



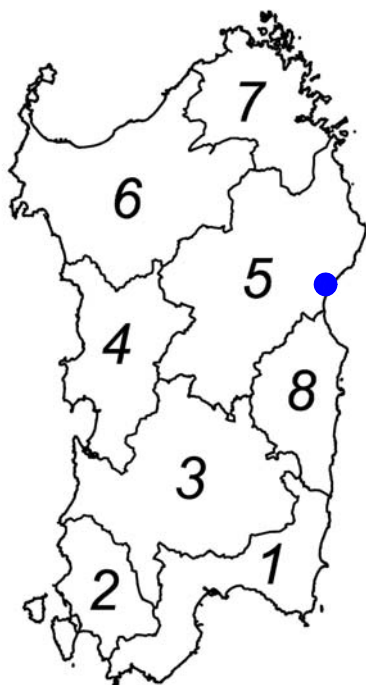
REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



ENTE DI GOVERNO  
DELL'AMBITO DELLA SARDEGNA

ABBANOIA S.p.A.

GESTORE UNICO DEL SERVIZIO IDRICO  
INTEGRATO DELLA REGIONE SARDEGNA



*Imprese esecutrici*

*Geologo*

Dott. Geol. Teresa Cossu

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

STUDIO CAPPELLA S.R.L.

CLAUDIO PINTORE  
Ingegnere

Dott. geol.  
Teresa Cossu

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Adeguamento dell'impianto di depurazione  
di Dorgali Cala Gonone

Piano Regionale delle Infrastrutture DGR 22/1 del 07.05.2015 e 31/3 del 17.06.2015  
intervento "ID e.20F"

*Direzione Generale*

Il Responsabile  
Dott. Sandro Murtas

*Settore Complesso GAP*

Il Responsabile

*UB Mutuo PRS 31-3/2015*

Il Responsabile  
Ing. Davide Deidda

*Responsabile del Procedimento*

Ing. Alessio Mulas

*Progettisti*

Ing. Federico Olivotti

*Collaboratori*

Ing. Andrea Raccoivelli

CODICE ELABORATO  
e.20F\_CAPPFAR002R1

NUMERO ELABORATO  
02

TITOLO ELABORATO  
Relazione Geologica preliminare

SCALA ELABORATO  
-

Rev.	DATA	DESCRIZIONE/MODIFICA	REDATTO DA	VERIFICATO DA	APPROVATO DA
R0	19 Aprile 2019	Prima emissione	Dott. Geol. Teresa Cossu	Dott. Geol. Teresa Cossu	Ing. Federico Olivotti
R1	9 settembre 2019	Seconda emissione	Ing. Andrea Raccoivelli	Ing. Alessandro Gregorin	Ing. Federico Olivotti

## **Sommario**

1. Premessa.....	2
2. Principali riferimenti normativi e bibliografici .....	3
3. Ubicazione del sito di intervento e inquadramento cartografico.....	5
4. Inquadramento dell'area di intervento nel P.A.I., nel P.S.F.F. e nel P.G.R.A.....	6
5. Sintesi del contesto geologico a scala dell'area vasta .....	9
6. Assetto geologico di inquadramento. Definizione dell'origine e natura dei litotipi presenti nell'area in esame .....	12
7. Situazione litostratigrafica locale .....	18
8. Lineamenti geomorfologici, processi morfologici e considerazioni in merito alla pericolosità geologica del sito di intervento .....	20
9. Lineamenti idrogeologici .....	25
10. Modello geologico preliminare del sito di intervento .....	26
11. Sismicità.....	28
12. Conclusioni.....	28

## **1. Premessa**

Il presente elaborato Relazione Geologica, redatto per conto della Società Abbanoa spa dalla sottoscritta geol. Teresa Cossu, è parte integrante degli elaborati necessari per l'espletamento dell'iter progettuale dello Studio di Fattibilità Tecnico Economica per la realizzazione dell'intervento di *“Revamping dell'impianto di Dorgali Cala Gonone - PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA”*.

Il presente elaborato ed i relativi allegati sono stati redatti in conformità alla normativa vigente a corredo del Progetto summenzionato, del quale costituiscono parte integrante e non diversamente utilizzabile per scopi ed interventi differenti da quelli di destinazione, illustrati nel seguito.

La Relazione Geologica è finalizzata a fornire l'inquadramento geologico del sito di intervento alla scala di bacino e la modellazione geologica preliminare del sottosuolo, eseguita sulla base del rilevamento geologico di superficie e di dati di bibliografia tecnica, così da poter evidenziare ed affrontare in sede di progettazione di fattibilità tecnico-economica eventuali criticità di natura geologica connesse alle opere che si intende realizzare. Si è dunque proceduto con l'identificazione delle formazioni prevalenti e la descrizione dell'assetto strutturale e, a scala di intervento, con la definizione delle principali caratteristiche dei litotipi in affioramento e dei loro rapporti stratigrafici. L'elaborato riporta inoltre l'inquadramento geomorfologico a scala di bacino e a scala di intervento, con individuazione delle forme prevalenti, del loro grado di evoluzione e delle possibili problematiche di dissesto potenziale e/o in atto, e l'inquadramento idrogeologico preliminare del sito.

La Relazione geologica introduce le tematiche necessarie alla valutazione della compatibilità del progetto con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche del territorio, analizzando gli aspetti connessi alla pericolosità geologica in rapporto alla pericolosità intrinseca del territorio ed agli effetti delle opere.

Per la stesura della Relazione Geologica e della cartografia tematica a corredo si è fatto riferimento, oltre che alle risultanze del rilevamento in situ a scala locale, anche a studi geologici e geomorfologici di bibliografia tecnica condotti nell'area in cui si inquadra l'intervento.

### **1.1. Sintesi delle previsioni progettuali**

Per la descrizione delle previsioni progettuali si rimanda alle relazioni tecnico-descrittive di Progetto. Di seguito si riporta uno stralcio cartografico della Tavola di progetto *“Planimetria generale post operam”*, in cui si evidenziano in rosso gli interventi in progetto, che si concentrano sul lato Ovest e Nord-Ovest dell'area di pertinenza del depuratore.





- Eurocodice 8 (1998)
- Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture: Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).
- Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali – UNI
- Eurocodice 7.2 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI
- D.M. 11/03/1988 (G.U. 1-6-1988, n. 127 suppl.). “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”, e relativa Circolare di applicazione LL.PP. 24-09-1988 n. 30483 (Pres. Cons. Superiore - Servizio Tecnico Centrale).
- *Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.* Norme in materia ambientale (T.U. dell'Ambiente).
- *Piano Stralcio per L'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna* (di seguito PAI) e relative Norme di Attuazione del P.A.I., approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006.
- *Piano Stralcio delle Fasce Fluviali* (P.S.F.F.), approvato in via definitiva, per l'intero territorio regionale, con Delibera n. 2 del 17.12.2015 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna.
- *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Sardegna* (P.G.R.A.), approvato con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016.
- Legge 18/05/1989 n. 183 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”.
- D.P.C.M. 29\_09\_1998 e relativi allegati.
- *Legge n. 64 del 2 febbraio 1974.* Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- *Delib. G.R. 30 marzo 2004, n. 15/31.* Pubblicata nel B.U. Sardegna 21 agosto 2004, n. 23. Disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

- *Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163.* Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE.
- *D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 554.* Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109 e successive modificazioni.

### **3. Ubicazione del sito di intervento e inquadramento cartografico**

L'area di intervento si trova ubicata al limite Nord dell'edificato di Cala Gonone, frazione marittima di Dorgali, ad una quota di circa 70 m slm, sul lato monte della Via dei Lecci.

La zona di intervento dal punto di vista cartografico è così distinta:

- Carta d'Italia I.G.M. scala 1:25.000, Foglio 500, Sez II – Dorgali.
- Carte Tecniche Regionali vettorializzate in scala 1:10.000, Foglio 500 Sez. n. 120.
- Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 208.
- Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 500 – Nuoro Est.

Per quanto attiene al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, l'area di intervento ricade nel Sub-Bacino Regionale n. 5 – Posada-Cedrina.

La Carta Tecnica Regionale numerica alla scala 1:10.000, georiferita nel sistema Gauss Boaga - Fuso Ovest rappresenta la base cartografica su cui sono stati programmati e svolti i rilievi in situ.

In sede di analisi territoriale, inoltre, ci si è avvalsi per lo studio fotogrammetrico, foto-geologico, clivometrico e topografico, delle seguenti fonti, quando possibile sovrapposte in ambiente GIS, anche in modalità WMS (Web Map Service):

- [http://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnafotoaeree/Repertorio immagini di diverse annate](http://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnafotoaeree/Repertorio_immagini_di_diverse_annate), a partire dalle quali è stato possibile condurre una analisi multitemporale delle informazioni ortofotografiche.
- Ortofoto a colori 2006 formato ecw, georiferite in Gauss Boaga.
- Ortofoto 2016, consultabili online da geoportale della Regione Sardegna in modalità WMS.
- Sardegna 3D, Google Earth Pro®.

Nella gestione dei dati raster e vettoriali si è ricorsi alle estensioni \*.dxf e \*.shp, assai diffuse e facilmente interfacciabili con i principali software Gis e Cad, sia commerciali che open-source..

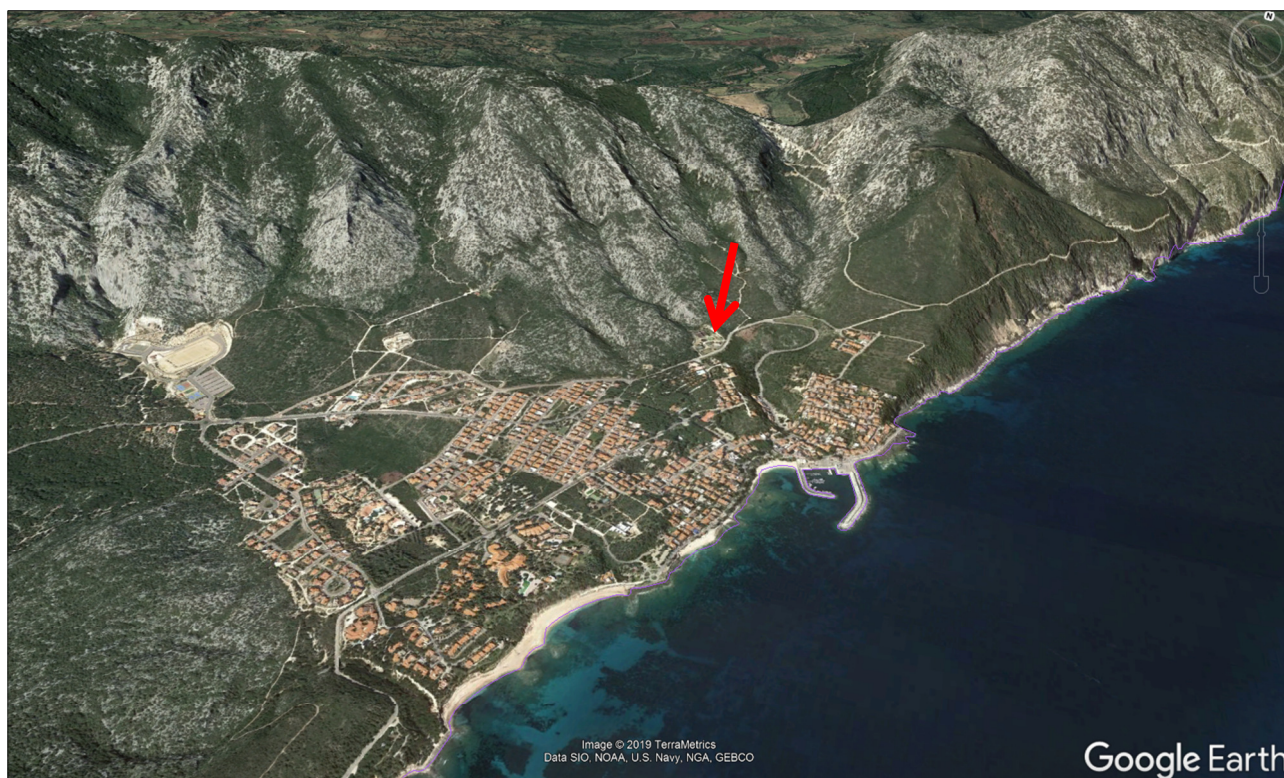


Figura 2. Inquadramento dell'area di intervento. Vista Google Earth Pro ®. La freccia rossa indica l'ubicazione del depuratore oggetto di intervento.

