STUDIO GEOLOGICO PIAGGI
DOTT. GEOL. LUCA PIAGGI

Iscrizione n°568 Sez. A Ordine dei Geologi della Liguria
Via Genova 442, La Spezia (Sp), Cap. 19123
e-mail: lucapiaggi@gmail.com
PEC: lucapiaggi@pec.epap.it
Cell. 3299710732
C.F.: PGGLCU81P05E463S
P.IVA: 01268130117
SDI: KRRH6B9

Spett.le

REGIONE LIGURIA

DIREZIONE GENERALE AMBIENTE

Settore Valutazione Impatto Ambientale e sviluppo sostenibile

Oggetto: Risposta alla richiesta di integrazioni alla relazione di ottemperanza S1026 – Procedimento di Verifica di assoggettabilità a VIA sul progetto di "*Riattivazione del complesso estrattivo della cava di ardesia denominata "Piazza dei Ratti" nel comune di Orero (GE)*" Proponente: Leani Slate S.r.l. *Avvio Verifica ottemperanza condizioni ambientali contenute nel DD n. 4001/2025 del 29.05.2025*

A seguito di quanto ricevuto si risponde a quanto richiesto.

Condizione ambientale n. 2

Per quanto riguarda la risposta sulle modalità di gestione delle acque reflue derivanti dalle operazioni di taglio è stato specificato che non verrà utilizzata acqua durante l'impiego di tagliatrice a catena. Nella documentazione si fa riferimento ad ulteriori analisi per l'individuazione di acquiferi senza specificare il tipo di approfondimento condotto e l'esito che ne ha determinato la risposta. Non sono state esposte sia le modalità di gestione, sia le procedure relativamente ad eventuali circolazioni idriche sotterranee che si potranno intercettare durante la coltivazione della cava, fatta salva l'affermazione generica "*Eventuali acque naturali che si dovessero incontrare durante le fasi di scavo verranno correttamente regimate per evitare commistioni con le lavorazioni*". Nell'ottica di trovare riscontro all'ottemperanza della condizione ambientale n. 2 del D.D. n. 4001/2025 del 29.05.2025 è stata presa in esame anche la relazione tecnica allegata alla comunicazione in oggetto, in cui il progettista fa riferimento ad una corretta regimazione delle acque da realizzare nell'eventualità di incontrare circolazioni idriche sotterranee durante la coltivazione del giacimento. A tale proposito, alla luce delle indagini svolte in tal senso, si evince che, ad oggi, non si può escludere la possibilità di intercettare acque di infiltrazione nell'ammasso roccioso durante l'avanzamento dell'estrazione in sotterraneo.

Condizione ambientale n. 3

Vista la "*Relazione di ottemperanza alle condizioni ambientali*", contenuta nella documentazione integrativa, nella quale in risposta a quanto chiesto viene riferito che "*dalle ulteriori analisi effettuate non si è rilevata la presenza di falda acquifera, acquiferi, flussi sotterranei*" e considerato che alla suddetta relazione non viene allegata alcuna documentazione attinente alle suddette ulteriori indagini effettuate, si ritiene che quanto prodotto non risponda in modo esauriente alla condizione ambientale.

La condizione ambientale n. 3, dal punto di vista della tutela ambientale, si allinea alla condizione ambientale n. 2 da cui risalta l'importanza di fornire un riscontro derivante da indagini di tipo idrogeologico (e non solamente a livello visivo) poiché dalla risposta fornita dal progettista non è specificato né il tipo, né il numero di verifiche effettuate e non vi sono rapporti di prova in merito. Esaminando la documentazione disponibile, inoltre, risulta attualmente che nel sotterraneo vi siano già evidenze sull'intercettazione di acque sotterranee anche solo in considerazione dei rilievi fotografici che evidenziano la presenza di umidità su pilastri e camere unitamente ai ristagni di acqua e fango sulle piste di transito e nelle camere più basse a dimostrazione della presenza di acqua proveniente dalla circolazione sotterranea per quanto concerna la cava esistente. Relativamente alla regimazione delle acque in prossimità degli imbocchi, dalla documentazione fotografica si rileva la presenza di una griglia per la raccolta delle acque meteoriche non rappresentata negli elaborati progettuali allegati ai fini dell'ottemperanza della condizione ambientale in esame.

