

**SOCIETÀ: IGEA S.P.A.**

**SEDE LEGALE: LOC. CAMPO PISANO SNC - 09016 IGLESIAS**

**C.F. 01087220289 - P.IVA 01660730928**

## SCHEDA TECNICA

**OGGETTO: PROCEDURA TELEMATICA PER AFFIDAMENTO DIRETTO PER IL CONFERIMENTO DI UN INCARICO PROFESSIONALE CONSULENZA GEOLOGICA E GEOTECNICA PER LA PROGETTAZIONE AMBIENTALE MEDIANTE RDO SU SARDEGNA CAT.**

### Sommario

1	AREA MINERARIA DI MASUA .....	2
1.1	Oggetto e finalità del progetto .....	2
1.2	Descrizione dell'area d'intervento.....	2
1.3	Interventi previsti dal progetto preliminare .....	2
1.4	Oggetto dell'affidamento.....	2
2	FANGHI ROSSI .....	3
2.1	Descrizione dell'area d'intervento.....	3
2.2	Oggetto e finalità del progetto .....	4
2.3	Inquadramento geologico .....	5
	Schema tettonico .....	5
	Idrogeologia.....	6
2.4	Oggetto della richiesta della Prestazione.....	6
3	AREA MINERARIA DI FURTEI .....	6
3.1	Oggetto e finalità del progetto .....	6
3.2	Descrizione dell'area d'intervento.....	10
3.1	Inquadramento geologico .....	10
3.2	Oggetto della prestazione .....	11
4	AREA MINERARIA DI SOS ENATTOS .....	11
4.1	Oggetto e finalità del progetto .....	11
4.2	Descrizione dell'area d'intervento.....	12
4.3	Inquadramento geologico .....	12
4.4	Oggetto della prestazione .....	12

## 1 AREA MINERARIA DI MASUA

### 1.1 Oggetto e finalità del progetto

Le finalità del progetto consistono nella definizione, nella progettazione di dettaglio e nel dimensionamento degli interventi per la messa in sicurezza/bonifica dell'area mineraria di Masua, sulla base degli esiti del Piano di caratterizzazione ambientale e facendo seguito alla proposta progettuale preliminare di messa in sicurezza/bonifica dell'area elaborati da IGEA.

Il progetto riguarderà lo sviluppo, fino al livello definitivo-operativo e con un dettaglio esecutivo, della suddetta soluzione progettuale, tenuto conto delle prescrizioni formulate dagli Enti competenti nell'ambito del procedimento di approvazione della stessa.

### 1.2 Descrizione dell'area d'intervento

L'area mineraria di Masua si colloca nella fascia costiera sud-occidentale della Sardegna fra il Golfo del Leone e la cala di Buggerru, più precisamente è situata nella zona a nord est del bacino minerario del Sulcis Iglesiente. La miniera di Masua si trova a poca distanza dalla spiaggia omonima. Si tratta di un'area mineraria attiva per oltre un secolo a cavallo del 1900. Diverse società si sono alternate nel tempo per lo sfruttamento del giacimento, composto da una miscela di solfuri e ossidati di piombo e zinco. Nella topografia ufficiale, l'area considerata si trova compresa interamente nel foglio N.5554 della cartografia nazionale IGM con scala 1:25.000, mentre in scala regionale, e precisamente nella Carta Tecnica Regionale CTR in scala 1:10.000, l'area è inquadrabile tra le tavolette n.555-050, n.555-060 e piccole porzioni delle tavolette n.555-010 e 555-020.



Presso questa miniera era presente un impianto di trattamento mineralurgico, i cui residui venivano abbancati in due bacini di contenimento (volume stimato 3.750.000 m<sup>3</sup>). Nel complesso minerario si contano un totale di 43 discariche di cui 18 persistenti nel sito industriale di Masua e 25 sparse nell'area vasta, in diverse zone del Bacino del Rio Matoppa. Si stima siano abbancati un totale di 553.800 m<sup>3</sup> di rifiuti di estrazione nell'area industriale e 86.900 m<sup>3</sup> nell'area vasta.

### 1.3 Interventi previsti dal progetto preliminare

La proposta progettuale preliminare di messa in sicurezza/bonifica<sup>1</sup> prevede:

- la realizzazione di un Sito di Raccolta a servizio della bonifica dell'area, mediante la Messa in Sicurezza Permanente centralizzata di una serie di discariche minerarie, per un volume stimato di rifiuti minerari pari a circa 600'000 m<sup>3</sup>. In merito a ciò, venivano delineate n. 3 soluzioni possibili:
  - a) continuare a caricare gli esistenti Bacini A e B, completando la loro configurazione definitiva con i residui abbancati sia presso l'area industriale che con parte di quelli delle altre discariche di composizione compatibile, effettuandone dunque la messa in sicurezza permanente;
  - b) completare, sempre con la rimozione degli stessi rifiuti minerari, il bacino già in parte impostato e mai portato a termine, allocato nel versante orientale del sistema dei Bacini A e B, realizzando così il cosiddetto Bacino C come Sito di Raccolta;
  - c) realizzare il nuovo Sito di Raccolta in una configurazione intermedia tra le precedenti, ossia mediante l'abbancamento dei rifiuti minerari, già definiti per le soluzioni precedenti, in parte sugli esistenti Bacini A e B e in parte sul Bacino C di nuova realizzazione, di dimensioni ridotte quindi rispetto alla soluzione precedente.
- la Messa in Sicurezza Permanente, indipendentemente dalla configurazione finale del Sito di Raccolta, dei due Bacini sterili esistenti A e B;
- la Messa in Sicurezza Permanente in situ delle discariche minerarie non asportabili, presenti sia nei pressi dell'area industriale sia all'esterno di essa.

La scelta tra le tre diverse soluzioni sarà effettuata sulla base dello studio geologico e geotecnico dettagliato nel paragrafo seguente.

