, posa della condotta e riempimento, ma anche un serio problema che – se non correttamente valutato e risolto – va a compromettere la stabilità dell’opera.omissis.... La presenza di falda nel terreno produce effetti sia sul terreno che sul tubo. Riguardo al terreno si ha una variazione dei parametri geotecnici (Tabella 2.1), mentre per il tubo si registra l’insorgenza di sollecitazioni aggiuntive (Tabella 2.2).”

² La posa delle tubazioni rigide in terreni con falda Miglio A. (2011). *Gres econews*, anno 18, n.1

| Effetti prodotti dalla falda sul terreno | Azioni per limitarne gli effetti |
|---|---|
| Diminuzione della capacità portante del terreno | <ul style="list-style-type: none"> Riduzione delle tensioni massime sotto il tubo Stabilizzazione del terreno di posa Scarico su strati a portanza maggiore |
| Aumento dei cedimenti | <ul style="list-style-type: none"> Abbassamento delle pressioni interstiziali Scelta di condotte compatibili con cedimenti |
| Diminuzione del grado di compattazione degli inerti | <ul style="list-style-type: none"> Aumento dell'energia di compattazione Uso della bauletatura in geotessuto Uso di inerti a granulometria assortita e a spigoli vivi Impiego di condotte non deformabili |

Tab. 2.1 Effetti prodotti dalla falda sul terreno e relative azioni per limitarne gli effetti (le informazioni riportate nella sottostante tabella sono tratte dalle "Linee guida per la progettazione e la realizzazione di fognature in gres ceramico", Aprile 2008).

| Effetti prodotti dalla falda sul tubo | Azioni per contrastare le sollecitazioni indotte dalla falda |
|---------------------------------------|--|
| Spinta di galleggiamento | <ul style="list-style-type: none"> Altezza di copertura adeguata Condotte più pesanti Curare la sistemazione del rinterro |
| Sollecitazione radiale (Buckling) | <ul style="list-style-type: none"> Condotte ad elevata rigidità anulare Condotte ad elevato spessore |

Tab. 2.2 Effetti prodotti dalla falda sul tubo e relative azioni per limitarne gli effetti (le informazioni riportate nella sottostante tabella sono tratte dalle "Linee guida per la progettazione e la realizzazione di fognature in gres ceramico", Aprile 2008, mod.).

....omissis....Nelle Tabelle 2.3 e 2.4 – in funzione del tipo di terreno in situ e del tipo di protezione dello scavo – sono descritti sinteticamente i comportamenti del terreno in situ (in termini di stabilità dello scavo) e gli interventi da intraprendere sulla falda, sul terreno impiegato per la realizzazione del letto di posa e del rinfilanco durante le diverse fasi di posa in opera delle tubazioni, nonché alcune prescrizioni sul sistema.

| Tipo di terreno | | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla |
|------------------------|--|------------------|---|---|---|
| Dimensioni (mm) | | 70÷2 | 2÷0.02 | 0.02÷0.002 | <0.002 |
| Descrizione | Protezione dello scavo | Sì | Sì | Sì | Sì |
| | Tipo di protezione dello scavo | Blindo | Palancole / Blindo (la scelta deve assicurare la stabilità del fondo scavo) | Palancole / Blindo (la scelta deve assicurare la stabilità del fondo scavo) | Palancole / Blindo (la scelta deve assicurare la stabilità del fondo scavo) |
| Comportamento | Stabilità scavo | Sì | Sifonamento / Sollevamento fondo scavo (effettuare le relative verifiche geotecniche) | Sifonamento / Sollevamento (effettuare le relative verifiche geotecniche) | Sifonamento / Sollevamento (effettuare le relative verifiche geotecniche) |
| Interventi sulla falda | Livello da far raggiungere alla superficie libera della falda in trincea | Al piano di posa | <ul style="list-style-type: none"> Al piano di posa per la sabbia grossa 20 o 30 cm sotto il piano di posa per la sabbia fine | 50 cm sotto il piano di posa | Al piano di posa |
| | Inizio posa | A scavo asciutto | <ul style="list-style-type: none"> A scavo asciutto per la sabbia grossa Attendere discesa acqua interstiziale per la sabbia fine | A scavo asciutto | A scavo asciutto |
| | Istante in cui iniziar a far risalire la falda | A scavo chiuso | <ul style="list-style-type: none"> A scavo chiuso per la sabbia grossa Graduale per la sabbia fine | Ritardato se bonificato il piano di posa con leganti | Ritardato se bonificato il piano di posa con leganti |

Tab. 2.3 Descrizione sintetica del terreno in situ, del comportamento dello stesso in termini di stabilità dello scavo, interventi sulla falda (le informazioni riportate nella sottostante tabella sono tratte dalle "Linee guida per la progettazione e la realizzazione di fognature in gres ceramico", Aprile 2008, mod.).

| Tipo di terreno | | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla |
|--|-----------------|---|---|---|---|
| Dimensioni (mm) | | 70÷2 | 2÷0.02 | 0.02÷0.002 | <0.002 |
| Interventi sul terreno costituente il letto di posa e il rinfiacco | Letto di posa | Ghiaietto | <ul style="list-style-type: none"> Sabbia grossa Ghiaietto Sabbia fine Geotessuto + Ghiaietto Geocomposto + Ghiaietto | <ul style="list-style-type: none"> Geotessuto + Ghiaietto Geocomposto + Ghiaietto Geocomposto + Ghiaietto + Bauletto in geotessuto Geocomposto + Ghiaietto + Bauletto in geotessuto Geocomposto + Griglia + Ghiaietto + Bauletto in geotessuto e ghiaietto | <ul style="list-style-type: none"> Geotessuto + Ghiaietto Geocomposto + Ghiaietto Geocomposto + Ghiaia + Ghiaietto Geocomposto + Ghiaia + Bauletto in geotessuto e ghiaietto Geocomposto + Ghiaietto + Bauletto in geotessuto Geocomposto + Griglia + Ghiaia + Bauletto in geotessuto e ghiaietto |
| | Rinfiacco | Ghiaietto | Ghiaietto | <ul style="list-style-type: none"> Geotessuto + Ghiaietto Geocomposto + Ghiaietto | <ul style="list-style-type: none"> Ghiaietto Geotessuto + Ghiaietto |
| Interventi sul sistema | Tubo rigido | Nicchia per bicchiere | Nicchia per bicchiere | Nicchia per bicchiere | Nicchia per bicchiere |
| | Tubo flessibile | Elevata rigidezza anulare a t_{∞} | Elevata rigidezza anulare a t_{∞} | Elevata rigidezza anulare a t_{∞} Rigidezza longitudinale costante Giunto compatibile con le rotazioni | Elevata rigidezza anulare a t_{∞} Rigidezza longitudinale costante Giunto compatibile con le rotazioni |
| | Pozzetti | Guarnizioni di tenuta Tronchetti di collegamento | Guarnizioni di tenuta Tronchetti di collegamento | Guarnizioni di tenuta Giunzione a rotazione Tronchetti di collegamento | Guarnizioni di tenuta Giunzione a rotazione Tronchetti di collegamento |

Tab. 2.4 Descrizione sintetica degli interventi sul terreno costituente il letto di posa e il rinfiacco e prescrizioni sul sistema (le informazioni riportate nella sottostante tabella sono tratte dalle "Linee guida per la progettazione e la realizzazione di fognature in gres ceramico", Aprile 2008, mod.).