#### **4. Inquadramento dell'area di intervento nel P.A.I., nel P.S.F.F. e nel P.G.R.A.**

Per la individuazione delle aree con pericolosità da frana (Hg) e idraulica (Hi) nell'area di interesse progettuale, si è fatto riferimento al vigente Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), approvato con Deliberazione n. 2 del 15/03/2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino regionale, che ha recepito le risultanze degli studi approvati (a quella data) di variante del P.A.I. e a norma dell'Art. 8 Comma 2 delle NTA del PAI, secondo il criterio delle norme di salvaguardia (nel caso di sovrapposizione di perimetri di aree pericolose di diversa tipologia o grado di pericolosità, fra quelle del P.A.I. vigente e quelle individuate da successivi studi, si applicano le prescrizioni più restrittive).

Con il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Sardegna (P.G.R.A.), si è dunque provveduto ad aggiornare la cartografia relativa ai tematismi pericolosità da frana Hg e idraulica Hi, attraverso l'involuppo delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità mappate nell'ambito della predisposizione del PAI e sue varianti e di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, aggiornate alla data del 31.12.2016.

Pericolosità da frana Hg

La zona di interesse risulta essere inclusa in area vincolata dal vigente P.A.I. e ricade nel Sub-Bacino Regionale n. 5 (Posada-Cedrino), per il quale è approvato in via definitiva con deliberazione n. 2 del 25.02.2010 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino lo studio *“Approfondimento e studio di dettaglio del quadro conoscitivo dei fenomeni di dissesto idrogeologico nei sub-bacini Posada-Cedrino e Sud Orientale. Piano di coordinamento degli interventi necessari al riassetto idrogeologico nelle aree colpite dagli eventi alluvionali). Sub-Bacino Posada–Cedrino – PARTE FRANE”*.

Il Comune di Dorgali ha inoltre attualmente in itinere presso l'Agenzia del Distretto Idrografico della Regione Sardegna lo Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica redatto ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle NTA del PAI, riferito all'intero territorio comunale. In riferimento a quest'ultimo studio, delle cui risultanze si è tenuto conto nel redigere la presente relazione, le nuove perimetrazioni di aree di pericolosità in aumento rispetto alle precedenti zonizzazioni, sono quindi soggette alle misure di salvaguardia di cui all'art. 4, art. 8 commi 8, 9, 10, 11 e 12, artt. 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 e 34 delle Norme di Attuazione del PAI.

In riferimento ad entrambi gli Studi della pericolosità da frana sopra citati, si individua per l'area in cui ricade l'opera in progetto una pericolosità da frana Hg4-Hg2-Hg1, come rappresentato nella Tavola in allegato *“Inquadramento nel PAI vigente – Parte Frane”* ed in Figura 2, che ne rappresenta uno stralcio fuori scala.

#### Pericolosità idraulica Hi

La zona di interesse ricade nel Sub-Bacino Regionale n. 5 (Posada cedrino), per il quale è approvato in via definitiva con Delibera n.4 del 19.05.2011 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino lo studio *“Approfondimento e studio di dettaglio del quadro conoscitivo dei fenomeni di dissesto idrogeologico nei sub-bacini Posada-Cedrino e Sud Orientale. Piano di coordinamento degli interventi necessari al riassetto idrogeologico nelle aree colpite dagli eventi alluvionali). Sub-Bacino Posada–Cedrino – PARTE IDRAULICA”*.

Il Comune di Dorgali ha inoltre attualmente in itinere presso l'Agenzia del Distretto Idrografico della Regione Sardegna lo Studio di Compatibilità Idraulica redatto ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle NTA del PAI, riferito all'intero territorio comunale. In riferimento a quest'ultimo studio, delle cui risultanze si è tenuto conto nel redigere la presente relazione, le nuove perimetrazioni di aree di pericolosità in aumento rispetto alle precedenti zonizzazioni, sono quindi soggette alle misure di salvaguardia di cui all'art. 4, art. 8 commi 8, 9, 10, 11 e 12, artt. 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 e 34 delle Norme di Attuazione del PAI.

In riferimento ad entrambi gli Studi della pericolosità idraulica sopra citati, si individua per parte

dell'area di pertinenza del depuratore oggetto di intervento una pericolosità da frana Hi4, come rappresentato nella Tavola in allegato “Inquadramento nel PAI vigente – Parte Idraulica” ed in Figura 3, che ne rappresenta uno stralcio fuori scala.

Come riportato nella Relazione generale di Progetto, “*si osserva che pur ricadendo in area di rischio Pai Hi4 (idraulica) e Hg4 (frana), il progetto non è sottoposto a Studio di compatibilità idraulica, né a studio di compatibilità geologica e geotecnica in quanto gli interventi ricadono nella fattispecie di adeguamento funzionale di impianti esistenti (art. 27 comma 5 e 31 comma 5 della NTA), come chiarito nella circolare 1/2019 allegata alla deliberazione n. 2 del 19 febbraio 2019*”.

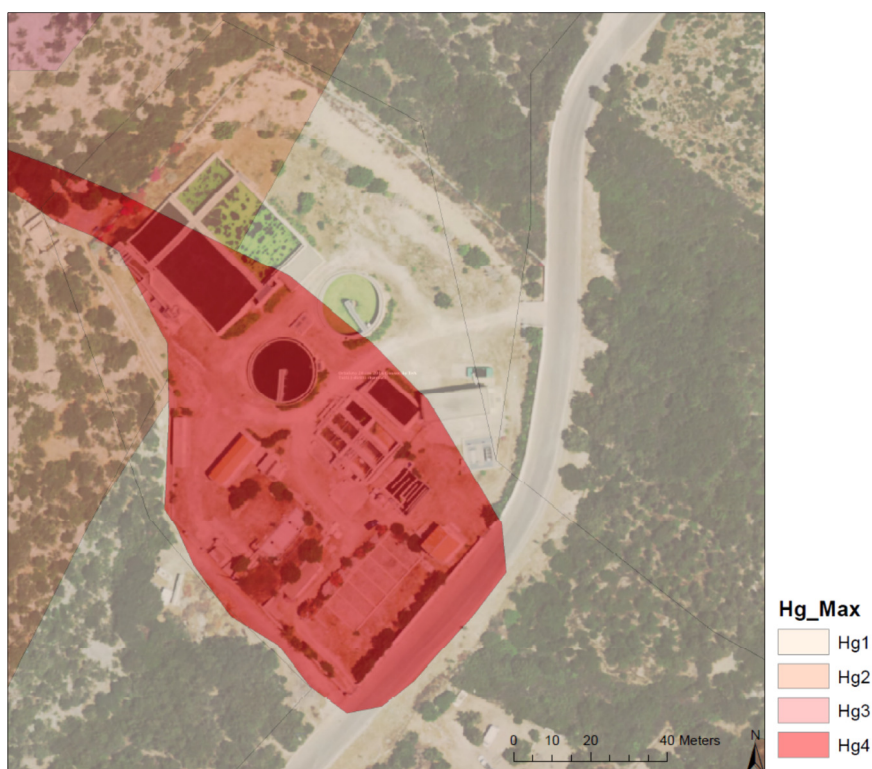


Figura 3. Inquadramento nel PAI vigente – Parte Frane.



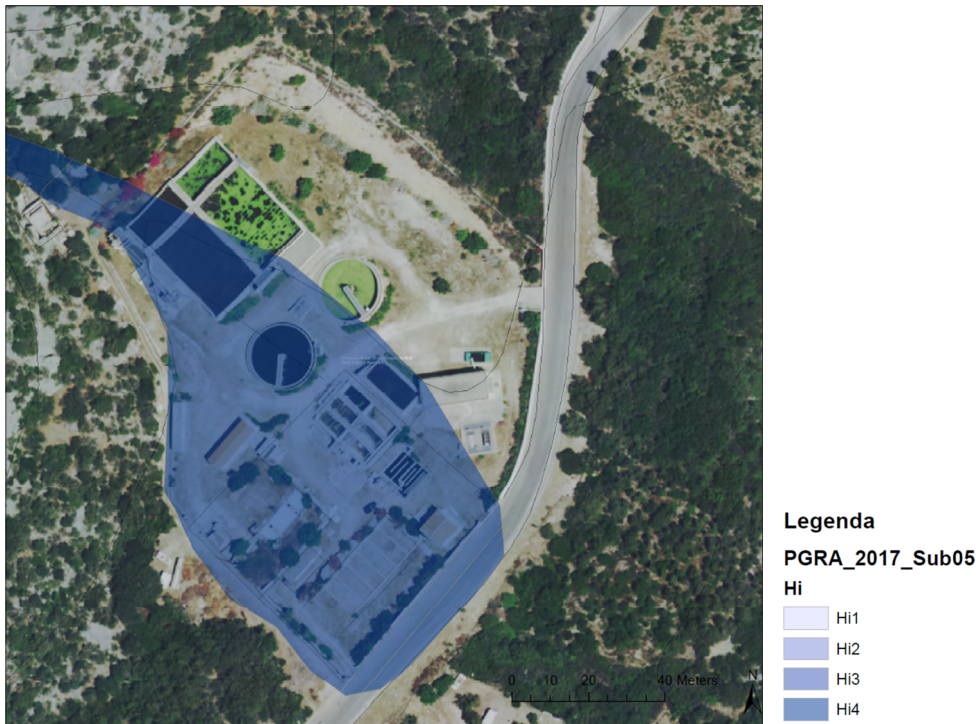


Figura 4. Inquadramento nel PAI vigente – Parte Idraulica.

## 5. Sintesi del contesto geologico a scala dell'area vasta

L'intervento si inquadra nel più ampio contesto del Golfo di Orosei, in cui alle rocce del basamento cristallino metamorfico paleozoico (rappresentato marginalmente in zona ad Ovest di Dorgali), intruso dalle rocce intrusive tardo erciniche a composizione granitoide, si sovrappongono le imponenti sequenze di rocce sedimentarie calcareo-dolomitiche mesozoiche, che dominano l'area vasta in cui si inquadra la zona di interesse progettuale e ne caratterizzano fortemente il paesaggio.

Più in particolare, nella zona in cui sorge Cala Gonone prevalgono in affioramento i litotipi ascritti alla Successione Sedimentaria Mesozoica, rappresentati da una imponente sequenza sedimentaria calcareo-dolomitica di origine marina costituita da dolomie, calcari e calcari dolomitici in varie facies, a carattere prevalentemente litoide, carsificati.

A questa sequenza si sovrappongono formazioni plio-Quaternarie di natura profondamente differente tra loro, costituite dagli espandimenti basaltici risalenti al Ciclo Vulcanico Alcalino Plio-Pleistocenico (3,3-1,5 Ma) e da formazioni quaternarie, antiche (pleistoceniche) e recenti (oloceniche), che constano principalmente nei depositi di versante che ricoprono con continuità il piede e il corpo del Monte Bardia, alle cui pendici sorge Cala Gonone.