Risposta: Si ritiene opportuno approfondire il panorama dell'idrogeologia della zona e più in generale del litotipo in oggetto (ardesia o slate).

Si tratta infatti, come è noto, di un litotipo sostanzialmente impermebile e/o molto poco permeabile.

In particolare, si ha ardesia intatta: permeabilità molto bassa — spesso micro- o nano-darcy (valori di conduttività idraulica molto piccoli, tipicamente $\ll 10^{-8}$ m/s).

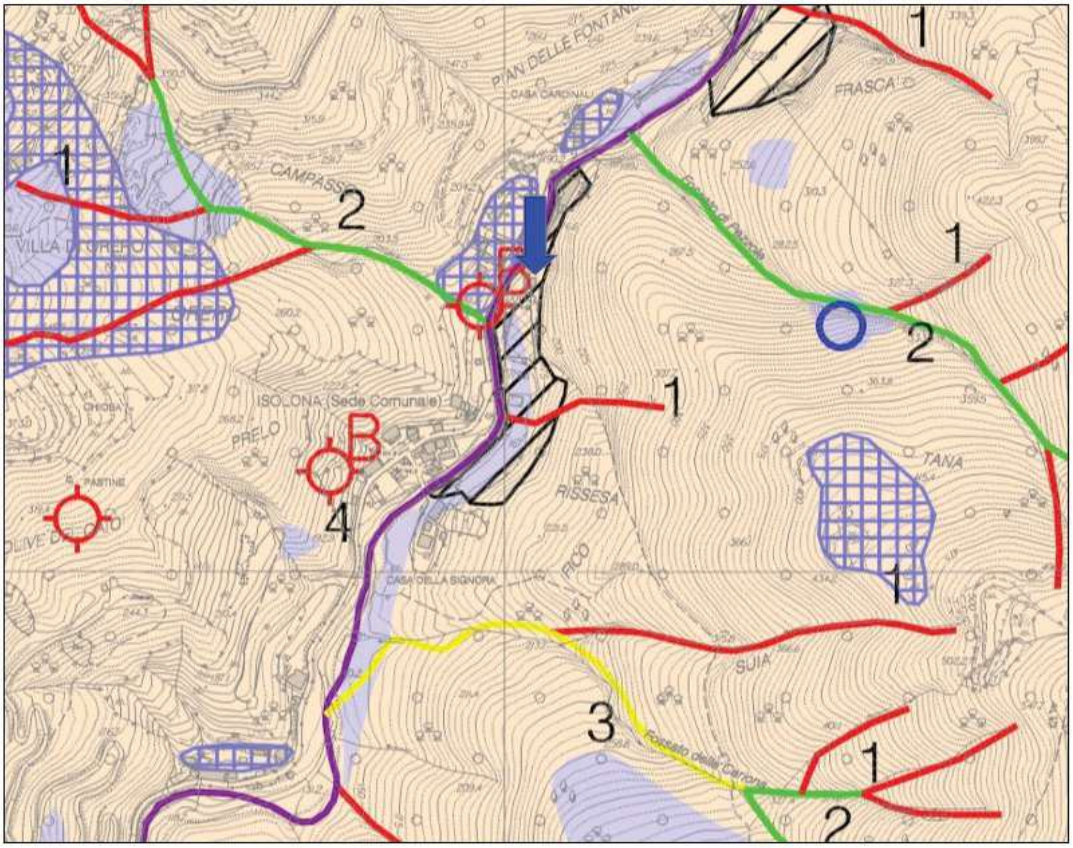
Ardesia fratturata / con foliazione fissile: la permeabilità può aumentare di 2–3 ordini di grandezza se sono presenti fratture/giunti continui e connessione tra di essi; il flusso è fortemente anisotropo (preferenziale lungo la foliazione).