### 1.4 Oggetto dell'affidamento

L'incarico oggetto dell'affidamento consiste nello svolgimento delle seguenti attività finalizzate alla progettazione degli interventi di messa in sicurezza permanente e bonifica dell'area mineraria di Masua:

<sup>1</sup> Proposta progettuale elaborata in conformità con quanto disposto nell'Ordinanza n. 8 del 1.10.2012 del Commissario Delegato per l'emergenza ambientale delle aree minerarie dismesse del Sulcis Iglesiente e del Guspinese. Il progetto preliminare è stato esaminato con esito positivo nell'ambito del Tavolo Tecnico Istruttorio del 15 aprile 2014 presso l'Assessorato della Difesa dell'Ambiente.

- **MODELLIZZAZIONE E STUDIO GEOTECNICO DELLO STATO E DELLA STABILITÀ DEI BACINI STERILI ESISTENTI (n.2 su corpo unico – Bacini A e B),** redatto in ottemperanza ai contenuti delle “Norme tecniche per le costruzioni” approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- **SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE DI EVENTUALI OPERE DI CONSOLIDAMENTO GEOTECNICO DEI DUE BACINI STERILI E ALLA PROGETTAZIONE DEL NUOVO SITO DI RACCOLTA (n.1 su corpo unico – Bacini A, B e C), E STUDIO GEOTECNICO STATO DI FATTO E PROGETTAZIONE DI EVENTUALI OPERE DI CONSOLIDAMENTO DELLE DISCARICHE DELL’AREA MINERARIA (IN CORPO UNICO) AVENTI ID – MS27-28-29-30-31, E DELLA DISCARICA MS 32, MS 16- 17 ED MS 01 – 05,** redatto in ottemperanza ai contenuti delle “Norme tecniche per le costruzioni” approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- **REDAZIONE DI RELAZIONE GEOTECNICA E RELATIVI DIMENSIONAMENTI** a corredo del progetto strutturale dell’opera che deve descrivere **LA MODELLAZIONE GEOTECNICA e LA MODELLAZIONE SISMICA** del sito secondo quanto previsto al paragrafo 6.2.1. delle NTC 2018
- **REDAZIONE DELLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA/GEOTECNICA** dei comparti analizzati secondo la modellizzazione geotecnica proposte con valutazione dell’intero versante di riferimento preesistente

A questo fine il tecnico incaricato dovrà individuare una serie di indagini per identificare il modello geologico di riferimento e i modelli geotecnici necessari per le verifiche di sicurezza e per la progettazione degli interventi.

Il consulente dovrà fornire, per quanto di propria competenza e sulla base degli studi di cui sopra, supporto al Servizio Ingegneria IGEA per la progettazione degli interventi di messa in sicurezza permanente dell’area.

## 2 FANGHI ROSSI

### 2.1 Descrizione dell’area d’intervento

L’area oggetto di intervento si trova all’interno dell’area mineraria di Monteponi, situata nella Sardegna Sud- Occidentale e compresa nel territorio del Comune di Iglesias, da cui dista 700 metri in direzione Sud-Ovest.

L’area risulta confinata:

- a Sud dalla strada sterrata che costeggia il limite meridionale dell’area industriale Waelz;
- a Sud Est dal lotto di pertinenza della Cabina primaria ENEL;
- a Est dall’area industriale dismessa “Laveria Mameli” e dalla discarica antistante l’ex impianto elettrolisi dell’Area industriale di Monteponi, rinverdata artificialmente con essenze erbacee e pini;
- a Nord Est dal Complesso Minerario di Monteponi;
- a Nord dall’area estrattiva denominata “Cungiaus”;
- a Ovest dal compluvio naturale in località San Severino, così denominata per la presenza dell’omonima chiesetta.



Fig. 1 - Stradario dell’area (fonte Google Earth Pro®)

La strada statale SS126 scorre immediatamente ai piedi del bacino “Fanghi rossi”, così dividendo l’area di discarica dall’area industriale “Waelz”. Come si vede dalle due figure, sono state definite n. 2 perimetrazioni: una, delimitante un’area rappresentata con sfondo rosso pieno e corrispondente alle superfici esposte del bacino “fanghi rossi”, che nel proseguo della relazione sarà identificata come “AREA FANGHI ROSSI”; l’altra, più estesa, che comprende tutte le opere funzionali alla messa in sicurezza della discarica, come canalizzazioni, vasche di raccolta, impianti di trattamento dei reflui, aree e viabilità di cantiere, opere di sostegno, che sarà invece identificata come “AREA VASTA”.

L’estensione dell’area vasta è di circa 30 ettari, mentre l’area fanghi rossi occupa una superficie di circa 10 ettari.

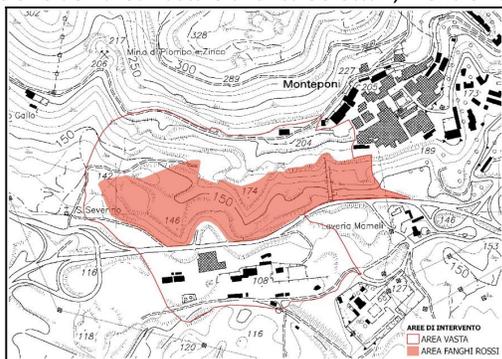


Fig. 1 - Inquadramento Carta Tecnica Regionale 1:10.000 – Foglio 555 – Sezioni 070-110



Fig. 2 - Delimitazione dell’area di intervento

## 2.2 Oggetto e finalità del progetto

Per ottemperare a quanto prescritto dall'Assessorato Ambiente la Società Igea deve predisporre il progetto di Messa in sicurezza della discarica dei Fanghi Rossi, ubicata all'interno della Concessione di Monteponi, per il quale ha predisposto 4 scenari alternativi da sottoporre all'attenzione degli Enti Competenti che dovranno esprimersi sulla soluzione da adottare. Di seguito una sintesi delle proposte progettuali avanzate:

- **Proposta n. 1: si basa su uno scenario di conservazione dello stato di fatto e di completamento dei progetti già approvati.** Ai fini della riduzione del rischio derivante dai processi di trasmissione della contaminazione alle matrici ambientali, gli interventi saranno limitati alla manutenzione dei presidi ambientali già messi in atto e di quelli da realizzare sulla base dei progetti approvati o in corso di approvazione. Sulle possibilità di esposizione al rischio facendo ricorso a sistemi di limitazione all'accesso alle aree. I presidi ambientali già presenti sono costituiti dai sistemi di regimazione delle acque superficiali interferenti con la discarica dei Fanghi Rossi, che andrebbero completati con due nuove vasche, una vasca per la raccolta e prima sedimentazione delle acque provenienti dal versante Est del bacino ed una seconda vasca di equalizzazione a monte dell'impianto, con la realizzazione e messa in esercizio dall'impianto di trattamento dei reflui ed, infine, con sistemi di irrigazione a pioggia per eliminare il sollevamento di polveri.
- **Proposta n. 2:** La seconda proposta progettuale comporta, rispetto allo scenario n. 1, modificazioni più significative dei progetti precedentemente approvati e, nella rosa delle possibili zioni che si possono mettere in campo nell'ambito della messa in sicurezza delle aree minerarie, può essere inquadrata come una parziale messa in sicurezza permanente, con impermeabilizzazione delle spianate e successivo inverdimento e impermeabilizzazione dei fronti relativi a corpi di discarica costituiti da tipologie diverse dai fanghi rossi (sterili da laveria magnetica, sterili gravimetrici, sabbie di lisciviazione, scorie metallurgiche). Relativamente ai versanti eccessivamente lunghi e inclinati, per il buon esito dell'intervento di copertura, potrebbe essere necessario un rimodellamento a gradoni, cercando di limitare la pendenza fino ad un massimo di 30° e la lunghezza dei pendii ad un massimo di 20 metri, o il ricorso ad opere di ingegneria naturalistica. Le superfici interessate dall'intervento sono pari a circa 25.000 m<sup>2</sup> per le spianate e circa 18.500 m<sup>2</sup> per le superfici inclinate e costituiscono complessivamente circa il 45% della superficie totale della discarica.

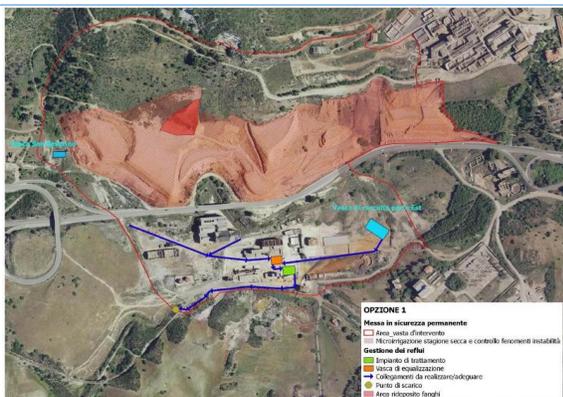


Fig. 1 - Planimetria degli interventi dell'opzione progettuale n. 1

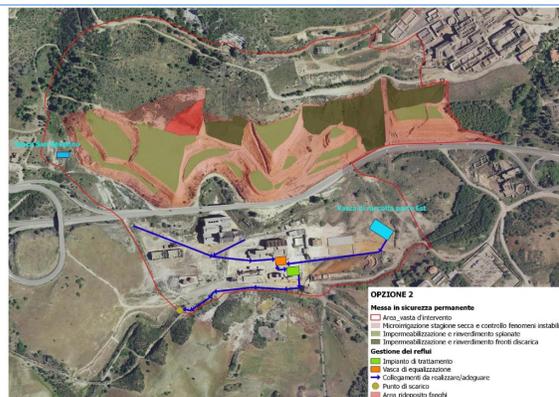


Fig. 2 - Planimetria degli interventi dell'opzione progettuale n. 2

- **Proposta n. 3:** La proposta progettuale n. 3 ha come obiettivo l'isolamento completo del centro di pericolo costituito dal bacino dei "fanghi rossi" tramite una copertura impermeabile di tutta la superficie della discarica. Se, da un lato, quest'alternativa cancella un simbolo della storica attività mineraria dell'area di Monteponi, dall'altro lato, rispetto alle prime due opzioni progettuali, offre maggiori garanzie in termini di rischio sanitario-ambientale e notevoli vantaggi socio-economici dovuti all'abbattimento dei costi di gestione della messa in sicurezza ed alla rinnovata fruibilità dell'area d'intervento e di quelle circostanti.
- **Proposta n. 4:** La quarta alternativa progettuale è incentrata sulla rimozione dei fanghi goethitici derivanti dal processo di produzione dello zinco elettrolitico dalle calamine ferruginose ("fanghi rossi"). Si prevede di asportare solo i volumi esposti dell'abbancamento, ossia quelli che apportano i maggiori rischi ambientali idrogeologici, e non intervenire nuovamente in aree già riabilitate o oggetto di movimentazioni finalizzate alla messa in sicurezza, in cui i fanghi si trovano già ricoperti da consistenti strati di materiale diverso. La gestione dei fanghi asportati potrebbe seguire diverse modalità alternative che di seguito si elencano:
  1. Stoccaggio dei fanghi tal quali all'interno dei vuoti minerari limitrofi, previa realizzazione della barriera impermeabile su fondo e pareti della cavità;
  2. Inertizzazione dei fanghi con trattamenti termici o chimico-fisici e stoccaggio all'interno dei vuoti minerari limitrofi;
  3. Riprocessamento come materia prima secondaria per la produzione di materiale di zinco, piombo e ghisa.

La selezione dell'alternativa ottimale di gestione potrà essere condotta sulla base di approfondite valutazioni tecnico-economiche ed eventuali prove pilota dei processi di trattamento, che saranno avviate nel caso in cui la posizione condivisa degli Enti competenti propendesse per la rimozione dei fanghi rispetto al mantenimento in posto degli stessi.

Per questo scenario sono previsti i seguenti interventi:

- Asportazione di tutti gli abbancamenti a cielo aperto costituiti da fanghi rossi, per un volume stimato in circa 800.000 m<sup>3</sup>;
- Gestione dei fanghi asportati secondo una delle n.3 modalità di gestione enunciate sopra;

- Messa in sicurezza permanente delle discariche e delle superfici degradate residue, tramite rimodellamento a gradoni, copertura impermeabile multistrato e rinverdimento, sullo stesso schema applicato alle superfici inclinate nelle opzioni progettuali n. 2 e n. 3.