Di seguito alcuni stralci (fuori scala) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 208-Dorgali, in cui sono rappresentati i principali rapporti stratigrafici riferiti all'area di interesse progettuale:

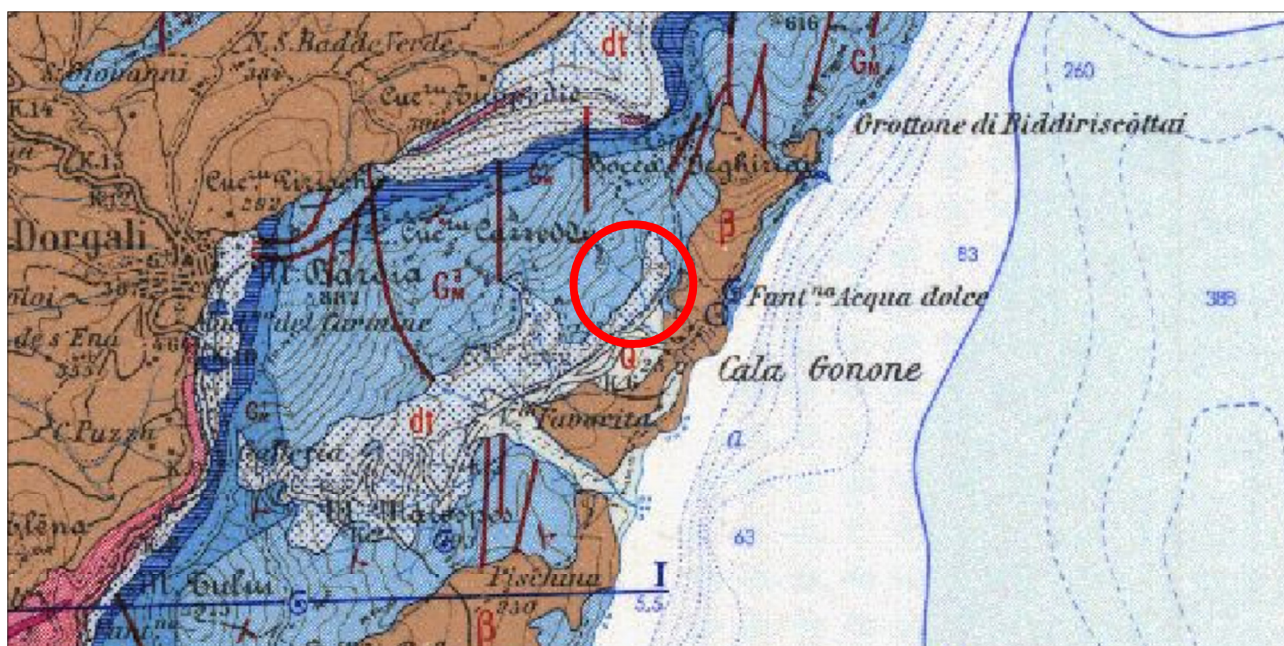


Figura 5. Stralcio fuori scala della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 208-Dorgali. In rosso si evidenzia l'area di intervento, che ricade nel dominio carbonatico ( $G_M^3$ ) e in parte in corrispondenza di formazioni di copertura quaternarie (dt). Con la lettera  $\beta$  sono indicati gli espandimenti basaltici plio-quaternari, che lambiscono l'area di intervento senza interessarla direttamente.

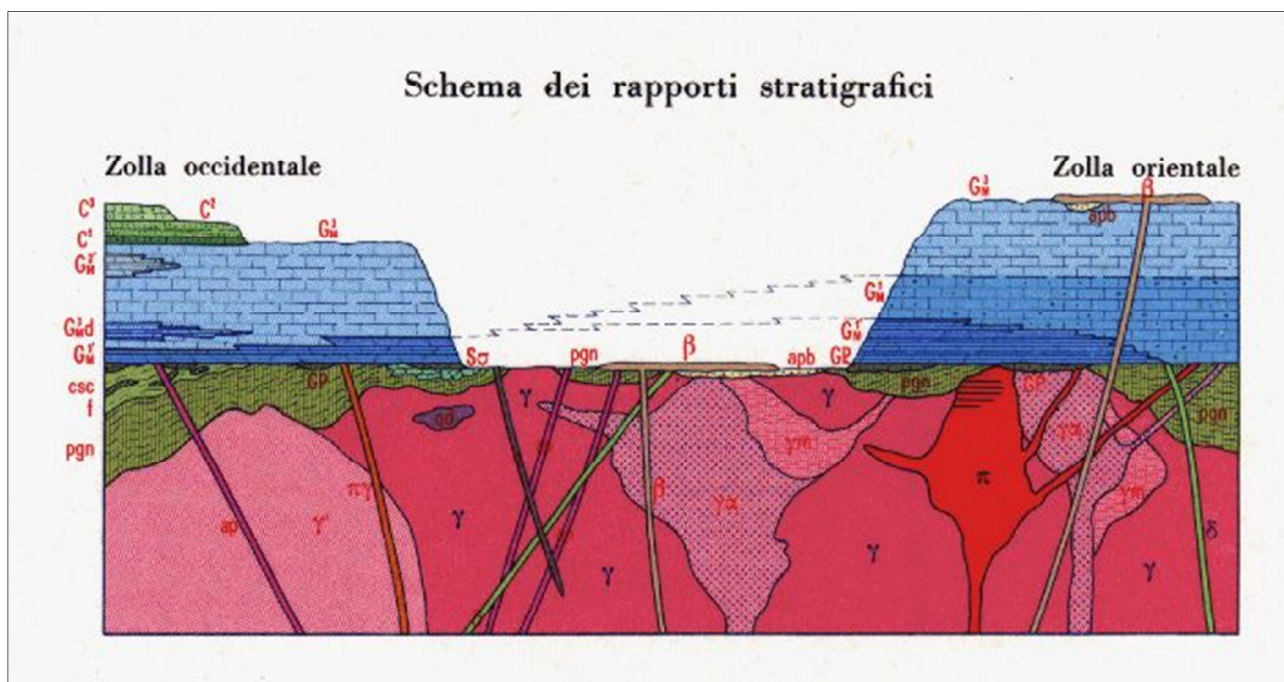


Figura 6. Stralcio fuori scala della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 208-Dorgali. Schema dei rapporti stratigrafici.



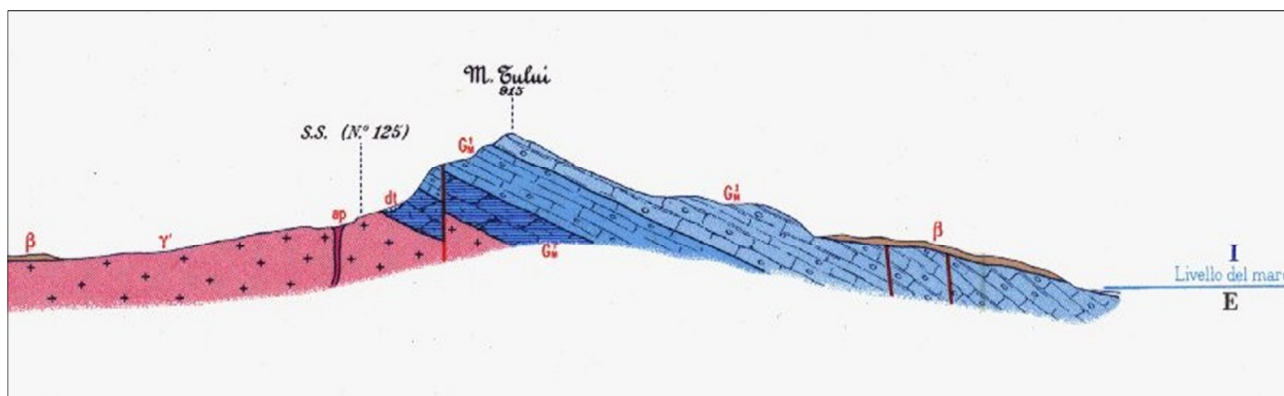


Figura 7. Stralcio fuori scala della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 208-Dorgali. Sezione geologica che interessa la zona di Monte Tului, in prossimità di Cala Gonone.

Di seguito uno stralcio (fuori scala) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 500-Nuoro Est, in cui si ripropone l'inquadramento geologico dell'area di interesse progettuale ad una scala di maggiore dettaglio:



Figura 8. Stralcio fuori scala della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 500. In rosso si evidenzia l'area di intervento, che ricade al limite tra dominio carbonatico (BRD) e le formazioni di copertura ascritte al Pleistocene



## **6. Assetto geologico di inquadramento. Definizione dell'origine e natura dei litotipi presenti nell'area in esame**

L'intervento si inquadra nel comune di Dorgali, nella periferia Nord della frazione marittima di Cala Gonone. L'area di pertinenza del depuratore ricade al limite tra le formazioni carbonatiche mesozoiche che vanno a costituire il corpo del massiccio carbonatico del Monte Bardia (rappresentate nella zona di interesse dalla Formazione di Monte Bardia) e i depositi pleistocenici dell'area continentale del Sintema del Cedrino, che occupano la fascia pedemontana, di origine detritica e, subordinatamente, alluvionale.

Di seguito la descrizione dei litotipi affioranti nell'area di intervento, dal più antico a quello più recente:

### **Successione Sedimentaria Mesozoica**

Formazione di Monte Bardia (BRD). Età: Giurassico Sup. (Titoniano Sup.) – Cretacico Inf. (Valanginiano Inf.).

Si tratta di calcari di scogliera, costituiti da biocalcareni e calciruditi ooidico-bioclastiche, in straterelli centimetrico-decimetrici alternati, con piccole biocostruzioni a poriferi. Verso il tetto della Formazione marne e calcari marnosi biancastri, calcilutiti bioturbate o con strutture di disseccamento (mud cracks), brecce calcaree intraformazionali. Non sempre agevolmente distinguibile dalla Formazione di Monte Tului (il contatto è ubicato nel caso di specie ad una considerevole distanza dall'area di interesse progettuale), si presenta spiccatamente bioclastica e competente, fortemente massiva, tuttavia non di rado si osservano porzioni fratturate e, a luoghi, cariate con cenni di carsismo relitto.



Fotografia 1. Affioramento di roccia calcarea massiva pochi metri oltre la recinzione del depuratore, lungo il lato Nord-Ovest. In superficie si osservano le scannellature che modellano l'ammasso roccioso.



Fotografia 2. Limite Ovest-Nord Ovest dell'area di pertinenza del depuratore. Poco oltre la recinzione affiora la roccia carbonatica lapidea ascrivita alla Formazione di Monte Bardia.

### **Depositi Pleistocenici**

Sintema del Cedrino – Subsintema di Abba Mèica. Età: Pleistocene Superiore.

Detriti di versante tipo “*éboulis ordonnés*” e detriti di versante eterometrici non stratificati (CDN<sub>2c</sub>)

I detriti di versante tipo “*éboulis ordonnés*” sono composti prevalentemente di clasti calcarei spigolosi assai eterometrici, in matrice sabbioso-limosa, talora rubefatta, da semicoerente a ben cementata (in quest'ultimo caso il deposito assume consistenza sub-litoide, finanche litoide). Nei

frequenti affioramenti, che si osservano agevolmente, ad esempio, lungo i tagli della viabilità che conduce a Cala Gonone e che si snoda nel suo intorno, si può riconoscere la tipica stratificazione di questa tipologia di depositi, data dalla alternanza di livelli più grossolani e strati in sabbia e ghiaia minuta. L'ambiente di deposizione periglaciale, sottolineato dalle ripetizioni dei livelli in funzione dell'intensità del crioclastismo, ed i rapporti stratigrafici con le formazioni basaltiche, collocano tali depositi nel Würm, spiegando la loro relativa "abbondanza" con l'elevata gelività delle rocce carbonatiche. Questa tipologia di depositi va a costituire le potenti falde detritiche a stratificazione alternata che caratterizzano la fascia di raccordo tra rilievi carbonatici e litorale di Cala Gonone.