3.3. RIPRISTINO DELLE AREE OGGETTO DI MOVIMENTI TERRA/SCAVO

Per la protezione del primo sottosuolo, soprattutto nei confronti di possibili effetti erosivi da parte delle acque di ruscellamento nei tratti più acclivi di intervento, potranno essere utilizzate tecniche di ingegneria naturalistica quali ad esempio l'impiego di biostuoie in fibra naturale. Una volta stabilizzato l'orizzonte suolo potrà anche essere previsto, per favorire l'inerbimento, la semina di essenze specifiche e compatibili con il sito in oggetto.

Il tratto di intervento, dove verosimilmente potrà essere utilizzata questa tipologia di prodotto, è quello più acclive, ad esempio, in prossimità dei fronti di scavo dove saranno realizzate le opere di maggior rilievo (nuove vasche acquedotto). Tuttavia, è altresì vero che gli scavi per la posa delle tubazioni, che avverranno verosimilmente a mezzo di escavatore meccanico, produrranno un moderato disturbo in un'area nell'intorno del tracciato. Al fine di impedire il dilavamento del terreno posto a copertura delle tubazioni, accelerare il processo di rinverdimento e stabilizzare così il primo sottosuolo si potrà prevedere l'utilizzo di un biotessile apposito per il controllo dell'erosione. Tra i prodotti che meglio si adattano alla situazione in oggetto si possono elencare le bioreti: queste sono stuoie biodegradabili costituite da fibre di cocco o juta disposte secondo trama ed ordito in modo da realizzare una maglia aperta. Tale struttura consente di rallentare la velocità dell'acqua di scorrimento superficiale, conferendo ai materiali una temporanea funzione antierosiva. L'elevata resistenza a trazione di questi materiali li rende idonei anche su scarpate acclivi. Non hanno un periodo di posa preferenziale e possono essere impiegati con ogni tipo di clima e terreno. Esistono bioreti in juta, costituite appunto da fibre di juta, con una maglia aperta di dimensioni medie di 1,5 x 1,0 cm. Oltre alle funzioni sopra indicate, essendo un buon ritentore idrico, la geojuta favorisce l'attecchimento della vegetazione creando un microclima ideale. Esistono, inoltre, bioreti in fibra di cocco; queste non hanno una buona capacità di ritenzione idrica, ma fra i biotessili è il materiale con più elevata resistenza meccanica ed agli agenti degradanti portando così una durata molto elevata.

a)



b)



Figura 90. Tipologie di biostuoie. a) fibra in juta, b) fibra di cocco

3.3.1. INDICAZIONI OPERATIVE PER LA POSA DELLE BIOSTUOIE

Per la posa delle biostuoie dovranno essere seguite alcune indicazioni operative:

- la scarpata oggetto di lavorazione dovrà essere regolarizzata il più possibile rimuovendo eventuali radici o pietre sporgenti;

- nella parte sommitale, valutate le condizioni locali, potrà essere predisposta una trincea di ancoraggio per ancorare saldamente la biostuoia alla sua sommità;
- il prodotto andrà posato srotolandolo dall'alto verso il basso cercando la massima aderenza con il terreno da proteggere;
- i sormonti di teli addicenti dovranno essere almeno di 15 cm;
- i teli andranno fissati al terreno mediante idonei picchetti di ancoraggio, che potranno essere del tipo biodegradabile, disponibili sul mercato, o in Ferro mm. 8,00 Lungh. cm. 30 piegati a manico d'ombrello.

In linea generale si dovranno considerare 2 picchetti al metro quadro secondo lo schema qui di seguito.

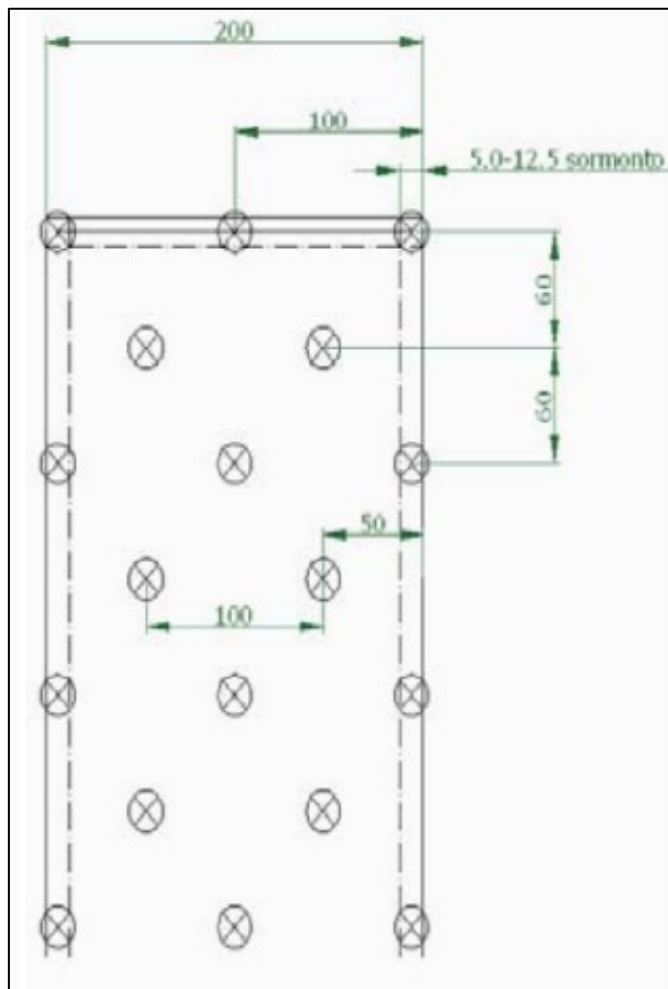


Figura 91. Schema indicativo fissaggio biostuoia

È evidente che durante la fase di cantierizzazione e di esecuzione si potrà ricorrere alla protezione del suolo mediante biostuoie laddove se ne ravvisasse la necessità anche in altri tratti del tracciato in previsione; il basso costo del prodotto e la facilità di posa le rende adatte e versatili per numerosi contesti dove si richiede la protezione del suolo a seguito di movimenti terra.

3.4. STIMA DEL CARICO LIMITE DEL TERRENO E VERIFICA PRELIMINARE DEGLI APPARATI FONDAZIONALI

La recente normativa di riferimento, le NTC2018, prevede che *“le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali. I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica, dedotti da specifiche indagini, devono essere esposti in una specifica relazione geologica di cui al § 6.2.1”*.

E ancora *“le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure indicate al § 2.6”*.

Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (EQU), come definito al §2.6.1, deve essere rispettata la condizione:

$$E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$$

dove $E_{inst,d}$ è il valore di progetto dell'azione instabilizzante, è $E_{stb,d}$ il valore di progetto dell'azione stabilizzante.

La verifica della suddetta condizione deve essere eseguita impiegando come fattori parziali per le azioni i valori γF riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.I.