In particolare argilliti poco fessurate, come quelle in oggetto, con alti valori di RMR hanno una permeabilità bassissima ed estremamente localizzata esclusivamente nelle eventuali fratture.

Ordine di grandezza tipico (matrice): **$K \approx 10^{-16} - 10^{-9}$ m/s** nelle prove di laboratorio su rocce a grana fine / mudstone / slate; valori molto bassi sono comuni (praticamente impermeabili). (es.: studi su mudstones/slates mostrano K da $\sim 10^{-16}$ a 10^{-8} m/s).

Come riportato anche dalla carta idrogeologica del Piano di Bacino, e dal sito ISPRA, che si allegano di seguito, infatti, il litotipo è classificato come impermeabile.

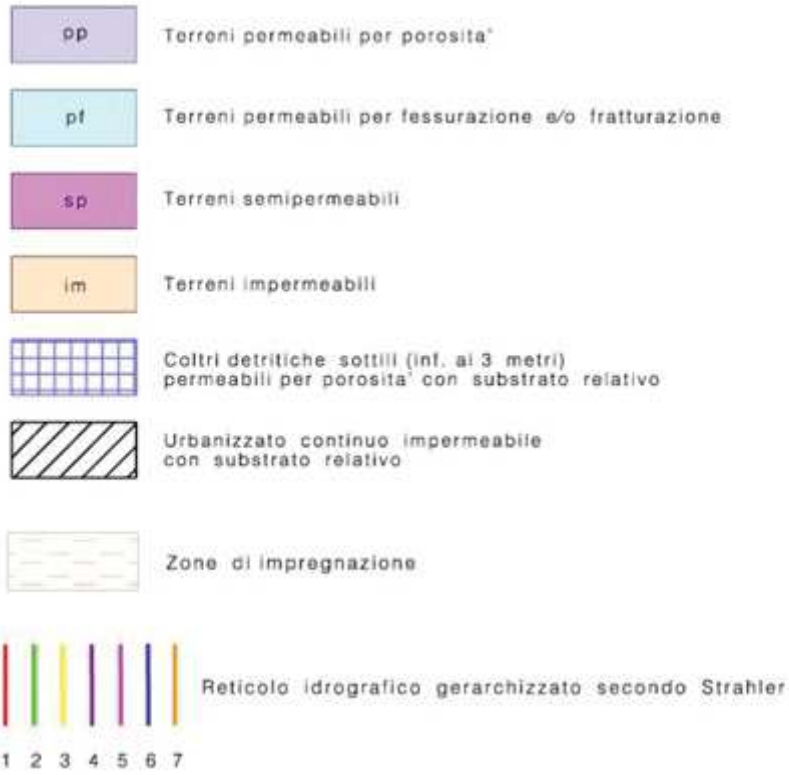
A maggiore riprova di ciò anche il sito di Regione Liguria, geoportale regionale, analizzando le derivazioni di acqua presenti nell'areale si nota subito che siano esclusivamente dentro i rii o al limitare degli stessi, nelle modeste pianure alluvionali esistenti, ma mai sul litotipo in esame.