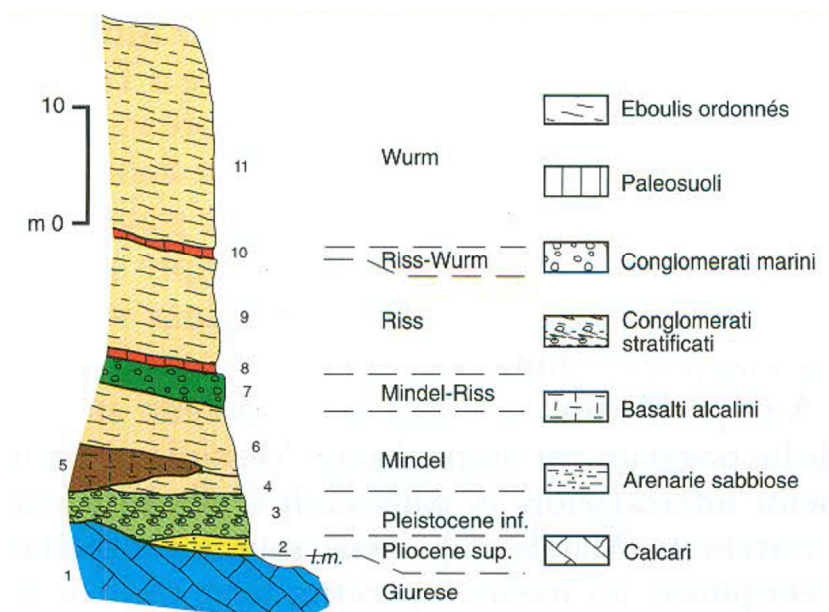


Figura 9. Sezione di affioramento dei depositi di éboulis ordonnés (Cala Gonone, Golfo di Orosei). Tratto da: Ulzega e Ozer, 1980, modificato.

Ai detriti di versante tipo “*éboulis ordonnés*”, si sovrappongono nell’area di indagine detriti di versante eterometrici non stratificati, disposti anche questi in conoidi e/o in falde coalescenti al piede dei principali versanti lungo la fascia pedemontana. Questi si caratterizzano per i clasti angolosi e si presentano grossolani, fortemente eterometrici, da cementati a sciolti. Talvolta giacciono in tasche e colmate di incisioni allo sbocco di paleoalvei, il che li rende particolarmente esposti al dilavamento e alla rimobilizzazione in presenza di precipitazioni intense con riattivazione dei deflussi.





Fotografia 3. Sezione di scavo al limite N-NE dell'area di pertinenza del depuratore, impostata sulla sequenza crioclastica pleistocenica: detriti di versante tipo “*éboulis ordonnés*”.



Fotografia 4. Particolare dei detriti di versante tipo “*éboulis ordonnés*”, affioranti in sezione al limite Nord dell'impianto di depurazione.





Fotografia 5. Particolare dei detriti di versante tipo “*éboulis ordonnés*”, affioranti in sezione al limite Nord dell'impianto di depurazione.



Fotografia 6. Particolare di un livello fortemente cementato, con consistenza litoide, interno alla sequenza detritica di versante tipo “*éboulis ordonnés*”. Sezione al limite Nord dell'impianto di depurazione.

### Ghiaie e sabbie alluvionali (CDN<sub>2a</sub>)

Si ritrovano entro gli alvei principali e secondari ed in corrispondenza dello sbocco delle principali vallette laterali tributarie, talora a formare limitate conoidi. Sono prevalentemente costituiti di

ghiaie eterometriche e sabbie, talora blocchi nei tratti più a monte, soprattutto nel caso dei tributari minori. Nel contesto pedemontano di Cala Gonone, questa tipologia di depositi presenta scheletro carbonatico ed aspetto caotico (sedimenti detritico-alluvionali di conoide), tale da renderla a luoghi difficilmente distinguibile rispetto alle formazioni detritiche di versante descritte in precedenza, rispetto alle quali si raccorda spesso attraverso contatti orizzontali, in eteropia di facies.

### **Depositi olocenici**

Sedimenti fini di natura eluvio-colluviale, talora arricchiti in frazione organica, spesso pedogenizzati, dello spessore raramente superiore a pochi decimetri, derivanti da rimaneggiamento dei depositi pleistocenici. Risultano in genere poco addensati, pseudo-coerenti, con colorazione che può tendere al marrone chiaro fino all'ocra, a causa di fenomeni di ossidazione, caratteristici in particolare dei livelli più antichi.



Fotografia 7.

### **Terre di riporto.**

Comprendono tutto l'insieme di terre derivanti dall'azione morfogenetica connessa con l'attività antropica, che ha prodotto una debole coltre di riporto sciolta e poco addensata entro l'area di pertinenza del depuratore. Trattasi in prevalenza di risulta di scavi e terreni di copertura detritico-colluviale rimaneggiati.

## 7. Situazione litostratigrafica locale

Ad una prima fase di rilevamento, volta a definire il contesto geologico di insieme in cui si inquadra l'area di intervento, è seguito il rilievo geologico di superficie in corrispondenza e nell'intorno significativo della prevista opera, al fine di definire la situazione litostratigrafica locale.

All'interno dell'area di pertinenza del depuratore si è riscontrata in affioramento una debole coltre di terreno di riporto, che ricopre con una certa continuità il lotto in esame. Gli spessori paiono modesti, dell'ordine di 0,10-0,30 m, ed il materiale è in prevalenza costituito da ghiaie e sabbie in matrice limosa, sciolte e al più debolmente addensate, derivanti da rimaneggiamento delle formazioni detritico-colluviali, attuali ed antiche, presenti nell'intorno della zona di interesse progettuale.

Al confine con la pertinenza del depuratore, sono invece direttamente osservabili in ampie sezioni di scavo o in affioramento naturale, sia le rocce del complesso carbonatico, sia le formazioni di copertura ascritte al Sintema del Cedrino.

Più in particolare, ampi affioramenti di roccia calcarea ascritta alla Formazione di Monte Bardia (Successione Sedimentaria Mesozoica), sono stati osservati lungo il confine Nord-Ovest e Ovest dell'area di interesse progettuale, appena oltre la recinzione (Fotografie 1-2-7); si tratta di roccia in facies francamente litoide, sana, di colore grigiastro, massiva e compatta, che al più presenta in superficie forme di erosione riconducibili a microcarsismo (scannellature).

Procedendo lungo il confine Nord, compaiono lungo un'ampia sezione, che prosegue poi lungo tutto il confine N-NE della pertinenza del depuratore, i depositi pleistocenici ascritti al Sintema del Cedrino, qui rappresentati in prevalenza da detriti di versante tipo "*eboulis ordonnés*". Come rappresentato nelle Fotografie 3-4-5-6, lungo l'ampia sezione di scavo rilevata è ben riconoscibile una stratificazione interna alla formazione, tipicamente a franapoggio, evidenziata dalla alternanza di livelli più grossolani e strati in sabbia e ghiaia minuta, composti esclusivamente da clasti calcarei spigolosi, eterometrici, in matrice arrossata, in prevalenza sabbioso-limosa ma in cui non manca la componente argillosa, da semicoerente a ben cementata da cemento carbonatico.

Nel primo caso i singoli livelli si presentano aggredibili e friabili al tocco della punta del martello da geologo nella porzione più superficiale, maggiormente esposta agli agenti esogeni, mostrando un grado di competenza tendenzialmente crescente con la profondità.

I livelli con matrice cementata possono giungere ad assumere consistenza francamente litoide, resistendo a più impatti consecutivi del martello da geologo prima di scheggiarsi.

Si riconoscono inoltre nella sequenza detritica livelli pressoché incoerenti, che tendono a caratterizzarsi per granulometrie fini.



Occorre sottolineare che al piede del fronte di scavo che delimita la pertinenza del depuratore sul lato N-NE non è mai visibile la roccia carbonatica di base, lasciando intuire per i depositi di falda detritica crioclastica potenze che possono raggiungere valori considerevoli, finanche plurimetrici.



Fotografia 8. Ampia sezione di scavo impostata su depositi detritici di tipo “éboulis ordonnés” che delimita a Est-Nord Est l’area di interesse progettuale.



Fotografia 9. Ampia sezione di scavo impostata su depositi detritici di tipo “éboulis ordonnés” che delimita a Nord-Est l’area di interesse progettuale.

I rilievi eseguiti in corrispondenza dell’area di interesse progettuale, le evidenze geologiche di superficie, il contesto geomorfologico in cui si inquadra l’intervento (ovvero lo sbocco di una gola carsica, come meglio precisato nel seguito della relazione) e la consultazione di fonti di bibliografia tecnica riferite nello specifico all’area di intervento, lasciano presupporre che le potenze delle



formazioni detritiche di copertura in corrispondenza dell'area di pertinenza del depuratore siano da considerarsi estremamente variabili, con spessori massimi stimabili nell'ordine di circa 5-6 m, raggiunti con tutta probabilità nella zona centro-orientale, che tendono al netto assottigliamento, fino a potenze stimabili in circa 1 m, in corrispondenza del confine W-NW dell'area di interesse progettuale, in cui si riscontra direttamente in affioramento il basamento carbonatico in facies francamente litoide appena al di là della recinzione, a pochi metri di distanza dalla ubicazione di alcuni degli interventi in progetto.

## **8. Lineamenti geomorfologici, processi morfologici e considerazioni in merito alla pericolosità geologica del sito di intervento**

Il contesto geomorfologico in cui ricade l'area di pertinenza del depuratore oggetto di intervento è quello della fascia pedemontana che fa da raccordo tra il litorale di Cala Gonone ed il massiccio carbonatico del Monte Bardia, che presenta tratti tipicamente montani non tanto per le altimetrie raggiunte, quanto per la asprezza con cui si esprime il rilievo.

Gli alti morfologici posti alle spalle della frazione marittima danno vita ad una dorsale orientata SW-NE, lungo cui spiccano M. Rosso (484 m slm.), Cuc.ru Cazzeddu (747 m slm.), M.te Bardia (882 m slm.), per citare le principali cime che si interpongono tra Cala Gonone e Dorgali.

Il rilievo carbonatico si erge dalla fascia pedemontana con pendenze medie che si incrementano rapidamente in direzione di monte, e si mantengono costantemente al di sopra del 50%. Lungo l'esteso versante, esposto a Sud-Est, sono ben espresse alcune tra le più salienti caratteristiche del paesaggio carsico: microforme da soluzione (es.: campi solcati e scannellature, osservabili alla scala dell'ammasso, Cfr. Fotografia 1), pendenze elevate, dislivelli importanti espressi in aree ristrette, falesie, ampie superfici di roccia nuda o vegetazione rada in cui si alternano aree con campi solcati, creste, inghiottitoi e profonde gole (canyons carsici) dalle pareti sub-verticali.

Queste ultime, in particolare, (localmente denominate "codule") caratterizzano alla grande scala i tratti morfologici del rilievo carbonatico, lungo il versante esposto Sud Est, in cui si inquadra l'intervento in esame; la loro origine è da ricondursi all'inasprimento dei processi erosivi in alveo connessi alle variazioni del livello di base (e, conseguentemente, della quota assoluta di confluenza dei corsi d'acqua) succedutesi nell'Era Quaternaria, oltre che all'instaurarsi, in passato, di condizioni climatiche particolarmente favorevoli a processi di aggressione chimico-fisica degli ammassi rocciosi carbonatici.

L'area di stretta pertinenza del depuratore presenta una conformazione dalle deboli pendenze, leggermente degradante verso Sud-Est, prodotto anche di pregresse operazioni di rimodellamento del tratto di versante in cui ricade (Fotografia n. 10).

L'impianto si trova ubicato tra le quote di 64 m slm e 74 m slm, in corrispondenza della fascia di transizione tra il rilievo impostato su substrato carbonatico e la fascia pedemontana, sottolineata morfologicamente da una chiara e netta rottura di pendenza posta al limite Nord-Ovest dell'impianto (Cfr. Figura 10). Qui fanno la loro comparsa le fasce detritiche di età pleistocenica, di origine prevalentemente crioclastica, da sciolte a cementate, che vanno a costituire al piede del versante roccioso del Monte Bardia una fascia continua ed inclinata (con pendenza perlopiù costante ed inferiore a quella del massiccio carbonatico), fino alla linea di costa.