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), come definiti al § 2.6.1, deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1, la verifica della condizione [6.2.1] deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (Figura 92) (A1 e A2), per i parametri geotecnici (Figura 93) (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi:

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

| | Effetto | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E) | EQU | (A1) | (A2) |
|--------------------------------|-------------|---|-----|------|------|
| Carichi permanenti G_1 | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevole | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti $G_2^{(1)}$ | Favorevole | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q | Favorevole | γ_Q | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

Figura 92. Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni Tab. 6.2.I NTC 2018

| Parametro | Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale | Coefficiente parziale γ_M | (M1) | (M2) |
|--|---|----------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$ | $\gamma_{\varphi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | γ_γ | 1,0 | 1,0 |

Figura 93. Coefficienti parziali per i parametri geotecnici Tab. 6.2.II NTC 2018

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alle condizioni di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite, accertando che la condizione [6.2.1] sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- SLU di tipo geotecnico (GEO);
- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- collasso per scorrimento sul piano di posa;
- stabilità globale.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto nel § 6.8, secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

| Verifica | Coefficiente parziale |
|---------------|-----------------------|
| | (R3) |
| Carico limite | $\gamma_R = 2,3$ |
| Scorrimento | $\gamma_R = 1,1$ |

Figura 94. Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni Tab. 6.4.I NTC 2018

3.4.1. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il progetto prevede la realizzazione di due nuovi manufatti che avranno apparati fondazionali di tipo a platea. In ogni caso si prescrive che il piano fondazionali poggi nella parte più profonda del deposito superficiale, il quale si presume abbia un grado di compattazione maggiore e una minor possibilità quindi di cedimenti differenziali.

Si segnala che nel caso del serbatoio "Ossera" stante le sezioni di progetto si potrà prevedere un arretramento della struttura in modo che le fondazioni poggino completamente sul terreno naturale ovvero si dovrà operare con particolare cura nel preparare la porzione di rilevato che dovrà in parte assorbire in carichi fondazionali della nuova struttura. Non si segnalano problematiche relative alle fondazioni nell'intervento presso località Pocc.

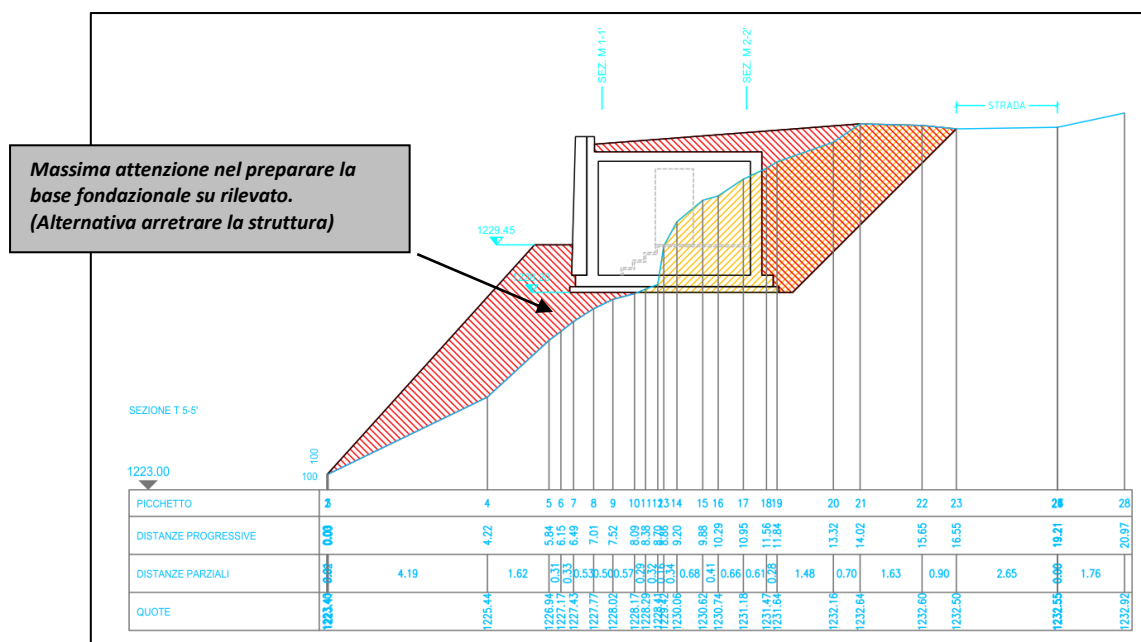


Figura 95. Sezione e apparati fondazionali nuova vasca acquedotto "Ossera"

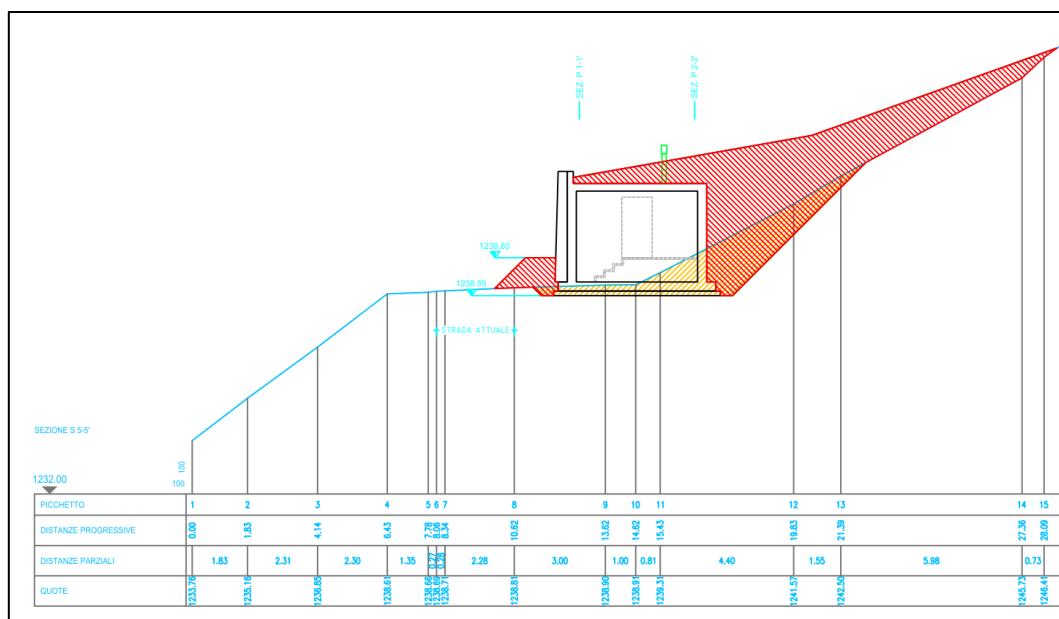


Figura 96. Sezione e apparati fondazionali nuova vasca Pocc.

In ogni caso prima della realizzazione delle fondazioni il terreno dovrà essere regolarizzato e compattato con idonei mezzi meccanici al fine di giungere ad un adeguato livello di addensamento. Le fondazioni andranno protette da eventuali acque di filtrazione mediante l'impermeabilizzazione dei manufatti a contatto con il terreno e la posa di uno strato ghiaioso drenante protetto dall'intasamento mediante geotessuto per far defluire le eventuali acque intercettate.