CARTA IDROGEOLOGICA - PIANO DI BACINO TORRENTE LAVAGNA

LEGENDA

Ingresso cava in sotterraneo



Pozzi e/o derivazioni d'acqua

- A uso potabile
- B uso industriale
- C uso irriguo
- D uso misto

Sorgenti captate

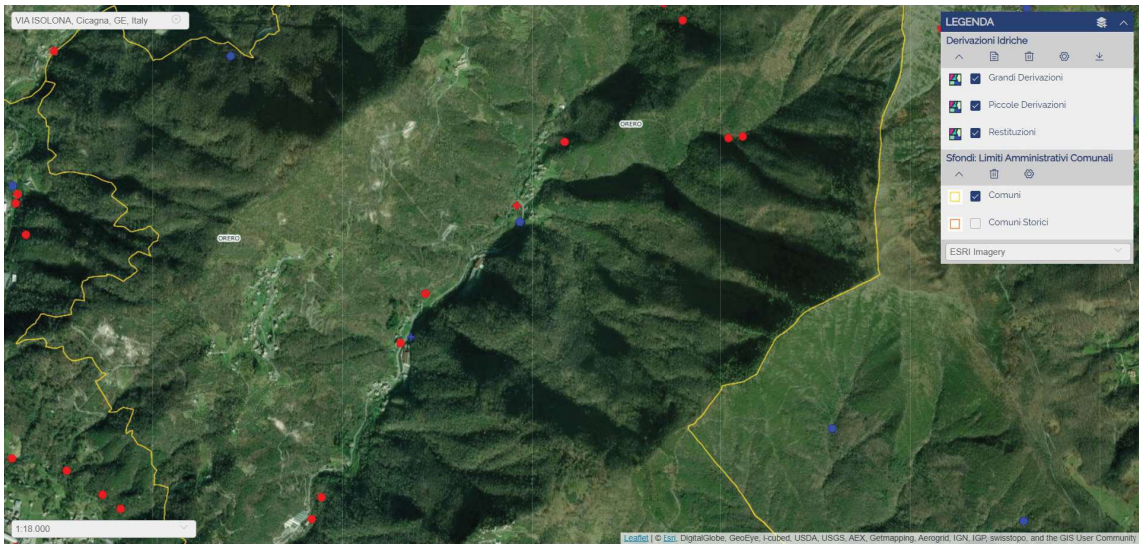
- A uso potabile
- B uso industriale
- C uso irriguo
- D uso misto

Sorgenti non captate



Carta ISPRA della permeabilità scala 1:100000

- *Value:* P1
  Label: P1 Permeabilità alta / Porosità
  Description: N/A
  Symbol:
- *Value:* P2
  Label: P2 Permeabilità media / Porosità
  Description: N/A
  Symbol:
- *Value:* P3
  Label: P3 Permeabilità bassa / Porosità
  Description: N/A
  Symbol:
- *Value:* P4
  Label: P4 Permeabilità molto bassa / Porosità
  Description: N/A
  Symbol:



Derivazioni di acqua presenti nell'areale: Fonte Geoportale.

E' opportuno poi soffermarsi su un aspetto sottolineato nella richiesta di osservazioni, ovvero la presenza di umidità sulle pareti e la presenza di griglie per la regimazione di acqua.

Per quanto riguarda l'umidità riscontrata nelle fotografie è opportuno introdurre il concetto di condensa:

- La condensa si forma quando l'aria (con una data temperatura e umidità relativa) viene raffreddata al di sotto della sua temperatura di rugiada (dew point) rispetto alla parete. Se la temperatura superficiale della parete è inferiore alla temperatura di rugiada, il vapore condensa sulla parete.
- In gallerie/cave l'aria in ingresso (calda e umida) che viene raffreddata da pareti relativamente fredde porta a condensazione diffusa o locale. Ventilazione, stagionalità e caratteristiche termiche del massiccio controllano il fenomeno. (A Review of Ventilation and Environmental Control of Underground Spaces Bin Yang Huangcheng Yao Faming Wang)

Temperatura di riferimento per Orero (valori tipici)

- Temperatura media annuale in Liguria: ~12–14 °C (varia per luogo, ma ordine di grandezza) — la temperatura interna di cave profonde tende a stabilizzarsi vicino alla temperatura media esterna annua. Pertanto è realistico assumere una temperatura di parete di cava intorno a ~12 ± 2 °C salvo riscaldamenti o correnti d'aria calda. (https://en.climate-data.org/europe/italy/liguria-359/)

Calcoli esemplificativi (punto di rugiada)