Nello specifico, il depuratore si trova adagiato su una superficie debolmente inclinata posta allo sbocco di una stretta gola carsica, tipicamente confinata da pareti molto inclinate, a tratti sub-verticali, che si evidenzia morfologicamente ad una quota di circa 370 m slm e si sviluppa con andamento sub-rettilineo fino allo sbocco, posto in corrispondenza dell'impianto di depurazione.

Per quanto la vallecola si sviluppi interamente su substrato carsico, ambito in cui i deflussi superficiali sono infrequenti (in quanto soggetti ad assorbimenti attraverso fratture beanti ed inghiottitoi), non è possibile escludere che l'asta fluviale impostata al suo interno, il Riu Ghirghe (cartografato sia su base cartografica I.G.M. in scala 1:25.000, sia su base C.T.R., nonchè censita nel reticolo idrografico regionale), possa essere soggetta a periodiche riattivazioni, con deflussi che andrebbero ad interessare l'area di pertinenza del depuratore.

Ed infatti il vigente P.A.I. – parte idraulica individua un'area di esondazione in corrispondenza del tratto vallivo dell'asta e dell'impianto, riferita a tempi di ritorno cinquantennali (Hi4, elevata pericolosità idraulica).

Nondimeno, il vigente P.A.I. – parte frane fa corrispondere all'area di pericolosità idraulica Hi4 una pericolosità da frana Hg4 (pericolosità molto elevata), connessa a potenziale movimentazione lungo l'asta di materiale detritico-alluvionale, in concomitanza a deflussi idrici ad elevata energia associati a eventi di pioggia particolarmente intensi o eccezionali, con conseguente trasporto solido che andrebbe a riversarsi nell'area dell'impianto.

In sede di rilevamento non si sono osservate in corrispondenza dell'area di pertinenza del depuratore evidenze di deflussi superficiali, di ruscellamento diffuso e/o concentrato, di intensi fenomeni erosivi collegabili a deflussi superficiali o di trasporto solido, connessi a recenti riattivazioni dell'asta torrentizia del Riu Ghirghe. Tuttavia è bene sottolineare che, vista la

perimetrazione del vigente PAI, non è possibile escludere l'eventualità che i fenomeni di esondazione e trasporto solido sopra descritti possano verificarsi in futuro.

Il vigente P.A.I. - parte frane rileva inoltre una media pericolosità da frana Hg2 che interessa la porzione di monte dell'area pertinenza del depuratore. Si inquadrano in questo livello di pericolosità le *“zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate, non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento), zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi”* (Cit. Legenda Carta della pericolosità da frana PAI).

Dai rilievi geologico-geomorfologico condotti in sito, emerge che il grado di pericolosità Hg2 individuato in quest'area sia riferibile a fenomeni geomorfologici blandi e circoscritti che possono interessare le pendici del rilievo, quali ruscellamento diffuso e dilavamento a carico delle formazioni di copertura antiche e recenti, che vanno ad esaurirsi con la riduzione della pendenza ai piedi del pendio.

In relazione alla pericolosità idraulica e da frana, non sono emersi in sede di analisi dell'area di interesse progettuale processi geomorfologici su cui gli interventi in progetto possano produrre ricadute apprezzabili, tali da modificare o incrementare la pericolosità individuata dal PAI

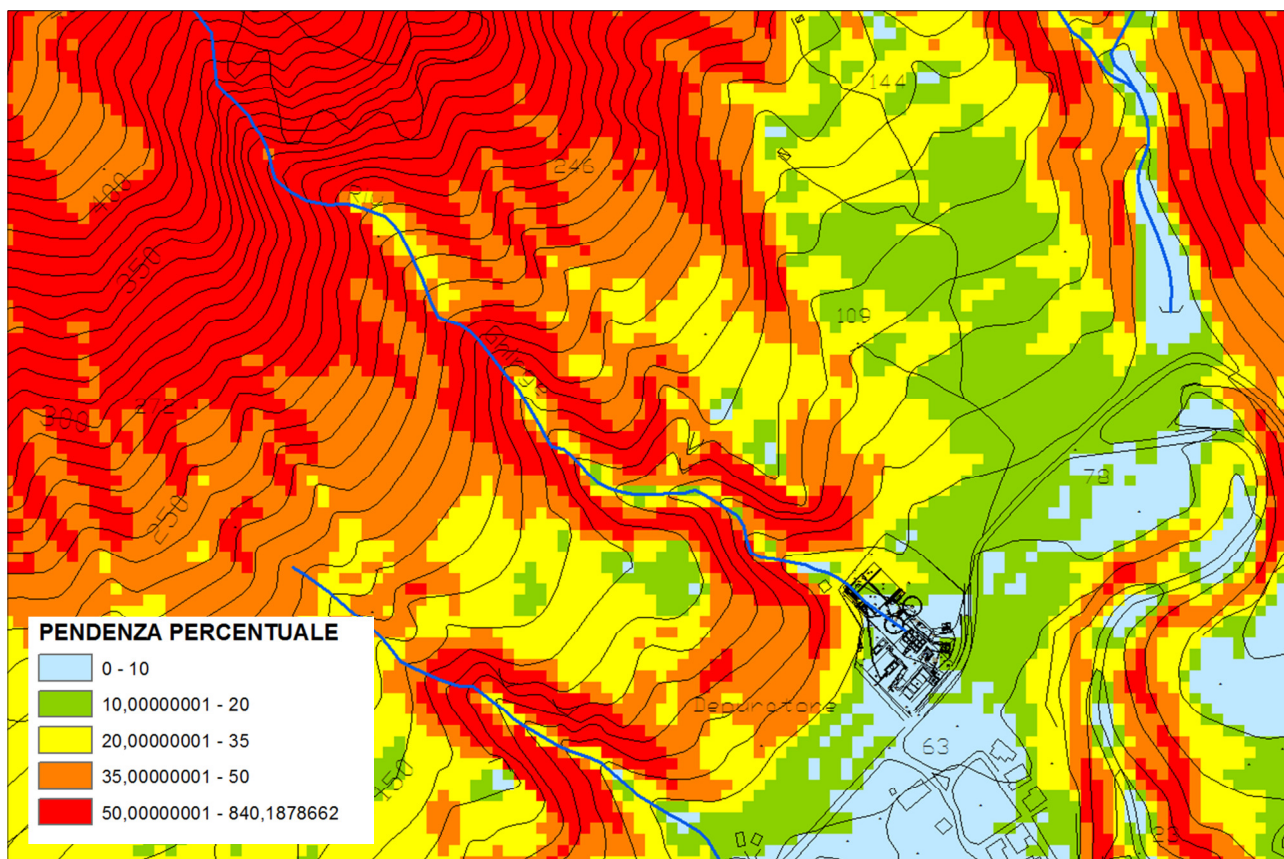
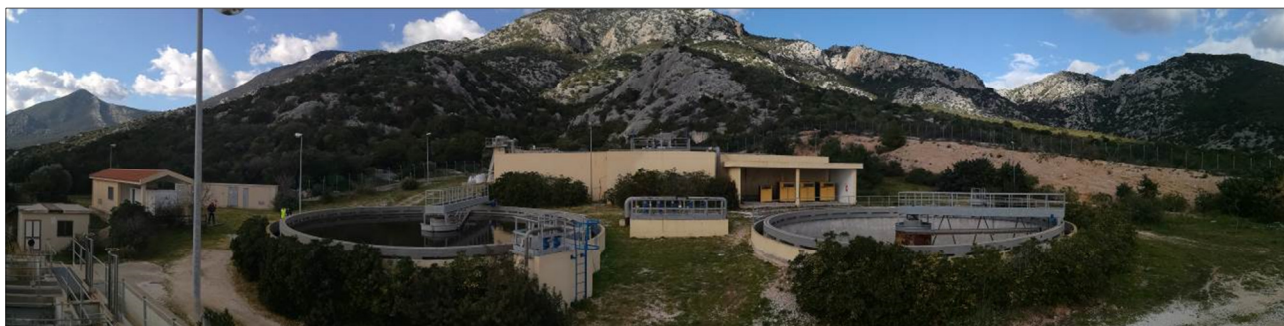


Figura 10. Estratto fuori scala della carta delle pendenze sviluppata nel corso dell'analisi geomorfologica del sito.



Fotografia 10. Panoramica dell'impianto di depurazione oggetto di intervento.



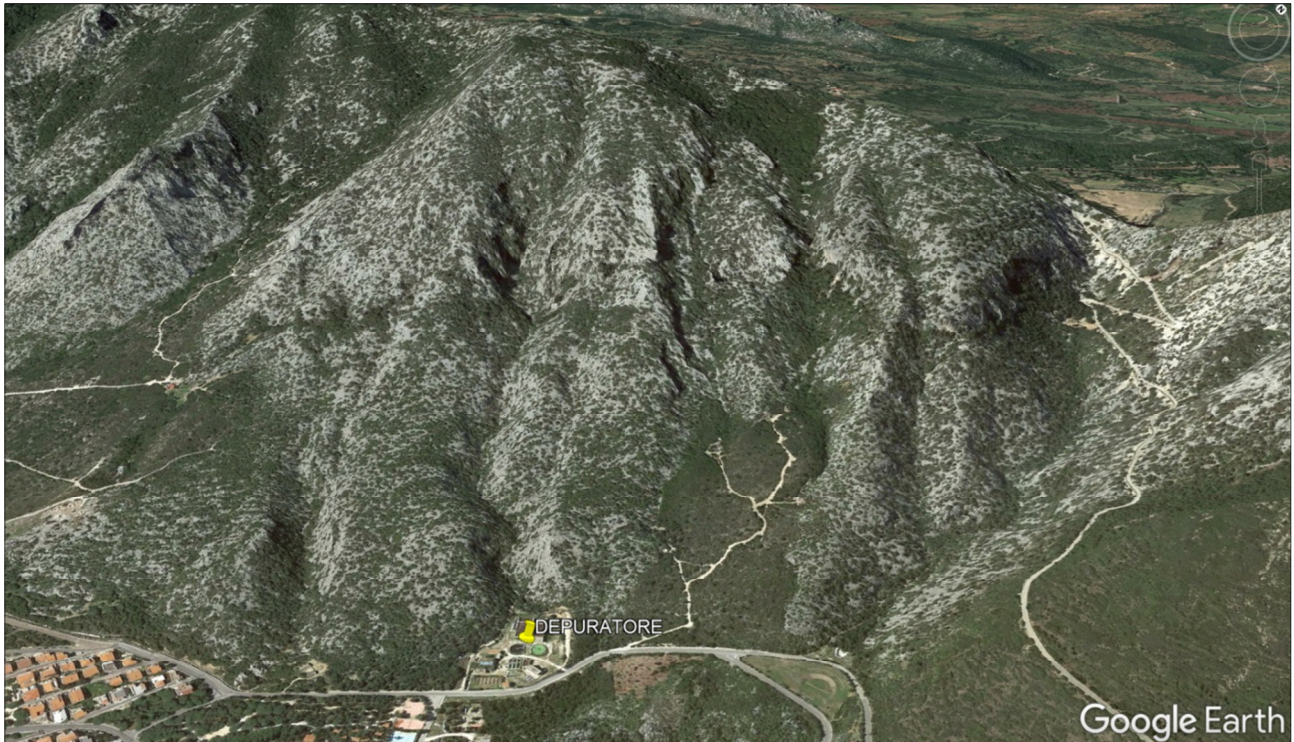


Figura 11. Immagine satellitare (Fonte: Google Earth Pro ®), in cui è possibile constatare come il depuratore sia ubicato allo sbocco di una gola carsica.



Fotografia 11. Vista dal depuratore dello sbocco della gola carsica.