3.4.2. VERIFICA PRELIMINARE CARICO LIMITE FONDAZIONI

Gli apparati fondazionali delle strutture in progetto saranno di tipo a platea. Le verifiche, data la tipologia di terreni presenti nel sottosuolo, potranno essere effettuate in termini di tensioni efficaci.

Di seguito si mostrano alcuni tabulati di calcolo a cui il calcolatore progettista potrà fare riferimento preliminare per il corretto dimensionamento delle strutture tenendo in debito conto i reali carichi di esercizio nonché i coefficienti parziali imposti dalla normativa.

Nel caso specifico è stata ipotizzata una fondazione quadrata avente lunghezza pari a L : 10,0 m e larghezza B pari a 5,0 m. Il carico massimo inserito nei calcoli preliminari (carico permanente) corrisponde ad una pressione normale al piano di posa uniformemente distribuita di circa $1,0 \text{ kg/cm}^2$ (150 kPa).

Cautelativamente si riporta il caso di fondazioni ammortate, per almeno 0,25 m, nell'unità geotecnica B. La capacità portante è stata calcolata mediante l'utilizzo della nota formula di Brich-Hansen.

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si esprimono nel modo seguente:

$$q_{ult} = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 B \gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

I coefficienti d_c, d_q, d_γ , sono fattori di profondità, s_c, s_q, s_γ , sono i fattori di forma, i_c, i_q, i_γ , sono i fattori di inclinazione del carico, b_c, b_q, b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa e g_c, g_q, g_γ , sono fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

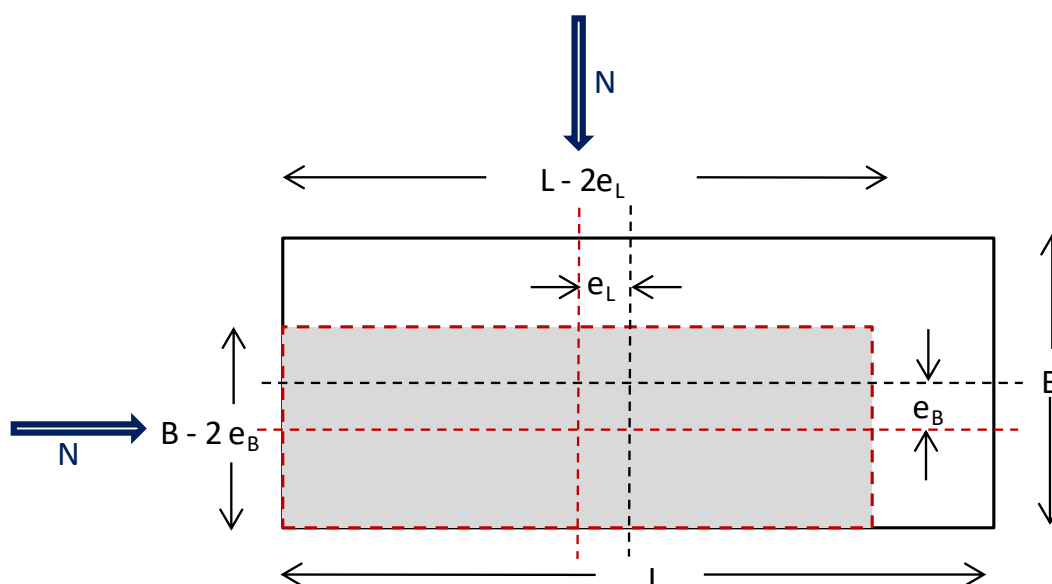


Figura 97. Schema apparato fondazionale

| | |
|--|--------------------------------------|
| Carichi permanenti | $G_{k1} = 5000$ KN |
| Carichi permanenti non strutturali | $G_{k2} = 0$ KN |
| Sovraccarichi | $Q_k = 0$ KN |
| Risultante dei carichi verticali | $N = 5000$ KN |
| Inclinazione della risultante N rispetto alla verticale | $\theta = 0^\circ$ |
| Componente orizzontale dei carichi agente sul piano di posa | $H = 0.00$ KN |
| Componente verticale dei carichi agente sul piano di posa | $V = 5000.00$ KN |
| Eccentricità della risultante dei carichi parallela al lato B | $e_B = 0.00$ m |
| Eccentricità della risultante dei carichi parallela al lato L | $e_L = 0.00$ m |
| Larghezza della fondazione all'appoggio sul terreno | $B = 5.00$ m |
| Lunghezza della fondazione | $L = 10.00$ m |
| Profondità del piano di posa della fondazione | $D = 0.25$ m |
| Larghezza ridotta della fondazione per eccentricità del carico | $B' = 5.00$ m |
| Lunghezza ridotta della fondazione per eccentricità del carico | $L' = 10.00$ m |
| Coesione del terreno al di sotto del piano di posa | $c = 5.00$ KN/m ² |
| Adesione lungo la base della fondazione ($c_a < c$) | $c_a = 2.00$ KN/m ² |
| Angolo di attrito del terreno al di sotto del piano di posa | $\phi = 34^\circ$ |
| Pressione geostatica sul piano di posa della fondazione | $q = 4.625$ KN/m ² |
| Peso unità di volume del terreno al di sotto del piano di posa | $\gamma_t = 18.50$ KN/m ³ |
| Angolo di inclinazione del piano di campagna | $\omega = 0^\circ$ |
| Angolo di inclinazione del piano di posa | $\varepsilon = 0^\circ$ |

Parametri sismici

| | |
|--|----------------------------------|
| Stato limite considerato | SLV |
| Accelerazione orizzontale massima attesa sul sito di riferimento | $a_g = 0.153$ m/sec ² |
| Fattore di amplificazione spettrale max sul sito di riferimento | $F_0 = 0.278$ |
| Categoria di sottosuolo | C |
| Coefficiente di amplificazione stratigrafica | $\beta_s = 0.24$ |
| Categoria topografica | T2 |
| | $S_s = 1.50$ |
| | $S_T = 1.2$ |

Il carico limite unitario del terreno di fondazione, calcolato con la formula di Brinch - Hansen, è dato dalla seguente espressione:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot z_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot z_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma_t \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot z_\gamma \cdot e_{\gamma k} \cdot e_{\gamma i}$$

Fattori di capacità portante N_c , N_q e N_γ

| per $c > 0$ e $\phi = 0$ | |
|--|------|
| $N_c = 2 + \pi$ | N.R. |
| $N_q = 1$ | N.R. |
| $N_\gamma = 0$ se $\phi = 0$ | N.R. |
| $N_\gamma = -2 \sin \omega$ se $\phi \neq 0$ | 0.00 |

| per $\phi > 0$ | A1+M1+R3 |
|---|----------|
| $N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$ | 42.12 |
| $N_q = K_p \cdot e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$ | 29.41 |
| $N_\gamma = 2 (N_q + 1) \cdot \operatorname{tg} \phi$ | 41.02 |

Fattori di forma s_c , s_q e s_γ ($B/L \leq 1$)

| per $c > 0$ e $\phi = 0$ | |
|-------------------------------------|------|
| $s_c = 1 + [B'/(2 + \pi) \cdot L']$ | N.R. |
| $s_q = 1$ | N.R. |
| $s_\gamma = 1 - 0,4 (B'/L')$ | N.R. |

| per $\phi > 0$ | A1+M1+R3 |
|--|----------|
| $s_c = 1 + (N_q \cdot B')/(N_c \cdot L')$ | 1.35 |
| $s_q = 1 + (B'/L' \cdot \operatorname{tg} \phi)$ | 1.34 |
| $s_\gamma = 1 - 0,4 (B'/L')$ | 0.80 |