- Formula usata: Magnus-Tetens - Esempi sintetici (calcoli esemplificativi):
    - Aria entrante 20 °C con 80% UR → dew point ≈ 16.4 °C → se parete a 12 °C → condensa (poiché parete < dew point).
    - Aria 15 °C / 80% UR (umidità relativa) → dew point ≈ 11.6 °C → parete 12 °C ⇒ no condensa.
    - Aria 12 °C / 90% UR → dew point ≈ 10.4 °C → parete 12 °C ⇒ no condensa (ma piccola riserva).
    - Aria 10 °C / 90% UR → dew point ≈ 8.4 °C → parete 8 °C ⇒ condensa.

(Questi esempi mostrano che in presenza di aria estiva calda e umida la condensa nelle cave è altamente probabile; anche correnti d'aria umida estiva che entra nella cava possono condensare sulle pareti più fredde). (Calcoli numerici basati su Magnus-Tetens). (A Review of Ventilation and Environmental Control of Underground Spaces Bin Yang Huangcheng Yao Faming Wang)

A titolo di utilità si riporta un utile calcolatore on line https://www.kefasystem.com/it/informazioni/calcolo-del-punto-di-rugiada/

Studi recenti su tunnel e gallerie mostrano chiaramente come la ventilazione non controllata di aria umida (ad esempio nella stagione delle piogge) provochi condensazione diffusa, formazione di gocciolamenti e incremento di umidità superficiale; la gestione del microclima è il tema centrale negli studi di ventilazione/controllo ambientale. (Effect of ventilation on thermal and humidity environment of the underground utility tunnel in the plum rain season in southern China: Field measurement and CFD simulation Huixin Ma a, Xuanyi Zhou a, Jian Huang)

Effetti pratici nella cava

- Gocciolamenti osservati in cave di ardesia sono spesso spiegabili con condensa di aria umida. La condensa è continua o stagionale; può dare drenaggi apparenti anche su pareti assolutamente poco permeabili.
- Gli scambi termici (parete più fredda), ventilazione fresca/umida, e variazioni stagionali possono generare quantità d'acqua sufficienti a creare pozze localizzate o scorrimento superficiale, ma non costituiscono una falda freatica.

La presenza di una rete di regimazione superficiale (già presente nella cava) nella zona di passaggio (non zona di lavorazioni e non zona in disponibilità, né tanto meno oggetto di progettazione) è volta infatti sia a regimentare le acque provenienti dai vari ingressi (uscite di emergenza in particolare), sia l'acqua di condensa.

Bibliografia

- Cook P.G. (2003). A guide to regional groundwater flow in fractured rock aquifers. CSIRO/WA Government.
- Sharp J.M. (2014). Fractured-Rock Hydrogeology. CRC/Taylor & Francis.- Cheng C., et al. (2021). Long-Term Evolution of Fracture Permeability in Slate. Geosciences (MDPI).
- - Vinsot A., et al. (2011). Pumping tests in a low permeability rock (Callovo-Oxfordian argillaceous rock).
- Dwinagara B., et al. (2021). Permeability Value Estimation Based on Rock Mass Rating.- Li X., et al. (2020). Hydraulic Conductivity Behaviors of Karst Aquifer. Frontiers in Earth Science.
- Tamburini A., et al. (2020). Groundwater Circulation in Fractured and Karstic Aquifers. Water (MDPI).- Yang B., et al. (2022). A Review of Ventilation and Environmental Control for Tunnels (condensation). Energies (MDPI).
- Ma H., et al. (2023). Effect of ventilation on thermal and humidity environment in underground spaces.- Beaucaire C., et al. (2008). Water–rock interactions in argillaceous rocks.- Studies on Callovo-Oxfordian argillite and repository research (various institutional reports).
- Matthews (case study). Interactions between groundwater and cavity in slate mines.
- Schuchová K., et al. (2023). Geomorphology of abandoned underground slate mines.
- Pasquale V., Verdoya M., Chiozzi P. (2011). Groundwater flow analysis — Acqui Terme area (NW Italy).
- Colombo L., et al. (2013). Flow modelling of dual permeability systems.- Hussain Y., et al. (2022). Hydrogeophysical Characterization of Fractured Aquifers.- EPA / WA fractured rock hydrogeological assessment (guidance report).
- McGrory E., et al. (2021). Arsenic in fractured bedrock aquifers — occurrence and geochemistry.- Lachassagne P., Wyns R., Dewandel B. (2011-2021). Hydrogeology of weathered crystalline/hard-rock aquifers.- Guihéneuf N., et al. (2014). Groundwater flows in weathered crystalline rocks.
- Terrone M., et al. (2021). Groundwater resources in a fractured-rock aquifer — mapping and management.- Rizzo P., et al. (2020). Low-permeability fault zones effect on groundwater flow in carbonate aquifers.- Proceedings IAH / fractured rock hydrogeology workshops and conference volumes.- ResearchGate / preprints on fracture permeability in slate and groundwater in fractured slate aquifers.
- Regional documents: Carta geologica della Liguria (1:200k) and note illustrative; Relazioni monografiche Piano di Tutela delle Acque Regione Liguria.