## 9. Lineamenti idrogeologici

Il lineamenti idrologici ed idrogeologici che caratterizzano l'area di intervento e, più in generale, il versante in cui questa ricade, sono quelli tipici del contesto carsico, in cui non è presente una vera e propria rete idrografica superficiale attiva in quanto i deflussi superficiali sono assorbiti rapidamente da fratture e inghiottitoi. Rare riattivazioni delle principali aste torrentizie si registrano in concomitanza a precipitazioni di particolare intensità e durata.

Ed infatti, il reticolo idrografico superficiale così come rappresentato nelle principali basi cartografiche (I.G.M. e C.T.R.), nonché nel DBT regionale ufficiale, si compone di rare aste rettilinee, principalmente del I ordine gerarchico secondo la classificazione di Horton-Strahler.

Rientra tra queste l'asta del Riu Ghirghe, impostata all'interno della stretta gola carsica che trova sbocco proprio in corrispondenza dell'area di pertinenza del depuratore in esame, ove il vigente P.A.I. – parte idraulica individua una zona di esondazione cui è associata una pericolosità idraulica di livello Hi4 (tempi di ritorno cinquantennali), oltre che da frana (Hg4) (Figure 2 e 3).

L'evidenza superficiale dell'asta del Riu Ghirghe scompare in corrispondenza della intersezione con i litotipi detritici della fascia pedemontana, probabilmente anche in ragione delle recenti riprofilature connesse alla realizzazione dell'impianto di depurazione.

In sede di rilevamento non si sono rilevate in situ evidenze di fenomeni di ristagno di acque superficiali, né indizi della presenza di falda sotterranea ad una quota tale da interferire con le opere in progetto (rilievi eseguiti ad aprile 2019). Tuttavia, falde acquifere di modesta capacità possono svilupparsi nella zona di interesse progettuale in corrispondenza dei depositi detritici, ove questi raggiungono potenza sufficiente all'instaurarsi di accumuli idrici.

Non si rilevano, in corrispondenza e nell'intorno del depuratore, emergenze sorgentizie.

Dal punto di vista idrogeologico, i litotipi affioranti nell'area di interesse progettuale presentano le seguenti caratteristiche in relazione alla permeabilità:

### Complesso detritico – Unità Detritico-Carbonatica Quaternaria.

Costituito da: Coltri eluvio-colluviali e formazioni detritiche di versante (Olocene). Depositi pleistocenici dell'area continentale da sciolti a più o meno cementati (Pleistocene).

Caratteristiche: complesso eterogeneo ubicato al piede dei rilievi carbonatici in forma di fasce detritiche, da sciolti a più o meno cementati. La permeabilità complessiva è media. La eterogenea granulometria di questo tipo di acquifero può consentire localmente un discreto accumulo idrico.

Permeabilità:

- medio-elevata per porosità primaria nei detriti sciolti oppure mediamente-poco cementati ( $K > 10^{-4}$  cm/s).

- medio-bassa nel caso di detriti ben cementati e fratturati ( $10^{-4}$  cm/s  $> K > 10^{-7}$  cm/s).

#### Complesso carbonatico - Unità carbonatica mesozoica.

Costituito da: Successione Sedimentaria Mesozoica.

Caratteristiche: L'acquifero è nel complesso mediamente permeabile. Caratterizzato da un elevato grado di fessurazione e dalla presenza di vuoti intercomunicanti dovuti a fenomeni carsici, i quali fungono da condotte sotterranee in pressione quando il livello carsico giunge a saturazione.

Permeabilità: media, per porosità secondaria e per carsismo ( $10^{-2}$  cm/s  $> K > 10^{-4}$  cm/s).

## **10. Modello geologico preliminare del sito di intervento**

In fase di progettazione di fattibilità tecnica ed economica, al fine di fornire un indirizzo progettuale tale da individuare ed affrontare eventuali problematiche di natura geologica e geotecnica connesse alla realizzazione delle opere in progetto, è stata svolta una campagna di rilievi di superficie *in situ* e in un intorno significativo delle opere ed una indagine bibliografica che hanno consentito la definizione del modello geologico preliminare del sottosuolo.

Sulla base della prima definizione del modello geologico è stato approntato un piano delle indagini geognostiche e/o geotecniche, riportato nella Relazione Geotecnica di Progetto, commisurato al grado di complessità dell'opera ed al livello di conoscenza raggiunto in sede di disamina delle fonti bibliografiche e dei rilievi preliminari sul campo, da espletarsi in sede di progettazione definitiva.

Per il caso di specie, l'incrocio delle informazioni tratte dalla letteratura geologica (riferita anche allo specifico sito di intervento), dai rilievi in situ e da pregressi studi geologici e geotecnici svolti dalla scrivente nell'area di interesse, ha consentito di restituire un modello geologico di massima dell'area interessata dal progetto, adeguato al presente livello di progettazione.

Il dato geologico di partenza per la redazione della Carta Litologica è rappresentato dal Progetto "Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000", che l'Ufficio del Piano della RAS sta attuando per offrire un supporto alle amministrazioni comunali per l'adeguamento dei propri strumenti urbanistici al PPR, in collaborazione con l'Agenzia Regionale Progemisa.

Sono stati inoltre consultati i Fogli della Carta Geologica d'Italia, Scala 1:100.000 e Scala 1:50.000 e la Carta Geolitologica della Sardegna in scala 1:200.000 (Carmignani et al., 1996) (e relative Note Illustrative). Si è quindi proceduto con il reperimento di fonti bibliografiche di crescente dettaglio, riferite a studi specifici eseguiti nella zona di interesse (es.: relazioni specialistiche a corredo del Piano Urbanistico di Dorgali, del P.A.I., studi geologici e geotecnici riferiti ad opere di privati, etc.).

In questa prima fase preliminare i rilievi sul campo sono stati finalizzati al controllo e/o alla conferma del dato di base, consentendo di implementare il dato cartografico di bibliografia con alcune modifiche ove non ritenuto rispondente a quanto rilevato *in situ*.

Il modello geologico preliminare del sito di intervento scaturisce dunque dall'elaborazione dei dati a disposizione esaminati in relazione alle opere in oggetto.

Come riportato nel paragrafo dedicato alla descrizione della litostratigrafia locale, l'intervento si inquadra in un'area in cui affiorano le rocce carbonatiche della Successione Sedimentaria Mesozoica su cui poggiano le formazioni di copertura ascritte al Sintema del Cedrino.

Nella seguente tabella si indica la stratigrafia di riferimento, riferibile all'area di pertinenza del depuratore:

MODELLO GEOLOGICO PRELIMINARE DEL SITO DI INTERVENTO		
STRATO	STIMA DELLA PROFONDITA' MEDIA (m dal p.c.)	LITOLOGIA
1	0 ÷ 0.40	RIPORTO ANTROPICO
2	0.40 ÷ 3.00	DEPOSITI DETRITICI DA SEMICOERENTI A CEMENTATI
3	3.00 +	ROCCIA CARBONATICA LAPIDEA
N.B.	La potenza dei depositi detritici (strato 2) nell'area di pertinenza del depuratore è variabile, con spessori massimi stimabili nell'ordine di circa 5-6 m, raggiunti con tutta probabilità nella zona centro-orientale, che tendono all'assottigliamento, fino a potenze stimabili in circa 1 m, in corrispondenza del confine W-NW dell'area di interesse progettuale.	

Tabella 1. Stratigrafia di riferimento.

#### Strato 1

Il primo strato consiste in un livello costituito da riporto antropico e/o terreno colluviale sciolto, debolmente addensato. Litotipo agevolmente escavabile.

#### Strato 2

Il secondo strato consiste in un livello di potenza estremamente variabile (nell'area di interesse progettuale da circa 5-6 m a circa un metro) costituito da depositi detritici da semicoerenti a ben cementati. Litotipo da debolmente a mediamente competente, talora friabile, ma che in



corrispondenza dei livelli cementati presenta consistenza litoide. Litotipo che, in relazione al grado di competenza e cementazione dei singoli livelli, può presentare difficoltà di scavo.

### *Strato 3*

Il terzo strato è costituito da roccia carbonatica francamente lapidea. Litotipo escavabile con difficoltà.

È importante sottolineare che le considerazioni in merito alla scavabilità sopra riportate possono variare in quanto i litotipi, con riferimento in particolare alla formazione detritica, possono evidenziare caratteristiche differenti di scavabilità in relazione al diverso grado di addensamento e cementazione della matrice.

La modellazione geologica preliminare del sito di interesse progettuale, in relazione alle opere da realizzare nonché alla estrema variabilità della potenza dello Strato 2 nella ristretta area di interesse progettuale, ha condotto ad approntare un Piano delle Indagini geognostiche e geotecniche volto alla modellazione geologica di dettaglio, prevista in sede di progettazione definitiva e da porre a base delle verifiche geotecniche previste dalla vigente normativa. Si rimanda alla Relazione Geotecnica di Progetto per i dettagli.

## **11. Sismicità**

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" ha affidato alle Regioni l'individuazione, la formazione e l'aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche, dando in questo modo attuazione al D. Lgs. 112/1998, ed in particolare agli Artt. 93 e 94 che determinano la ripartizione tra Stato e Regioni delle competenze in materia di riduzione del rischio sismico. L'ordinanza, allineando il sistema normativo per le costruzioni in zona sismica al sistema dei codici europei (EC8), ha consentito una significativa razionalizzazione del processo di individuazione delle zone sismiche. L'allegato 1 dell'Ordinanza stabilisce che le zone sismiche vengono individuate da n. 4 classi di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. La coincidenza tra il numero di categorie del presente sistema ("classificazione sismica") e il numero delle zone previste dall'ordinanza non deve incoraggiare a stabilire un parallelismo eccessivo fra mappe relative a sistemi che sottendono livelli di protezione sismica differenti. Basti ricordare ad esempio che la quarta categoria precedente non richiedeva alcun intervento antisismico, mentre la quarta zona lo richiede, sia pure in modo semplificato.

Nella cronistoria della classificazione sismica del territorio italiano nei decreti emessi fino al 1984, la sismicità è definita attraverso il "Grado di sismicità" S. Nella proposta di riclassificazione del GdL del 1998 si utilizzano n. 3 categorie sismiche, più una categoria di comuni non classificati (N.C.). Nella classificazione del 2003 la sismicità è definita mediante n. 4 zone, numerate da 1 a 4 in ordine crescente di pericolosità:

- Zona 1: è la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti. Comprende n. 708 comuni.
- Zona 2: nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti forti. Comprende 2345 comuni.
- Zona 3: i comuni ricadenti in questa zona possono essere soggetti a terremoti forti ma rari. Comprende 1560 comuni.
- Zona 4: è la meno pericolosa. Nei comuni compresi in questa zona i terremoti sono rari. Comprende 3488 comuni.

Sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006. Lo studio di pericolosità allegato all'OPCM n. 3519/06 ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche:

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni - $a_g$
1	$a_g > 0,25$
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$
4	$a_g \leq 0.05$

Nella mappa della pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, edita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, si evince che la Sardegna ricade interamente in Zona 4, con livello di pericolosità molto basso.

Con l'Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Decreto 17 gennaio 2018. GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8) scompare la definizione di zona sismica 1, 2, 3, 4.

Ai sensi delle NTC 2018 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. Per i valori dei tre parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_C^*$ , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli allegati A e B al Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n. 29 ed eventuali successivi aggiornamenti.