Fattori di profondità d_c , d_q e d_γ

Si definisce il seguente parametro:

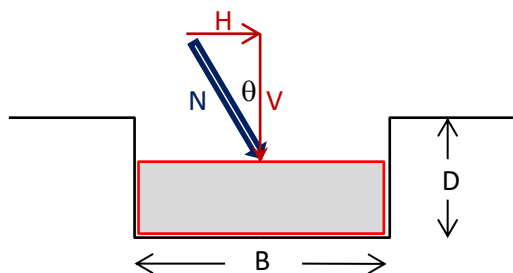
$$K = D/B' = 0.05 \quad \text{se } D/B' \leq 1$$

$$K = \arctg D/B' = \text{N.R.} \quad \text{se } D/B' > 1$$

| per $c > 0$ e $\phi = 0$ | |
|--------------------------|-------|
| $d_c = 1 + 0,4 K$ | FALSO |
| $d_q = 1$ | FALSO |
| $d_\gamma = 1$ | FALSO |

| per $\phi > 0$ | A1+M1+R3 |
|--|----------|
| $d_c = d_q - [(1 - d_q)/(N_c \operatorname{tg} \phi)]$ | 1.01 |
| $d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi (1 - \sin \phi)^2 \cdot K$ | 1.01 |
| $d_\gamma = 1$ | 1.00 |

Fattori di inclinazione del carico i_c , i_q e i_γ



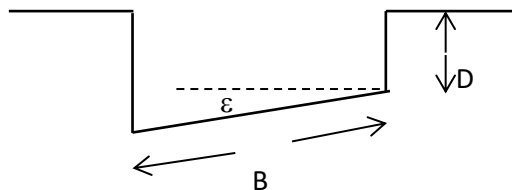
Si definisce il seguente parametro:

$$m = [2 + (B'/L')]/[1 + (B'/L')] = 1.67$$

| per $c > 0$ e $\phi = 0$ | |
|---|------|
| $i_c = 1 - [(m \cdot H)/(B' \cdot L' \cdot c_a \cdot N_c)]$ | N.R. |
| $i_q = 1$ | N.R. |
| $i_\gamma = 1$ | N.R. |

| per $\phi > 0$ | A1+M1+R3 |
|---|----------|
| $i_c = i_q - [(1 - i_q)/(N_c \operatorname{tg} \phi)]$ | 1.00 |
| $i_q = [1 - (H/(V + B' \cdot L' \cdot c_a \cdot \operatorname{tg} \phi))]^m$ | 1.00 |
| $i_\gamma = [1 - (H/(V + B' \cdot L' \cdot c_a \cdot \operatorname{tg} \phi))]^{m+1}$ | 1.00 |

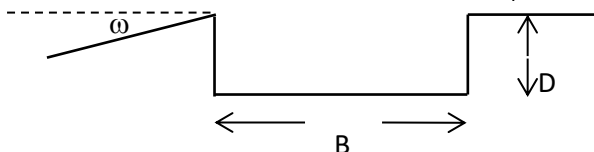
Fattori di inclinazione del piano di posa g_c , g_q e g_γ ($\varepsilon < 45^\circ$)



| per $c > 0$ e $\phi = 0$ | |
|---|------|
| $g_c = 1 - [(2 \cdot \varepsilon) / (2 + \pi)]$ | N.R. |
| $g_q = 1$ | N.R. |
| $g_\gamma = 1$ | N.R. |

| per $\phi > 0$ | A1+M1+R3 |
|---|----------|
| $g_c = g_q - [(1 - g_q) / (N_c \cdot \tan \phi)]$ | 1.00 |
| $g_q = (1 - \varepsilon \cdot \tan \phi)^2$ | 1.00 |
| $g_\gamma = (1 - \varepsilon \cdot \tan \phi)^2$ | 1.00 |

Fattori di inclinazione del piano di campagna b_c , b_q e b_γ ($\omega < \phi$; $\omega < 45^\circ$)



| per $c > 0$ e $\phi = 0$ | |
|--|------|
| $b_c = 1 - [(2 \cdot \omega) / (2 + \pi)]$ | N.R. |
| $b_q = 1$ | N.R. |
| $b_\gamma = 1$ | N.R. |

| per $\phi > 0$ | A1+M1+R3 |
|---|----------|
| $b_c = b_q - [(1 - b_q) / (N_c \cdot \tan \phi)]$ | 1.00 |
| $b_q = (1 - \tan \omega)^2 \cdot \cos \omega$ | 1.00 |
| $b_\gamma = b_q / \cos \omega$ | 1.00 |

Fattori di correzione sismica inerziale z_c , z_q e z_γ (Paolucci - Pecker)

| | |
|--|------|
| $z_c = 1 - 0,32 \cdot K_{hi}$ | 0.99 |
| $z_q = (1 - K_{hi} / \tan \phi)^{0,35}$ | 0.98 |
| $z_\gamma = (1 - K_{hi} / \tan \phi)^{0,35}$ | 0.98 |

| | |
|--------------------------|-------|
| $K_{hi} = 0,2 \cdot a_g$ | 0.031 |
|--------------------------|-------|

Fattori di correzione dell'effetto cinematico e_{y_i} , e_{y_k} (Maugeri - Cascone)

| | |
|---|------|
| $e_{y_k} = (1 - K_{hk} / \tan \phi)^{0,45}$ | 0.95 |
| $e_{y_i} = (1 - 0,7 K_{hi})^5$ | 0.90 |

| | |
|--------------------------------------|-------|
| $K_{hk} = \beta_s \cdot a_{max} / g$ | 0.067 |
| $a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$ | 0.275 |

VERIFICHE DI SICUREZZA AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Approccio 2 - Combinazione (A1 + M1 + R3)

Sono incrementate le azioni permanenti, incrementate le azioni variabili (A), invariati i parametri geotecnici (M) e ridotta la resistenza (R), secondo i coefficienti di seguito riportati:

| Carichi | (A1) |
|------------|------|
| Perman. | 1.30 |
| Perm. n.s. | 1.50 |
| Sovracc. | 1.50 |

| Par. geo. | (M1) |
|-------------|------|
| $\tan \phi$ | 1.00 |
| c | 1.00 |
| γ_t | 1.00 |