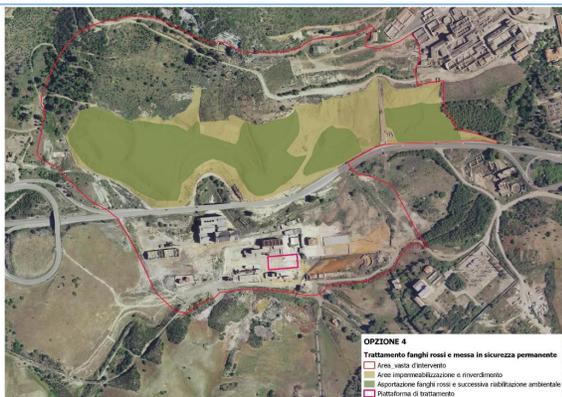


Fig. 1 - *Planimetria degli interventi dell'opzione progettuale n. 4*

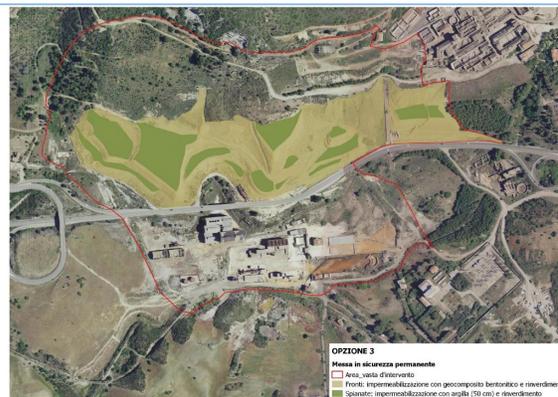


Fig. 3 - *Planimetria degli interventi dell'opzione progettuale n. 3*

### 2.3 Inquadramento geologico

L'Iglesiente mostra una varietà di forme legate ai diversi tipi litologici presenti, con rilievi poco marcati negli scisti e nelle puddinghe ordoviciane, appena più accentuati nelle arenarie, mentre nelle rocce calcaree si hanno forme più aspre con pareti spesso verticali. L'area risente dell'intensa attività erosiva che ha lungamente modellato il paesaggio in più riprese determinando peneplanazioni, le quali si contrappongono all'attività tettonica ridisegnando nuove geometrie strutturali, fino agli ultimi movimenti tettonici del plio-quadernario che si riflettono nelle forme dei rilievi e nei dislivelli esistenti fra le cime più elevate e le depressioni vallive.

Quelli che rappresentano i caratteri generali dell'Iglesiente nell'area in oggetto sono spesso mancanti per fare posto a caratteri geomorfologici di un'area degradata che risente nella sua conformazione antropizzata della recente attività mineraria. Gli aspetti più evidenti si possono evidenziare in un territorio in cui le forme antropiche hanno la predominanza su quelle naturali, che sono state nel corso degli anni, in molti casi, quasi completamente obliterate.

Ciò che costituisce l'impatto visivo del sito è rappresentato da ampie discariche adagate sui versanti più o meno dolci delle colline, quelle stesse colline a cui spesso manca la cima perché asportata dai lavori minerari.

Tutte queste azioni dovute all'impatto antropico non hanno modificato solo l'impatto visivo, ma è ovvio che abbiano portato conseguenze negli aspetti dinamici del paesaggio, mutando completamente, ad esempio, la circolazione idrica con deviazioni, sbarramenti, asportazioni di materiale, formazione di bacini di accumulo ed andando ad alterare la circolazione idrica sotterranea per la presenza delle gallerie. In conseguenza di questo fatto anche la contaminazione dei terreni attraversata dai corsi d'acqua si trasmette e si diffonde in aree che potrebbero apparire a prima vista esenti da tali condizionamenti.

#### Schema tettonico

L'assetto strutturale della zona è caratterizzato da un complesso sistema plicativo imputabile a due fasi tettoniche distinte, la Caledonica e l'Ercinica, mentre l'orogenesi Alpina si è esplicata unicamente con effetti disgiuntivi.

Una ricostruzione generale permette di individuare una serie di pieghe ad asse E-W di età Caledonica precoce, la cosiddetta "Fase Sarda", cui si associa un sistema di direttrici di taglio coniugate, effetto della compressione N-S.

Esempi di questa fase sono la sinclinale della valle di Iglesias e la grande anticlinale S.Benedetto-Marganai.

I successivi eventi Caledonico s.s. e Ercinico si sovrappongono al precedente, con direttrici compressive inizialmente N-S. In questa fase si ha un costipamento delle pieghe della "Fase Sarda".

In seguito al persistere della compressione N-S, si svilupparono poi direttrici che sarebbero responsabili della formazione di una serie di pieghe ad assi trasversali rispetto alla fase E-W.

Tra gli elementi strutturali che rappresentano questo tipo di tettonica plicativa si deve necessariamente citare l'anticlinale di Gennalvas-Campo Pisano, con asse N-S, dovuta alle spinte orogenetiche E-W che hanno causato il sollevamento del bordo orientale della sinclinale di Iglesias.

Questa struttura assume una notevole importanza dal punto di vista idrogeologico poiché costituisce il setto impermeabile che divide i due bacini principali della zona: quello interessato dalle lavorazioni minerarie a Ovest di Iglesias (Bacino Idrogeologico di Monteponi) e quello del Cixerri ad Est della stessa, da cui il capoluogo minerario ha tratto gran parte dell'alimentazione idropotabile negli ultimi decenni.

L'ultimo evento orogenetico, il ciclo Alpino con la sua tettonica disgiuntiva, ha dato luogo ad una serie di Horst e Graben riprendendo per lo più direttrici caledoniche e, soprattutto, erciniche.

Un esempio di quest'ultima fase è la valle del Cixerri in cui si notano strutture carbonatiche Cambriche (Su Merti, M. Figu, etc.), a significare appunto, pur in presenza di alti strutturali (horst), la continuità nella valle delle formazioni permeabili carbonatiche, al di sotto della coltre alluvionale del Cixerri.