In particolare per la Sardegna si fa riferimento alla Tabella 2 dell'Allegato B:

	$T_R=30$			$T_R=50$			$T_R=72$			$T_R=101$			$T_R=140$			$T_R=201$			$T_R=475$			$T_R=975$			$T_R=2475$		
Isole	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$
Arcipelago Toscano, Isole Egadi, Pantelleria, Sardegna, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone	0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,296	0,274	2,70	0,303	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313	0,393	2,82	0,322	0,500	2,88	0,340	0,603	2,98	0,372	0,747	3,09	0,401
Ventotene, Santo Stefano	0,239	2,61	0,245	0,303	2,61	0,272	0,347	2,61	0,298	0,389	2,66	0,376	0,430	2,69	0,366	0,481	2,71	0,401	0,600	2,92	0,476	0,707	3,07	0,517	0,852	3,27	0,564
Ustica, Tremiti	0,429	2,50	0,400	0,554	2,50	0,400	0,661	2,50	0,400	0,776	2,50	0,400	0,901	2,50	0,400	1,056	2,50	0,400	1,500	2,50	0,400	1,967	2,50	0,400	2,725	2,50	0,400
Alicudi, Filicudi,	0,350	2,70	0,400	0,558	2,70	0,400	0,807	2,70	0,400	1,020	2,70	0,400	1,214	2,70	0,400	1,460	2,70	0,400	2,471	2,70	0,400	3,212	2,70	0,400	4,077	2,70	0,400
Panarea, Stromboli, Lipari, Vulcano, Salina	0,618	2,45	0,287	0,817	2,48	0,290	0,983	2,51	0,294	1,166	2,52	0,290	1,354	2,56	0,290	1,580	2,56	0,292	2,200	2,58	0,306	2,823	2,65	0,316	3,746	2,76	0,324

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17.01.2018) consentono ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, di fare riferimento a un approccio semplificato, con riferimento alle Tabelle 3.2.II e 3.2.III.

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.

Tabella 2. Estratto NTC 2018, Tab. 3.2.II-Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'Approccio semplificato.

In riferimento al modello geologico descritto per l'area di interesse progettuale, per l'area in studio è possibile ipotizzare una categoria di sottosuolo B.

Per il comune di Dorgali, classificato come Zona 4, storicamente risultano due scosse, entrambe nell'anno 2004, con Mw pari rispettivamente a 4.77 e 4.58, riferite ad eventi con epicentro nel Tirreno centrale (Fonte: [https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query\\_place/](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)).

## **12. Conclusioni**

Il presente elaborato Relazione Geologica, redatto per conto della Società Abbanoa spa dalla sottoscritta geol. Teresa Cossu, è parte integrante degli elaborati necessari per l'espletamento dell'iter progettuale dello Studio di Fattibilità Tecnico Economica per la realizzazione dell'intervento di *“Revamping dell'impianto di Dorgali Cala Gonone - PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA”*.

Dai rilievi di superficie eseguiti in sede di progettazione di fattibilità tecnica ed economica, il contesto litostratigrafico dell'area di intervento si caratterizza per la presenza di un basamento francamente lapideo di natura carbonatica, cui si sovrappone una formazione di natura detritica, con matrice da semicoerente a ben cementata; questa presenta potenza estremamente variabile all'interno della pertinenza del depuratore, con spessori massimi stimabili nell'ordine di circa 6 m, raggiunti con tutta probabilità nella porzione centro-orientale, che tendono all'assottigliamento in direzione del confine W-NW dell'area di interesse progettuale, in cui si riscontra direttamente in affioramento il basamento carbonatico in facies francamente litoide a pochi metri di distanza dalla ubicazione degli interventi in progetto.

La modellazione geologica preliminare del sito di interesse progettuale, in relazione alle opere da realizzare nonché alla estrema variabilità della potenza della formazione litologica prevalente nella ristretta area di interesse progettuale, ha condotto ad approntare un Piano delle Indagini geognostiche e geotecniche volto alla modellazione geologica di dettaglio (Cfr. Relazione Geotecnica), prevista in sede di progettazione definitiva e da porre a base delle verifiche geotecniche previste dalla vigente normativa.

In relazione alla pericolosità geologica del sito di intervento, si segnala che il vigente P.A.I. – parte idraulica individua in corrispondenza dell'impianto depurazione un'area di esondazione, con tempi di ritorno cinquantennali (Hi4, elevata pericolosità idraulica), riferita all'asta del Riu Ghirghe, che interessa direttamente l'impianto.

Nondimeno, il vigente P.A.I. – parte frane fa corrispondere all'area di pericolosità idraulica Hi4 una pericolosità da frana Hg4 (pericolosità molto elevata), connessa a potenziale movimentazione lungo

l'asta, in concomitanza a deflussi idrici ad elevata energia, di materiale detritico-alluvionale con conseguente trasporto solido che andrebbe a riversarsi nell'area dell'impianto.

Si segnala inoltre una zona a media pericolosità da frana Hg2 che interessa la porzione di monte dell'area pertinenza del depuratore, riferibile a fenomeni geomorfologici blandi e circoscritti che possono interessare le pendici del versante, quali ruscellamento diffuso e dilavamento a carico delle formazioni di copertura antiche e recenti, che vanno ad esaurirsi con la riduzione della pendenza ai piedi del pendio.

In relazione alla pericolosità idraulica e da frana sopra enumerati, non sono emersi in sede di analisi dell'area di interesse progettuale processi geomorfologici su cui gli interventi in progetto possano produrre ricadute apprezzabili, tali da modificare o incrementare la pericolosità individuata dal vigente P.A.I.. Inoltre, come riportato nella Relazione generale di Progetto, *“si osserva che pur ricadendo in area di rischio Pai Hi4 (idraulica) e Hg4 (frana), il progetto non è sottoposto a Studio di compatibilità idraulica, né a studio di compatibilità geologica e geotecnica in quanto gli interventi ricadono nella fattispecie di adeguamento funzionale di impianti esistenti (art. 27 comma 5 e 31 comma 5 della NTA), come chiarito nella circolare 1/2019 allegata alla deliberazione n. 2 del 19 febbraio 2019”*.

Falde acquifere di modesta capacità possono svilupparsi nella zona di interesse in corrispondenza dei depositi detritici, ove questi raggiungono potenza sufficiente all'instaurarsi di accumuli idrici, mentre non si rilevano, in corrispondenza e nell'intorno del depuratore, emergenze sorgentizie.

In conclusione, sulla base dei rilievi e degli studi condotti nell'area di interesse progettuale e nel suo intorno significativo, considerate le caratteristiche delle opere progetto, è possibile concludere attestando la fattibilità geologica dell'intervento.