| Resist. | (R3) |
|------------|------|
| Cap. port. | 2.30 |
| Scorr. | 1.10 |

VERIFICA AL CARICO LIMITE

CONDIZIONI STATICHE

Carico limite

$$q_{lim} = 1990.01 \text{ KN/m}^2$$

Resistenza del sistema geotecnico $R = q_{lim} \times B' \times L'$

$$R = 99500.49 \text{ KN}$$

Resistenza di progetto del sistema geotecnico $R_d = R / \gamma_r$

$$R_d = 43261.08 \text{ KN}$$

Valore di progetto dell'azione $E_d = G_{k1} + 1,3 G_{k2} + 1,3 Q_k$

$$E_d = 6500 \text{ KN}$$

Deve essere rispettata la condizione $E_d \leq R_d \quad (R_d / E_d \geq 1)$

$$6500 < 43261.08$$

verifica soddisfatta

$$R_d / E_d = 6.66$$

VERIFICA AL CARICO LIMITE

CONDIZIONI STATICHE

Carico limite

$$q_{lim} = 1990.01 \text{ KN/m}^2$$

Resistenza del sistema geotecnico $R = q_{lim} \times B' \times L'$

$$R = 99500.49 \text{ KN}$$

Resistenza di progetto del sistema geotecnico $R_d = R / \gamma_r$

$$R_d = 43261.08 \text{ KN}$$

Valore di progetto dell'azione $E_d = G_{k1} + 1,3 G_{k2} + 1,3 Q_k$

$$E_d = 6500 \text{ KN}$$

Deve essere rispettata la condizione $E_d \leq R_d \quad (R_d / E_d \geq 1)$

$$6500 < 43261.08$$

verifica soddisfatta

$$R_d / E_d = 6.66$$

Si osserva che, a fronte di un carico limite del terreno elevato, stante la tipologia fondazionale utilizzata (a platea) e le caratteristiche del terreno, e una tensione agente di progetto di circa 100 kPa (carico permanente), per una fondazione di tipo a platea avente dimensioni 10 x 5 m la verifica preliminare è soddisfatta sia in condizioni sismiche che in quelle statiche.

La profondità di posa, parametro che controlla significativamente il carico limite, è stata impostata pari a 0,25 m.

La verifica condotta è intesa come di indirizzo al progettista incaricato del dimensionamento e verifica delle opere.

3.4.3. VERIFICHE SULLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO - CEDIMENTI

Una volta verificata la corrispondenza agli SLU, è necessario quindi analizzare il comportamento nel tempo sotto il carico assegnato. La determinazione del carico limite di una fondazione rappresenta, infatti, solo una parte del processo conoscitivo del problema, dal momento che occorre ancora determinare i cedimenti di esercizio corrispondenti agli SLE.

Per quando riguarda i cedimenti indotti dalle strutture in elevazione si tratta, data la natura del terreno, di cedimenti elastici dell'ordine delle frazioni di centimetro interamente assorbiti a breve termine immediatamente dopo l'applicazione del carico.

Dalle caratteristiche geometriche di progetto presunte si possono stimare i cedimenti massimi ammissibili oltre i quali esiste una maggior probabilità che avvengano lesioni o che siano superati gli Stati Limite di Esercizio (SLE). È chiaro che, data la complessità dell'opera, il calcolo proposto deve essere inteso come preliminare e di indirizzo allo strutturista incaricato delle verifiche del caso.

Di seguito, quindi, si propone al progettista una stima dei cedimenti utilizzando la nota relazione di Burland e Burbidge utilizzabile in terreni non coesivi. Nel caso in esame si suppone di applicare una pressione efficace lorda di 100 kPa compatibile con i carichi di esercizio dell'opera. È stata ipotizzata una platea di lato 5,0 m e lunghezza 10,0 m. La profondità di posa è stata impostata a 0,25 m.

| CEDIMENTO DELLE FONDAZIONI - TERRENO NON COESIVO | | | |
|--|-----------|------|-----|
| METODO DI BURLAND E BURBIDGE | | | |
| <i>(Burland J.B., 1987, Estimating the settlement of foundations on sands and gravels. Proc. Int. Conf. On Found. and Tunnels, London, Vol. I, 1-6, Engineering Technic Press)</i> | | | |
| Dati d'ingresso | | | |
| Pressione efficace lorda | q' | 100 | kPa |
| Tensione verticale efficace | σ' | 1 | kPa |
| Larghezza della fondazione | B | 5.0 | m |
| Lunghezza della fondazione | L | 10.0 | m |
| Spessore dello strato compressibile | H | 5.0 | m |
| Valore medio di N_{spt} | N_{av} | 25.0 | |
| I carichi applicati sono statici (s/n)? | s | | |
| Analisi dei cedimenti | | | |
| Cedimenti immediati | simm | 7.1 | mm |
| Cedimenti dopo 5 anni | s5y | 9.6 | mm |

Figura 98. Cedimenti indotti. Fondazione quadrata. Metodo di Burland e Burbidge

I dati dimostrano che l'aliquota maggiore dei cedimenti, pari a 7,1 mm, avviene sostanzialmente a seguito ed immediatamente all'applicazione del carico via via la sua applicazione. Si tratta quindi di cedimenti elastici assoluti che vengono assorbiti nel breve periodo dal terreno.

Qualora durante gli scavi per la realizzazione degli apparati fondazionali si intercettassero lenti e/o orizzonti di materiali scadenti, a prevalente frazione fine e/o a comportamento plastico, dovrà essere posta la massima attenzione nello scongiurare cedimenti differenziali nelle strutture in elevazione.

Il piano di posa delle fondazioni, anche e soprattutto nel caso di rinvenimento del substrato roccioso, andrà quindi regolarizzato e stabilizzato, prevedendo eventualmente anche una limitata escavazione del sottosuolo e della roccia (circa 0,25 m), e reso omogeneo mediante la stesura di un livello di sottofondo granulare opportunamente rullato e compattato.

La procedura di regolarizzazione, omogeneizzazione e compattazione del sottofondo fondazionale permetterà alla struttura di subire cedimenti contenuti e di evitare pericolose distorsioni differenziali.

Il piano di appoggio dovrà quindi risultare quanto più regolare possibile, privo di avvallamenti e tale da evitare il ristagno delle acque piovane. In caso vengano rinvenute zone o lenti con materiale di scarsa portanza (limi, limi sabbiosi, sabbie...) sarà compito della ditta incaricata delle opere intasare con materiale arido grossolano.

Il materiale di sottofondazione, qualora si preveda la sua sostituzione, dovrà essere costituito da terre appartenenti ai gruppi A1 e A2-4 secondo quanto riportato nella UNI 11531-1.