### Idrogeologia

Rispetto al problema idrogeologico, le diverse formazioni hanno un comportamento sostanzialmente differenziato che verrà di seguito evidenziato:

- Complesso terrigeno inferiore

Si identifica con la formazione di Nebida del Cambrico inferiore. A grande scala questo complesso è caratterizzato da permeabilità per porosità o fessurazione da scarsa a nulla. Una limitata circolazione è legata solo alla presenza di intercalari carbonatici che fungono da setti drenanti delle acque circolanti e che solo in pochi casi raggiungono portate superiori al litro al secondo.

- Complesso carbonatico antico

Questo complesso inizia con il membro delle dolomie rigate la cui permeabilità limitata nella parte basale tende a crescere verso l'alto stratigrafico. In continuità si rileva la dolomia grigia a cui fa seguito, spesso in eteropia di facies, il calcare ceroide. Le differenti caratteristiche petrografiche dei due membri si ripercuotono sia sul comportamento geomeccanico (differente grado di fratturazione) che sul comportamento geochimico (diverso grado di carsificabilità). Così le dolomie, che hanno una tessitura più massiccia, presentano un minor grado di fratturazione, con le fratture spesso riempite da materiale residuale, rispetto ai calcari che appaiono estremamente fratturati.

Anche il carsismo differenzia in modo netto i due membri, ancora a favore della facies calcarea.

Il complesso carbonatico costituisce la cosiddetta roccia serbatoio, in cui è immagazzinata la maggioranza dei volumi idrici sotterranei.

- Complesso terrigeno superiore

È costituito da calcari nodulari e dai sovrastanti argilloscisti cambrici e da sedimenti ordoviciani.

Le cui caratteristiche idrogeologiche sono di impermeabilità totale.

- Complesso marnoso arenaceo conglomeratico

Questo complesso, praticamente impermeabile, è costituito dalla "Formazione del Cixerri" è spesso interposto fra gli acquiferi recenti costituiti da alluvioni sabbioso-quarzose e quelli esistenti alla base del lignitifero costituito da calcari e dolomie, marginali rispetto alla nostra area. In alcune zone questi sedimenti giacciono sull'acquifero carbonatico cambrico generando soglie di permeabilità invalicabili.

- Copertura recente

Questo complesso consta di tre membri a tratti intimamente connessi, altre volte presenti isolatamente:

- *Il membro più potente è costituito da sabbie marine abbastanza cementate dotate di permeabilità media per porosità.*
- *Alluvioni sabbioso-quarzose dotate di buona permeabilità per porosità.*
- *Alluvioni prevalentemente argillose, praticamente impermeabili.*

### 2.4 Oggetto della richiesta della Prestazione

L'oggetto della prestazione consiste nelle seguenti attività:

1. **MODELLIZZAZIONE E STUDIO GEOTECNICO DELLO STATO E DELLA STABILITÀ DEL BACINO DEI FANGHI ROSSI**, redatto in ottemperanza ai contenuti delle "Norme tecniche per le costruzioni" approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
2. **ELABORAZIONE DELLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA DELLO STATO DI PROGETTO CHE VERRÀ CONCORDATO IN FASE DI CONFERENZA DI SERVIZI** (redatto ai sensi dell'art. 25 delle Norme di Attuazione del P.A.I.).

A questo fine il tecnico incaricato dovrà definire una serie di indagini per identificare il modello geologico di riferimento e i modelli geotecnici necessari per le verifiche di sicurezza e per la progettazione degli interventi.

## 3 AREA MINERARIA DI FURTEI

### 3.1 Oggetto e finalità del progetto

La messa in sicurezza del Cantiere di **Sa Perrima Livello 1** rientra all'interno del Progetto Attività di bonifica, messa in sicurezza e ripristino dell'ex area mineraria di Santu Miali, ubicata nei Comuni di Furtei, Guasila, Segariu e Serrenti. Nel Cantiere di Sa Perrima Livello 1 sono in corso le attività di messa in sicurezza permanente dei materiali derivanti dalla passata attività mineraria mediante loro abbancamento in apposita struttura ricavata dal ripristino dei vuoti prodotti dalle attività di coltivazione secondo la metodologia indicata dall'art. 10 del D.Lgs. 117/2008.

Ai fini del ripristino e ricostituzione della morfologia originaria, il riempimento delle volumetrie dell'area di scavo (area di riporto) sarà realizzata esclusivamente attraverso l'impiego dei materiali presenti in cantiere. In particolare è previsto l'impiego

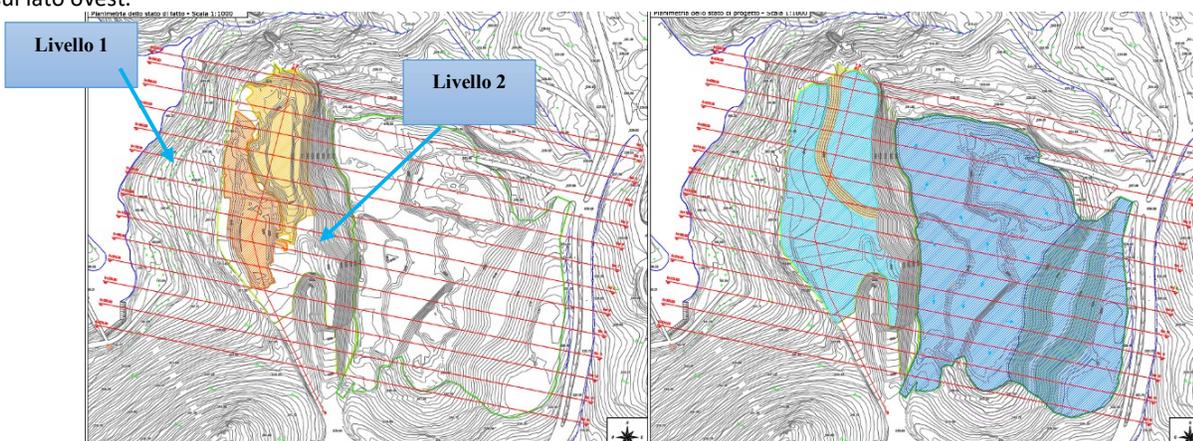
dei materiali abbancati nel livello 1 (area di sterro), dei materiali prodotti dalla messa in sicurezza delle pareti subverticali e dei cumuli caoticamente distribuiti nell'area adiacente, indicato come Sa Perrima Livello 2.