## **ALLEGATI CARTOGRAFICI**

INQUADRAMENTO AEROFOTOGRAMMETRICO SCALA 1:25.000

INQUADRAMENTO AEROFOTOGRAMMETRICO SCALA 1:10.000

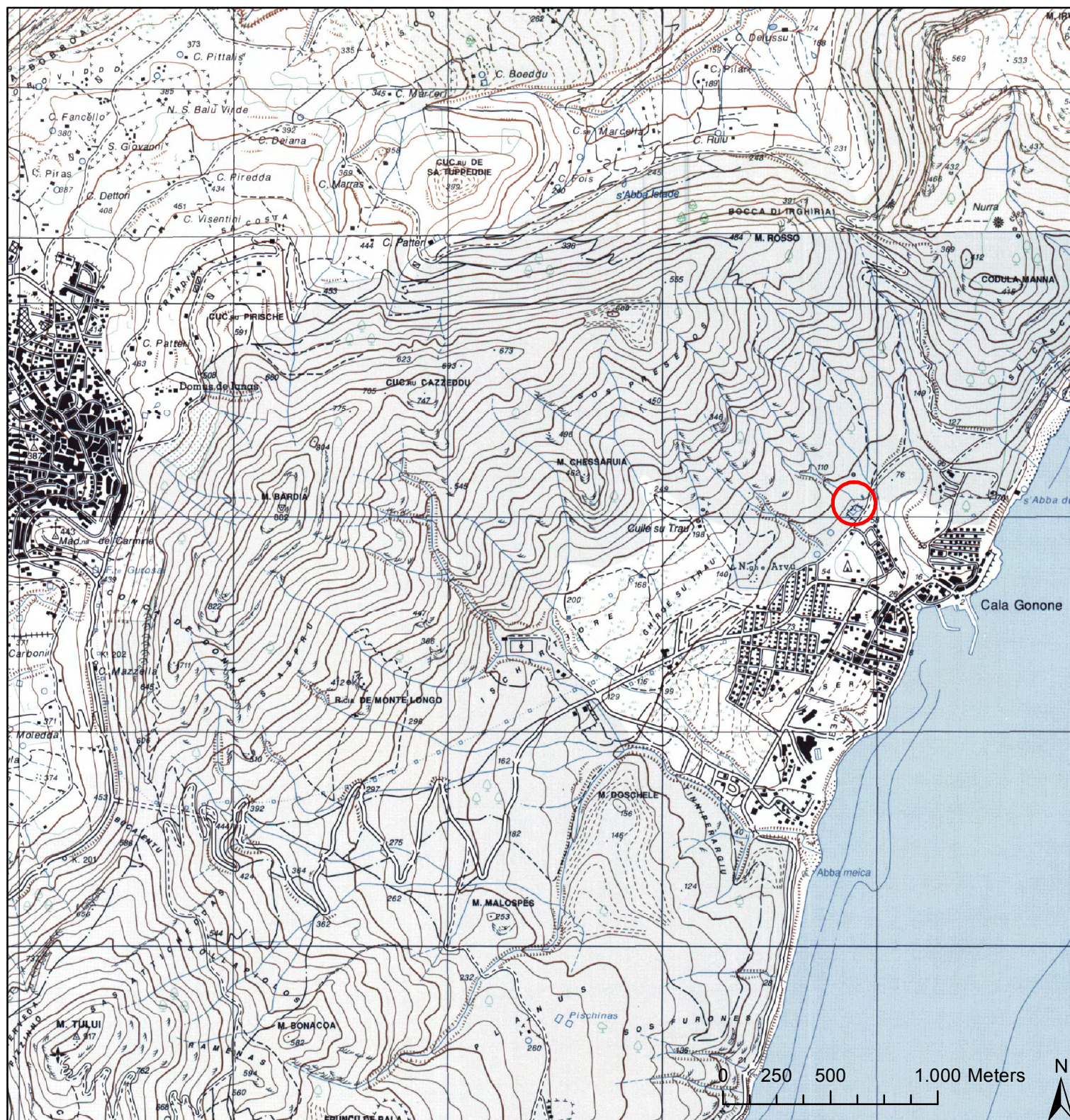
INQUADRAMENTO P.A.I.-PARTE IDRAULICA SCALA 1: 1.000

INQUADRAMENTO P.A.I.-PARTE FRANE SCALA 1: 1.000

CARTA LITOLOGICA SCALA 1:5.000



# INQUADRAMENTO SU BASE CARTOGRAFICA I.G.M. SCALA 1:25.000



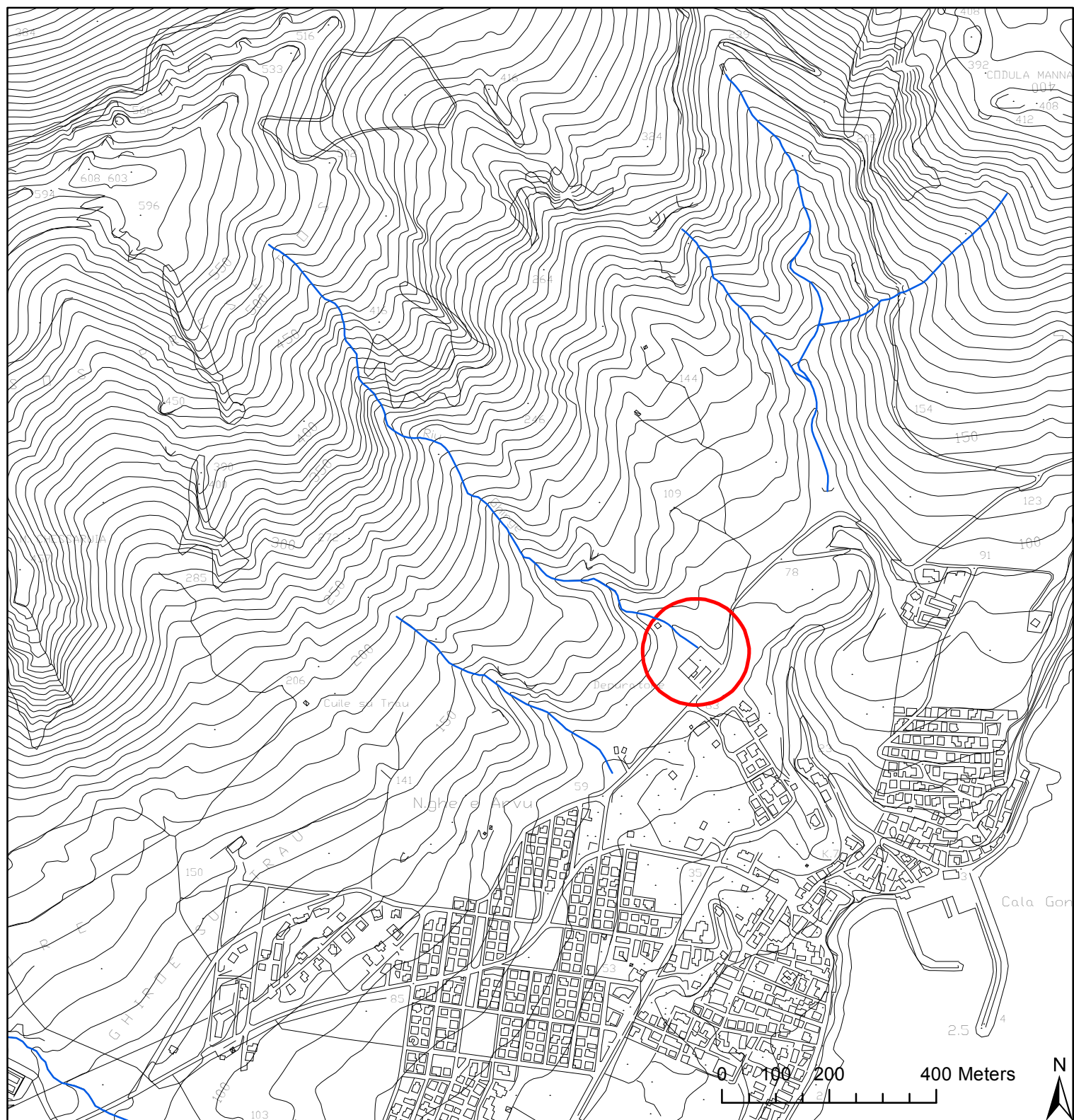
## Legenda

 AREA DI INTERVENTO





# INQUADRAMENTO SU BASE CARTOGRAFICA C.T.R.

## SCALA 1:10.000



### Legenda

-  AREA DI INTERVENTO
-  IDROGRAFIA SUPERFICIALE (Fonte: DBT RAS)



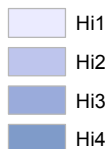
INQUADRAMENTO P.A.I. PARTE IDRAULICA  
SU BASE CARTOGRAFICA C.T.R.  
E ORTOFOTO 2016  
SCALA 1:1.000



**Legenda**

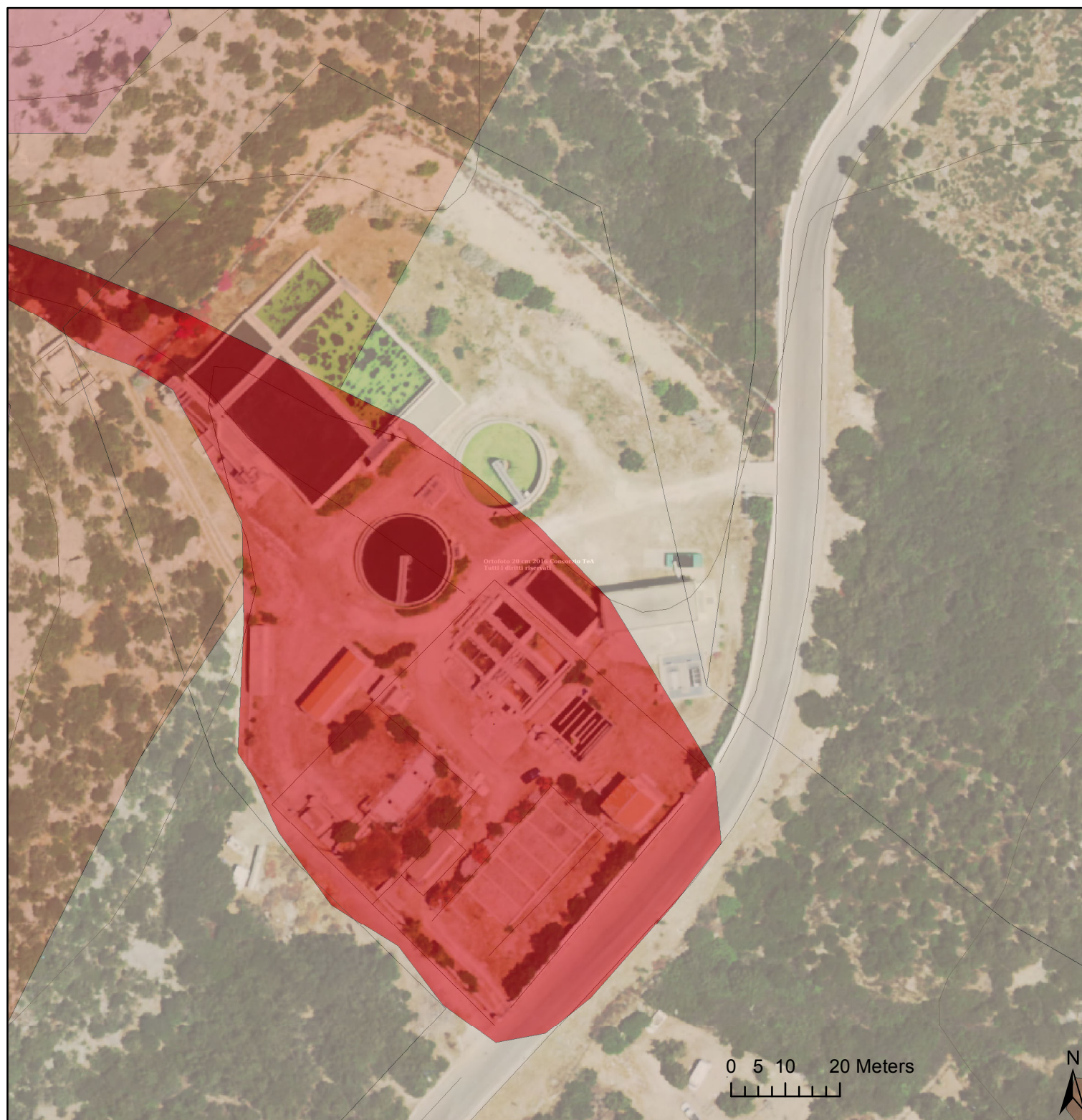
**PGRA\_2017\_Sub05**

**Hi**





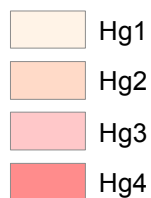
INQUADRAMENTO P.A.I. - PARTE FRANE  
SU BASE CARTOGRAFICA C.T.R.  
E ORTOFOTO 2016  
SCALA 1:1.000



**Legenda**

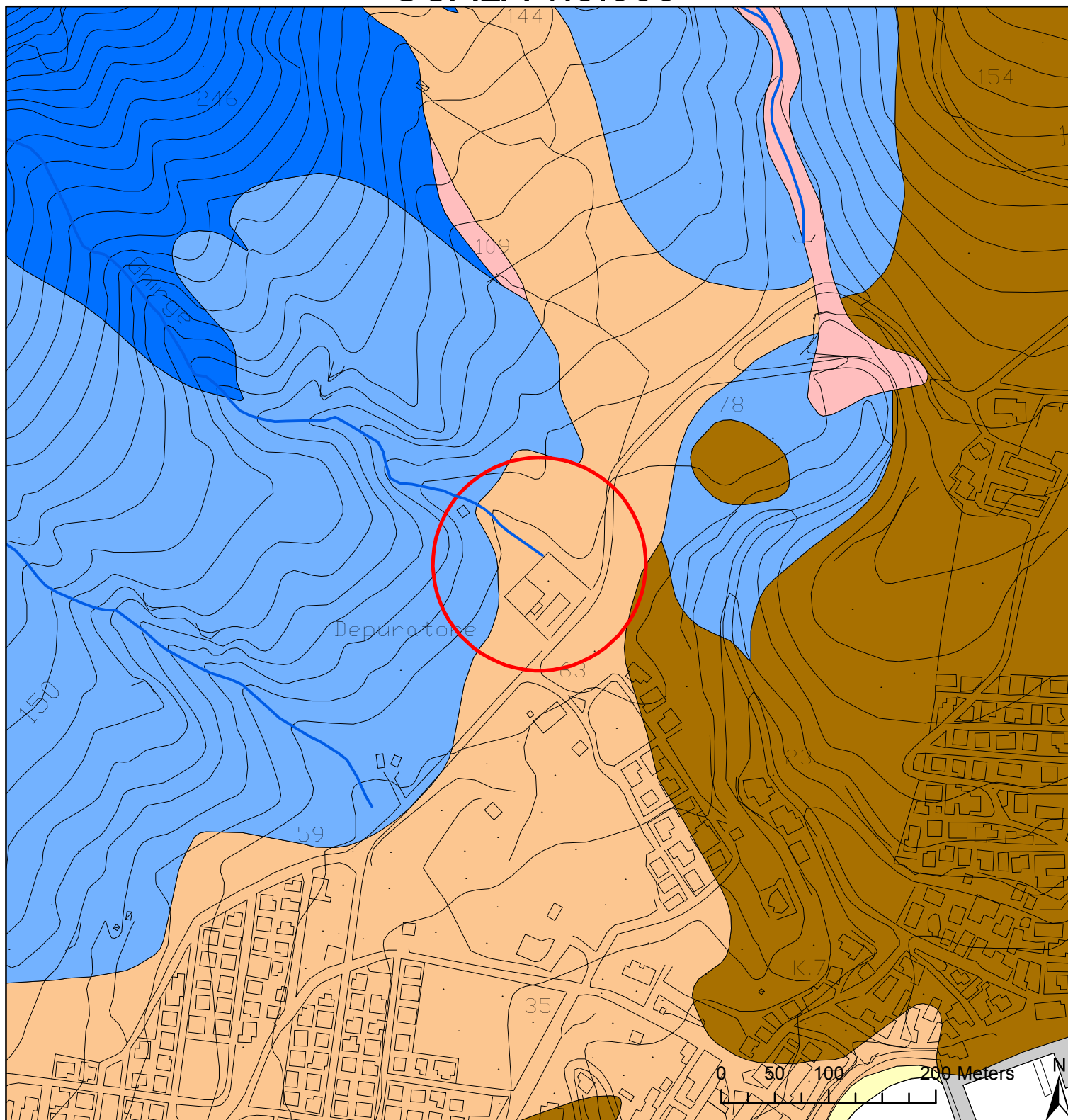
PERICOLOSITA' DA INVILUPPO P.G.R.A. - STUDIO PAI COMUNALE

**Hg\_Max**



# CARTA LITOLOGICA

## SCALA 1:5.000



### Legenda

- AREA DI INTERVENTO
- IDROGRAFIA SUPERFICIALE (Fonte: DBT RAS)
- Manufatti antropici.
- Depositi di spiaggia. Sabbie e ghiaie, talvolta con molluschi, etc.
- Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati.
- Subsistema di Abba Méica. Detriti di versante tipo "éboulis ordonnés" e detriti di versante eterometrici non stratificati, intercalati a ghiaie e sabbie alluvionali.
- BASALTI DEI GOLLEI. Hawaiiiti, subordinati basalti alcalini e mugeariti, andesiti basaltiche subalcaline; in grandi espandimenti lavici e colate.
- FORMAZIONE DI MONTE BARDIA. Biocalcareni/calciruditi, calcari oolitici.
- FORMAZIONE DI MONTE TULUI. Calcareni oolitiche e oolitico-bioclastiche, in alternanza con calcilutiti.