UNI 11531-1:2014

UNI

prospetto 1

Classificazione delle terre

| Classificazione generale | Terre ghiaio-sabbioso Frazione passante al setaccio 0,063 mm ≤ 35% | | | | | | | Terre limo-argillose Frazione passante al setaccio 0,063 mm > 35% | | | | | Torbe e terre organiche palustri |
|--|---|-----------------|-----------------|---------------------------------------|------------|------------------------|---------------|---|-----------------------------|-------------------------------|---|---|--|
| Gruppo | A1 | | A3 | A2 | | | | A4 | A5 | A6 | A7 | | A8 |
| Sottogruppo | A1-a | A1-b | | A2-4 | A2-5 | A2-6 | A2-7 | | | | A7-5 | A7-6 | |
| Frazione passante al setaccio 2 mm 0,4 mm 0,063 mm | ≤50 ≤30 ≤15 | - ≤50 ≤25 | - >50 ≤10 | - ≤35 | - ≤35 | - ≤35 | - ≤35 | - >35 | - >35 | - >35 | - >35 | - >35 | |
| Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 mm LL (Limite liquido) IP (Indice di plasticità) | - ≤6 | - ≤6 | - N.P. | ≤40 ≤10 | >40 ≤10 | ≤40 >10 | >40 >10 | ≤40 ≤10 | >40 ≤10 | ≤40 >10 | >40 >10 IP ≤ LL-30 | >40 >10 IP > LL-30 | |
| Indice di gruppo | 0 | | 0 | 0 | ≤4 | | | ≤8 | ≤12 | ≤16 | ≤20 | | |
| Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo | Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane | | Sabbia fina | Ghiaia o sabbia limosa o argillosa | | | | Limi poco compressibili | Limi molto compressibili | Argille poco compressibili | Argille molto compressibili e mediamente plastiche | Argille molto compressibili e molto plastiche | Torbe di recente o remota formazione, detriti organici |
| Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo | Da eccellente a buono | | | | | Da mediocre a scadente | | | | | | | Da scartare |
| Azione del gelo sulle qualità portanti | Nessuna o lieve | | Media | | | | Molto elevata | | Media | Elevata | Media | | |
| Ritiro e rigonfiamento | Nullo | | Nullo o lieve | | | | Lieve o medio | | Elevato | Elevato | Molto elevato | | |
| Permeabilità | Elevata | | Media o scarsa | | | | | | Scarsa o nulla | | | | |
| N.P. = non plastico; - = Non necessario per la classificazione. | | | | | | | | | | | | | |

© UNI

Figura 99. Prospetto 1. Classificazione delle terre UNI 11531-1:2014

3.5. DESCRIZIONE TRACCIATO NUOVE CONDOTTE – INDICAZIONI PROGETTUALI SPECIFICHE

Gli scavi a sezione ristretta/obbligata che dovranno essere realizzati lungo l'intero sviluppo del tracciato avverranno, data lo sviluppo lineare delle opere, su tipologie di terreno differenti. Nei paragrafi che seguono si forniscono al tecnico progettista alcune indicazioni specifiche in funzione delle condizioni del terreno riscontrate al momento del sopralluogo.

Per quanto riguarda la percentuale di scavo in roccia questa può essere in linea semplificata considerata come segue:

- ✓ 25 % nel tratto di realizzazione delle condutture per la derivazione delle acque in zona Ossera – 124° Reggimento e Pocc;
- ✓ 10 % nei rimanenti tratti.

Le indicazioni vengono fornite per tratti omogeni. Nella tavola Geo.2 si riporta l'ubicazione di alcune foto ritenute significative per

3.5.1. NUOVE CONDOTTE DI DERIVAZIONE PRESSO LOCALITÀ OSSERA

Gli scavi avverranno in un'area topograficamente decisamente acclive interessando depositi di origine gravitativa e, in parte, anche il substrato roccioso che si colloca a poca profondità dal p.c.. Potranno essere intercettati lungo il percorso massi di dimensioni anche notevoli. Nel tratto specifico si riscontrano alcune criticità operative dettate in maggior luogo dalla acclività e dalla necessità di attraversare alcune valleciole piuttosto incise nelle quali non si esclude l'instaurarsi di fenomeni di tipo erosivo e/o torrentizio. Nei tratti specifici si potrà intervenire con la posa di contro tubazioni o ancoraggi puntuali delle condutture mediante chiodature.

Di seguito le foto scattate lungo il tratto individuato



**VALLECOLE INCISE PRESSO LOCALITA' OSSERA – VALUTARE CONTROTUBAZIONE O ANCORAGGIO.
IL SUBSTRATO E' UBICATO A POCHI DECIMETRI DAL P.C.**



**IL SUBSTRATO E' UBICATO A POCHI DECIMETRI
DAL P.C. – AREA SORGENTI OSSERA**

3.5.2. NUOVE CONDOTTE DI DERIVAZIONE PRESSO LOCALITÀ POCC

Gli scavi avverranno in un'area topograficamente poco acclive interessando depositi di origine prevalentemente gravitativa ovvero terreni di riporto per la realizzazione della banchina stradale. Potranno essere intercettati lungo il percorso massi di dimensioni anche notevoli. Non si ravvisano particolari criticità operative, tuttavia dovrà essere prestata particolare attenzione nel ripristinare le aree interessate da movimenti terra per impedire il dilavamento del terreno successivamente l'interramento delle condutture.

Di seguito le foto scattate lungo il tratto individuato

Di seguito le foto scattate lungo il tratto individuato.



3.5.3. NUOVE CONDOTTE DISTRIBUZIONE NEI PRESSI DELLE ABITAZIONI ESISTENTI

Gli scavi avverranno in un'area topograficamente poco acclive interessando depositi di origine prevalentemente glaciale. Potranno essere intercettati lungo il percorso massi di dimensioni anche notevoli. Non si ravvisano particolari criticità operative, tuttavia dovrà essere prestata particolare attenzione nel ripristinare le aree interessate da movimenti terra per impedire il dilavamento del terreno successivamente l'interramento delle condutture.

Di seguito le foto scattate lungo il tratto individuato



Presenza di blocchi di notevoli dimensioni





3.5.4. NUOVE CONDOTTE DI DISTRIBUZIONE IN TRATTI BOSCATI E ACCLIVI

Gli scavi avverranno in un'area topograficamente da poco a moderatamente acclive interessando depositi di origine gravitativa. Potranno essere intercettati lungo il percorso massi di dimensioni anche notevoli. Nel tratto specifico si riscontrano moderate criticità derivanti dalla necessità di aprire fronti di scavo in aree pendenti aumentando così sia lo sforzo sia logistico del cantiere che di sicurezza. Durante le operazioni di movimentazione del terreno si dovrà porre attenzione alla movimentazione dei massi che potrebbero rotolare a valle. Inoltre, si ritiene che gli scavi vadano necessariamente affrontati per brevi tratti assicurandosi di richiudere i tratti terminati nel più breve tempo possibile per scongiurare effetti erosivi concentrato durante eventi meteo intensi.



TRATTO ACCLIVE PRESSO ACQUA DEL POCC



TRATTO ACCLIVE PRESSO ACQUA DEL POCC



TRATTO ACCLIVE DI DISTRIBUZIONE CHE CONDUCE VERSO LOCALITA' SOM

4. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le opere in progetto richiedono interventi che daranno origine a materiale di scavo che potrà essere eventualmente riutilizzato come sottoprodotto.

Si sottolinea che tali materiali sono sottoposti alla disciplina che regola l'utilizzo e la destinazione di terre e rocce da scavo [articoli 185 e 186 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"]; nel caso dell'allontanamento dei materiali derivanti dallo scavo dalle aree di cantiere o nella necessità di riportarne per la creazione di rilevati o drenaggi, ma anche in caso di riutilizzo in sito del materiale escavato, si rende necessario predisporre l'esecuzione di analisi chimiche sul materiale derivante dallo scavo e su quello di riporto alloctono.

Sulla Gazzetta Ufficiale n. 183 del 7 agosto 2017 è stato pubblicato il Decreto del Presidente della Repubblica (DPR n. 120 del 13 giugno 2017) relativo al Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, entrato in vigore il 22 agosto 2017; si rileva che per i cantieri di piccole dimensioni (volume scavo <6.000 m³) ed i cantieri di grandi dimensioni (volume scavo >6.000 m³) non soggetti a VIA o AIA è il "produttore" (*ndr. colui che produce le terre da scavo*) che deve attestare la sussistenza dei requisiti per la gestione come sottoprodotti dei materiali scavati mediante la compilazione del Modulo Allegato 6 del DPR in oggetto e presentazione al Comune del luogo di produzione e all'Agenzia di protezione ambientale competente per territorio, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori di scavo (art. 20-21-22).