Il pacchetto di attività previste per il ripristino sono:

1. Impermeabilizzazione del fondo e stesa di telo geotessuto antipunzonamento
2. Disgaggio delle pareti che separano il Livello 1 dal Livello 2
3. Impermeabilizzazione pareti e sistemazione telo geotessuto antipunzonamento
4. Stesa e compattazione dei materiali fino al raggiungimento della quota di riempimento di progetto
5. Messa in opera di copertura finale.

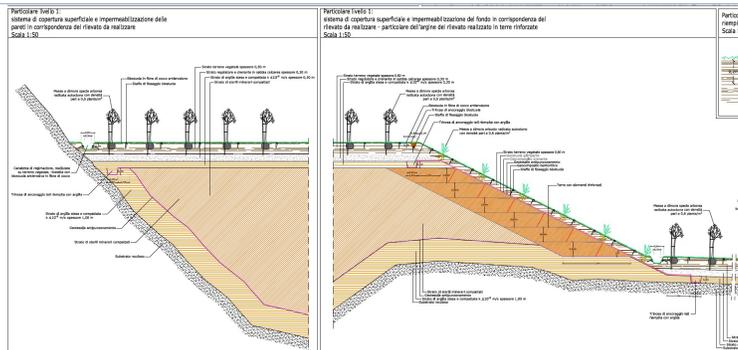
**Ad oggi le attività eseguite sono quelle relative alla fase 1 e 2.**

A seguito dell'impermeabilizzazione del fondo deve essere avviato il trasporto e messa a dimora dei materiali sciolti presenti sulla superficie del Livello 1 e del Livello 2, con una loro stesa e compattazione che deve essere effettuata contestualmente all'impermeabilizzazione della parete di separazione tra i due Livelli, sul lato est, e alla realizzazione del muro di contenimento sul lato ovest.



L'impermeabilizzazione delle pareti avverrà secondo strati di spessore massimo pari a 0,20 m e per un'altezza massima pari a due strati (0,40 m). Seguirà la stesa e compattazione degli sterili che procederà per strati successivi con spessori non superiori a 0,40 m fino al livello delle argille sulle pareti. Le attività di cui alle fasi 2 e 3 procederanno iterativamente sino al raggiungimento della quota di progetto. *Il volume di materiale impegnato per il riempimento del vuoto è pari a 33.000 m<sup>3</sup>.*

Sul lato ovest dello scavo, per consentire la delimitazione degli sterili minerari in rilevato e per realizzare un miglior supporto della copertura finale (impermeabilizzazione e rinaturazione) sarà realizzato un argine di contenimento in terre armate. Nella realizzazione del manufatto è previsto l'impiego degli stessi materiali utilizzati per la riabilitazione delle volumetrie opportunamente vagliati. La granulometria dei materiali dovrà essere compresa nei gruppi A1, A3, A2-4, A2-5 della classificazione UNI CNR (Norma 10006).



Il manufatto avrà dimensioni così come riportato in sintesi nella tabella che segue:

Tabella 5. *Caratteristiche dimensionali del manufatto di contenimento in terre armate da realizzare.*

Manufatto	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Larghezza [m]	Angolo esterno [°]	Volume [m <sup>3</sup> ]
Rilevato in terre armate 216 - 219,9 m s.l.m.	160	3,9	3	26,50	2.400

Ultimata la riabilitazione delle volumetrie si procederà con la realizzazione della copertura finale dell'area di intervento di livello 1. Per tale attività si è proceduto in analogia a quanto indicato nelle Linee guida per la caratterizzazione e la bonifica delle aree minerarie dismesse R.A.S. 2009, con riferimento al pacchetto di copertura del Sito di Raccolta.

Lo schema di copertura sarà costituito da una struttura multilivelli che comprende dal basso verso l'alto i materiali di seguito riportati:

- Strato di argilla dello spessore di 0,3 m opportunamente compattato, tale da garantire una conducibilità finale  $k \leq 10^{-8}$  m/s. Limitatamente alle superfici inclinate e prevista la messa in opera di geocomposito bentonitico di prestazioni idrauliche equivalenti. L'integrità del geocomposito sarà assicurata attraverso la sovrapposizione di un telo geotessuto antipunzonamento;
- Strato regolatore e drenante di sabbia calcarea pulita (passante al vaglio 200 ASTM < 5%) dello spessore 0,3 m. Limitatamente sulle superfici inclinate e prevista la messa in opera di geogriglia drenante che consentirà il drenaggio delle acque di infiltrazione.
- Strato terreno vegetale dello spessore di 0,5 m. Limitatamente alle superfici inclinate verrà steso uno strato di terreno vegetale dello spessore di 0,3 m. Per garantire la tenuta del terreno riportato sulle superfici inclinate e prevista la messa in opera di una geostuoia al contatto fra georete drenante e terreno vegetale.

I materiali utilizzati ai fini della copertura superficiale dovranno essere ancorati a monte e al piede delle superfici di posa. A tale scopo saranno realizzate delle trincee di ancoraggio, all'interno delle quali potranno essere ancorati i lembi di ciascun telo secondo le modalità evidenziate nelle tavole progettuali allegate.

Il geocomposito bentonitico impermeabilizzante, di spessore minimo 5 mm, dovrà garantire un coefficiente di conducibilità idraulica pari a  $k \leq 10^{-8}$  m/s.

Per la realizzazione delle terre armate di contenimento dovranno essere utilizzati i materiali in loco e, a tale scopo sono stati individuati tre diversi abbancamenti, da sottoporre alla caratterizzazione, che sono stati rilevati topograficamente per la definizione dei relativi volumi.

#### **Cumuli A**

Si tratta dei cumuli (denominati A) costituiti dai materiali ottenuti dalle attività di abbancamento svolte nel cantiere di Sa Perrima Livello 2, che da una prima analisi visiva risultano di pezzatura idonea per essere impiegati per la costruzione delle terre armate. Dal rilievo topografico eseguito risulta che il volume di questi cumuli è di **3.870 m<sup>3</sup>**.