- Guides on packer testing and field permeability testing in fractured rocks (standard manuals).- Key textbooks and review articles on karst hydrogeology (e.g., Gabrovšek reviews).
- *TRANSMISSIVITY VARIATIONS IN MUDSTONES Alan M. MacDonald, Hydrogeologist, British Geological Survey, Murchison House, West Mains Road, Edinburgh, EH9 3LA, UK amm@bgs.ac.uk +44-131-6500389 Simon J. Kemp, Clay Mineralogist, British Geological Survey, Keyworth, NG12 5GG Nottingham, UK Jeff Davies, Hydrogeologist, British Geological Survey, MacLean Building, Crowmarsh Gifford, Wallingford, Oxfordshire. OX10 8BB, UK.*
- *Long-Term Evolution of Fracture Permeability in Slate: An Experimental Study with Implications for Enhanced Geothermal Systems (EGS) Chaojie Cheng Johannes Herrmann Bianca Wagner Bernd Leiss Jessica A. Stammeier Erik Rybacki Harald Milsch*

Conclusioni: si ritiene di avere dimostrato in maniera chiara che nelle ardesie è molto poco probabile, se non impossibile, la presenza di falda. Non si conoscono infatti falde note nella zona, anche in altre cave di ardesia, ne pozzi. Non si conosce poi metodo più diretto ed efficace di una visione diretta tramite lo scavo della cava, infatti sia il metodo geofisico, che la perforazione di carotaggio esplorativi idrogeologici forniscono esclusivamente una versione parziale e localizzata su una linea e/o (ancora peggio) una verticale.

Si esclude quindi, dai dati ottenuti sino ad oggi, la presenza di falda propriamente detta, ovvero la presenza di un acquifero. E' plausibile, nella porzione più apicale della cava (dove non avverrà l'estrazione, non si ha proprietà e NON si è effettuata progettazione) una limitata presenza di acqua proveniente dall'esterno, per percolazione su fratture/accesso da uscite di emergenza/condensa; per la limitatissima portata tale quantità di acqua è facilmente gestibile dalla canalizzazione esistente, tramite le grate e canalette già esistenti e funzionanti.

Nelle porzioni più in profondità invece le fratture sono minori, e aumenta la distanza dall'esterno, diminuendo progressivamente la possibilità di percolazione dell'acqua.

Dimostrazione di ciò è appunto l'assenza di venute di acqua in tutte le aree oggetto di lavorazione futura.

Sarà ovviamente cura della ditta la regolare manutenzione delle canalette esistenti e/o il loro eventuale ripristino, poiché essendo stata chiusa la cava per alcuni decenni è plausibile che la rete idraulica artificiale abbia subito potenzialmente alcuni danneggiamenti.