Per quanto si riferisce alla gestione e smaltimento delle terre e rocce da scavo, ed ai relativi moduli di comunicazione, si dovrà fare riferimento alla normativa vigente.

5. ASPETTI AMBIENTALI – GESTIONE CANTIERE, MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE

Le opere in previsione sono previste in fregio ad opere molto importanti dal punto di vista strategico in quanto atte si prevede la loro captazione e trasporto per destinarle al consumo umano. Per questo fatto la risorsa deve essere in ogni modo tutelata anche da possibili fatti accidentali che non si possono escludere nelle aree di cantiere. Pur riscontrando che la normativa vigente non solleva alcun aspetto pregiudiziale nei confronti delle opere previste; di seguito si forniscono alcune indicazioni operative per evitare che le lavorazioni possano in qualche modo interferire con il sottosuolo e la risorsa idrica.

5.1. GESTIONE CANTIERE

La gestione del cantiere è un aspetto fondamentale per limitare ogni possibile incidente di tipo ambientale.

In fase esecutiva andranno concordate le procedure per la gestione dei macchinari e delle sostanze tra DL e la ditta incaricata. Nello specifico:

- dovranno essere adeguatamente pianificate e trasmesse alle maestranze tutte le procedure per le operazioni inerenti al carico, lo scarico e la movimentazione di taniche e serbatoi di carburante e oli all'interno dell'area di cantiere prevedendo l'utilizzo di contenitori stagni;
- l'area di cantiere dovrà prevedere l'approntamento di una piazzola o un'area comunque isolata su cui dovranno essere stoccati i serbatoi e i materiali edili. Questa andrà possibilmente allestita al di fuori dell'area di rispetto idrogeologico o di tutela assoluta attorno le opere di presa;
- I macchinari e gli attrezzi che verranno utilizzati durante le fasi di scavo, demolizione e costruzione dovranno essere in perfetto stato senza che vi siano perdite dagli impianti oleodinamici.

5.2. AZIONI DI MITIGAZIONE IN CASO DI SVERSAMENTI

In corso d'opera nel caso in cui avvenissero sversamenti accidentali di oli od idrocarburi o altre sostanze essere adottate misure di primo intervento per scongiurare possibili danni alle risorse idriche sotterranee. È quindi indispensabile che la ditta incaricata si adotti di alcuni dispositivi che permettano di apprestare le prime misure di contenimento.

Nella fattispecie dovranno essere a disposizione: Cuscini, panni e rotoli assorbenti. Al progettista incaricato si propongono alcuni articoli esemplificativi che potranno essere sostituiti con analoghi dalle stesse caratteristiche tecniche. La caratteristica idrorepellente di questi dispositivi garantisce un'ottima capacità di galleggiamento. Questi prodotti infatti non assorbono acqua, acidi, basici, alcali, detergenti e gas disciolti in acqua. Essi possono essere utilizzati negli ambienti di lavoro per prevenire e tamponare sversamenti accidentali oppure possono essere utilizzati sulla superficie di acque contaminate. Il metodo di utilizzo prevede che i prodotti assorbenti vengano posizionati sotto a rubinetti, giunzioni o parti ammalorate, o comunque in qualsiasi situazioni dove sia possibile la perdita di oli. Una volta saturo, il cuscino o il panno utilizzato andrà raccolto e posizionato in apposito sacco o contenitore.



Figura 100. Prodotti assorbenti per il contenimento degli oli sversati

Sul mercato esistono anche dei kit che potrebbero essere disposti all'interno del cantiere e utilizzati nel caso di emergenza. I kit di pronto intervento, facilmente trasportabili, sono la soluzione più semplice ed immediata da utilizzare in caso di sversamenti e perdite accidentali di sostanze pericolose ed inquinanti.

L'importanza di intervenire tempestivamente e con i giusti prodotti in determinate situazioni, garantisce un risultato efficace ed immediato nelle operazioni di ripristino di terreni, falde acquifere e ambienti di lavoro.

Sul mercato esistono differenti linee di prodotti assorbenti contenuti all'interno di contenitori, a loro volta differenziati in svariate tipologie, al fine di facilitare il cliente nella scelta del kit più idoneo all'ubicazione e alle sostanze che dovranno assorbire.

I prodotti assorbenti contenuti all'interno dei kit sono assorbenti industriali in polipropilene nei formati: panni, cuscini e salsicciotti. Sono caratterizzati da un alto potere assorbente ed un'ottima praticità di utilizzo.



Figura 101. Esempio Kit antisversamento disponibili sul mercato

6. CONSIDERAZIONI FINALI SULLA MODELLAZIONE GEOTECNICA

I sopralluoghi condotti hanno permesso di definire il modello geologico sito-specifico grazie al quale sono stati individuati su base correlativa i parametri geotecnici caratteristici del sottosuolo sufficientemente affidabili per confermare la fattibilità degli interventi programmati ed indirizzare le scelte progettuali.

Il documento fornisce le informazioni di indirizzo e le buone pratiche da adottare necessarie per una corretta realizzazione degli interventi in previsione alla luce delle caratteristiche geologiche del sito e delle possibili criticità individuate.

Nei vari capitoli dedicati sono stati approfondite, quindi, le tematiche relative ai fronti di scavo provvisori, per i quali è stato fornito il massimo angolo di scarpata da adottarsi nelle diverse lavorazioni previste; agli aspetti correlati al corretto dimensionamento delle opere di fondazione delle strutture rilevanti dal punto di vista edile (nuovi serbatoi Ossera e Pocc) e ad alcuni aspetti in merito ai possibili sistemi per la protezione e stabilizzazione del suolo a seguito della movimentazione del terreno (biotessili).

Nel capitolo dedicato è ripercorso con dettaglio l'intero tracciato delle nuove condutture fornendo una prima indicazione sulla percentuale di roccia che potrà essere intercettata durante gli scavi a sezione obbligata.

Sono fornite, inoltre, alcune indicazioni di carattere generale da adottarsi nell'organizzazione del cantiere volte alla minimizzazione del rischio di sversamenti nel sottosuolo da evitarsi in maniera più assoluta nei pressi delle aree di alimentazione delle sorgenti presenti lungo il versante.

Le indicazioni e previsioni contenute nel presente elaborato dovranno essere validate in corso d'opera quando si avrà la possibilità di visionare il sottosuolo a seguito dei primi scavi di sbancamento. Si raccomanda, quindi, la supervisione del geologo per adeguare gli interventi alle situazioni riscontrate in corso d'opera e supervisionare la fase realizzativa di quanto assunto valenza geotecnica.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni", fa riferimento alla relazione geologica del progetto definitivo e costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare. La presente relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno riguarda la fase del progetto definitivo e dovrà essere integrata in fase esecutiva con tutte le previste verifiche della sicurezza e delle prestazioni di cui al capitolo 6.2.3. delle NTC.

Pinzolo, MARZO 2024

Il tecnico geologo

Dott. Giuliano Lorenzetti