#### ***Cumuli denominati A, ubicati nell'area Sa Perrima Livello 2***

Sono state realizzate due trincee, che hanno permesso di constatare la discreta omogeneità del materiale, con circa il 30% di materiale con pezzatura maggiore di 20 cm.



**Trincee nei cumuli denominati A, a Sa Perrima Livello 2**

**Cumulo B**

Si tratta di un abbancamento di inerti presente a Sa Perrima Livello 2 che ad un esame visivo risulta essere granulometricamente simile al precedente.

Il cumulo ha una superficie di circa 300 mq e un'altezza di 3 metri circa, con un volume stimato di 900 mc.



**Cumulo denominato B, ubicato nell'area Sa Perrima Livello 2**

In data 30.04.2020 sono state realizzate due trincee per verificarne la pezzatura, che risulta discretamente omogenea.



**Trincee nel cumulo denominato B, a Sa Perrima Livello 2**

### **Cumulo C**

Si tratta di un cumulo di materiale piuttosto eterogeneo, ubicato presso la rampa di accesso alla fossa di Sa Perrima Livello 1.

Anche in questo caso sono state realizzate due trincee, di cui si riporta foto.



**Cumulo denominato C, ubicato nell'area Sa Perrima Livello 1**

### **3.2 Descrizione dell'area d'intervento**

Il cantiere di Sa Perrima è situato nella parte centrale dell'area mineraria Santu Miali, ubicata nel territorio comunale di Furtei (VS), a est rispetto allo specchio d'acqua del bacino Sa Forada de S'Acqua.



**Fig. 1 - Localizzazione Cantiere all'interno della ex area mineraria di Santu Miali**

### **3.1 Inquadramento geologico**

Durante il Paleozoico quella che oggi è la Sardegna centrale e meridionale costituiva parte del margine settentrionale del continente Gondwana sul quale si depositò una sequenza di piattaforma continentale i cui sedimenti erano alternati anche prodotti vulcanici.

Verso la fine del Paleozoico (Carbonifero Inferiore) iniziò l'orogenesi Ercinica, che diede luogo all'assetto strutturale della Sardegna attraverso la deformazione, il metamorfismo, il vulcanesimo ed infine l'intrusione di *granitoidi*.

Durante il Mesozoico, dopo un lungo periodo di relativa stasi tettonica, alla fine del Cretacico inferiore iniziano i primi movimenti tettonici di una certa importanza che segnano l'inizio della collisione tra il continente africano e quello europeo. L'evolversi di questa situazione da luogo, a partire dall'Oligocene superiore, ad un margine collisionale posizionato appena a NNE della Sardegna settentrionale con subduzione di crosta oceanica al di sotto del blocco sardo-corso. Tra l'Oligocene superiore e il Miocene inferiore, immediatamente a W dell'attuale costa occidentale sarda, si instaura un margine passivo correlato con la rotazione antioraria del blocco sardo-corso e l'apertura del bacino balearico.

In questo quadro strutturale dell'oligomiocene si ha la riattivazione di zone di faglia trascorrenti ereditate dall'assetto ercinico, che provocano l'apertura del rift e permettono la risalita di magmi e la messa in posto delle vulcaniti terziarie sarde.

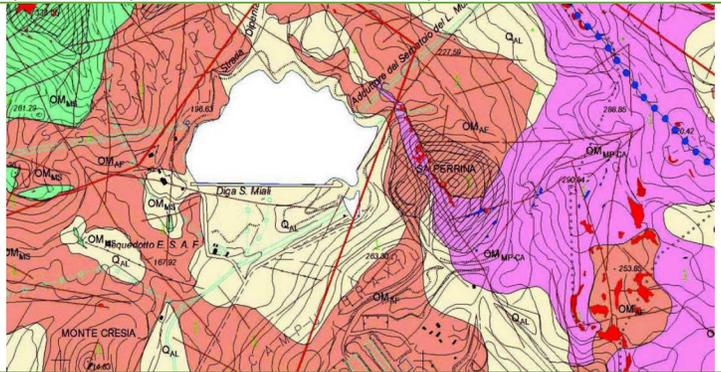
La suite vulcanica oligomiocenica è di tipo calcalino e ha prodotto inizialmente lave in facies andesitica seguite da ignimbriti e prodotti riolitici che coprono vaste zone della Sardegna nord-occidentale e sud-occidentale.

Il Miocene è caratterizzato da una successione trasgressiva che inizia nell'Oligocene superiore con depositi clastici continentali e che evolve ad ambienti transizionali e marini. Tale successione, intercalata alla base con le vulcaniti oligomioceniche, è il prodotto di tre cicli sedimentari miocenici che ricoprono gran parte della Sardegna centrale con notevoli spessori. Durante il Pliocene una fase tettonica distensiva (apertura del bacino Tirreno) determinò nella parte meridionale dell'isola la formazione del *graben del Campidano*, dal golfo di Cagliari al golfo di Oristano, fase accompagnata dalla riattivazione di lineamenti strutturali oligomiocenici che diedero luogo ad un'altra fase vulcanica di chimismo alcalino con la messa in posto di vasti *plateau basaltici* nella parte centro - settentrionale della Sardegna. Le sequenze vulcaniche terziarie sono sottostanti ai sedimenti marini miocenici, costituiti da conglomerati, arenarie, calcareniti e calcari. Questi mostrano una giacitura con immersione di 20°-30° verso NE e ENE che probabilmente è in relazione all'evoluzione di faglie litorali di direzione campidanese, correlate al graben del campidano e colmato da depositi continentali Plio-Pleistocenici. Alla base vulcaniti oligo-mioceniche giace la Formazione del Cixerri, costituita da arenarie, conglomerati ed argille di età Eocenica e al di sotto di essa affiorano localmente lembi del basamento metamorfico paleozoico rappresentato da metarenarie e quarziti. Le vulcaniti oligo-mioceniche sono ricoperte dai depositi marini della F. dei Calcari di Villagrecia, di età aquitaniano-burdigaliana e immergenti verso NE e ENE, seguiti a loro volta dai depositi marnosi della F. della Marmilla, localmente intercalati a litologie vulcano-sedimentarie. Le coperture quaternarie sono costituite da estesi depositi alluvionali nelle valli principali e da depositi di versante di scarsa importanza.

Di seguito sono descritte, dal basso verso l'alto, le unità litostratigrafiche che compongono la sequenza:

- basamento metamorfico paleozoico;
- sedimenti marini eocenici;
- sedimenti continentali argilloso-arenacei (Formazione del Cixerri);
- formazioni vulcaniche oligo-mioceniche;
- complesso marnoso-arenaceo miocenico

depositi alluvionali recenti.



### 3.2 Oggetto della prestazione

L'oggetto della prestazione per la suddetta attività, consiste nella:

#### 3. MODELLIZZAZIONE E STUDIO GEOTECNICO DELLO STATO DI PROGETTO DEL RILEVATO DI CONTENIMENTO (TERRA ARMATA DI SOSTEGNO) PER LA STABILITÀ DELLA STRUTTURA;

A questo fine il tecnico incaricato dovrà definire le indagini geotecniche necessarie da eseguire nei cumuli in loco del materiale da utilizzare per la realizzazione delle terre armate, funzionali al dimensionamento delle stesse.

## 4 AREA MINERARIA DI SOS ENATTOS

### 4.1 Oggetto e finalità del progetto

Il progetto prevede la realizzazione di un canale di guardia nel bacino fanghi della miniera di Sos Enattos nel Comune di Lula.

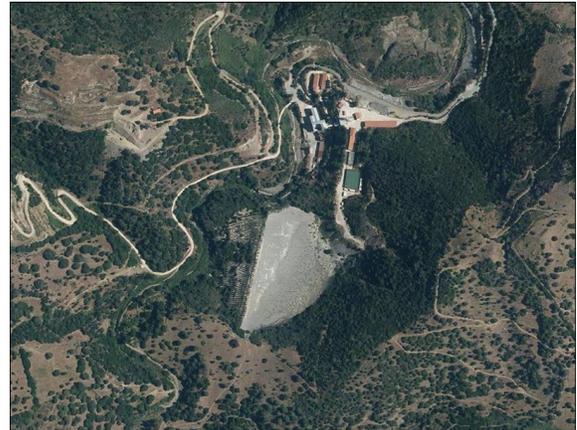
Il canale di guardia avrà la funzione di intercettare le acque meteoriche di corrivazione superficiale che da monte possono riversarsi sul bacino.

Poiché l'area d'intervento ricade all'interno di un'area perimetrata dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), è necessaria l'elaborazione dello studio di compatibilità geologica e geotecnica.

## 4.2 Descrizione dell'area d'intervento

La miniera di Sos Enattos è ubicata nella regione delle Baronie (Sardegna centro-orientale) e ricade amministrativamente nel territorio comunale di Lula in provincia di Nuoro.

La miniera dista circa 8 km dal centro abitato di Lula ed è facilmente raggiungibile tramite una deviazione dalla strada provinciale Lula –Dorgali. Il bacino dei fanghi della miniera di Sos Enattos è stato realizzato per l'abbancamento degli sterili mineralurgici del locale impianto di trattamento dei minerali estratti. La struttura è stata realizzata all'interno di due vallecole adiacenti e confluenti in un unico piccolo affluente del Rio Burrai, il corso d'acqua principale dell'area. È delimitato da un argine di contenimento, costituito dalla frazione più grossolana degli stessi sterili mineralurgici, edificato fra la quota di base pari a circa 256 m s.l.m. e la quota di colmo pari a circa 283-284 m s.l.m. con uno sviluppo complessivo in altezza pari a circa 28 m. Il bacino occupa planimetricamente una superficie pari a circa 32.100 m<sup>2</sup> (23.600 m<sup>2</sup> la superficie della spianata superiore e 8.500 m<sup>2</sup> quella dell'argine).



L'area mineraria di Sos Enattos. Al centro la struttura del bacino fanghi sterili

(Foto aerea tratta da

<http://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnafotoaeree/>)

Il bacino non è dotato di canale di guardia e quindi, in occasione di piogge di qualsiasi entità, la spianata del bacino sterili diventa il recapito non solo delle acque zenitali ma anche di quelle di corrivazione superficiale provenienti dal bacino imbrifero a monte. È necessario mettere in atto interventi volti alla messa in sicurezza del bacino sterili e tali da proteggere quanto più possibile le matrici ambientali quali le acque superficiali, i suoli e l'aria.

## 4.3 Inquadramento geologico

L'area mineraria è interessata da terreni metamorfici di età paleozoica costituiti essenzialmente da un'alternanza di micascisti e paragneiss.

Tali litotipi si presentano fittamente alternati tra loro con passaggi da un tipo all'altro molto graduali nei quali riconoscibile una complessa tettonica polifasica tipica di livelli strutturali abbastanza profondi, sincrona di un metamorfismo regionale che ricade nell'ambito delle facies anfibolitiche.

I terreni metamorfici descritti in precedenza, sono attraversati da un campo filoniano insediato in fratture sempre discordanti con la formazione incassante, ricollegabili per la loro genesi a fenomenologie tardive dell'orogenesi ercinica e alla messa in posto dei vicini graniti.

## 4.4 Oggetto della prestazione

L'oggetto della prestazione

- 4. MODELLIZZAZIONE E STUDIO GEOTECNICO DELLO STATO E DELLA STABILITÀ DEL BACINO ESISTENTE**, redatto in ottemperanza ai contenuti delle "Norme tecniche per le costruzioni" approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- 5. ELABORAZIONE DELLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL CANALE DI GUARDIA DEL BACINO STERILI DI SOS ENATTOS** (redatto ai sensi dell'art. 25 delle Norme di Attuazione del P.A.I.).

A questo fine il tecnico incaricato dovrà definire una serie di indagini per identificare il modello geologico di riferimento e i modelli geotecnici necessari per le verifiche di sicurezza e per la progettazione degli interventi.

Il riferimento aziendale per ogni eventuale interlocuzione necessaria per la predisposizione del preventivo in oggetto è il responsabile del Servizio Ingegneria, l'ing. Ornella Crobu.

**Il Responsabile del Servizio Ingegneria**

**Ing. Ornella Crobu**

