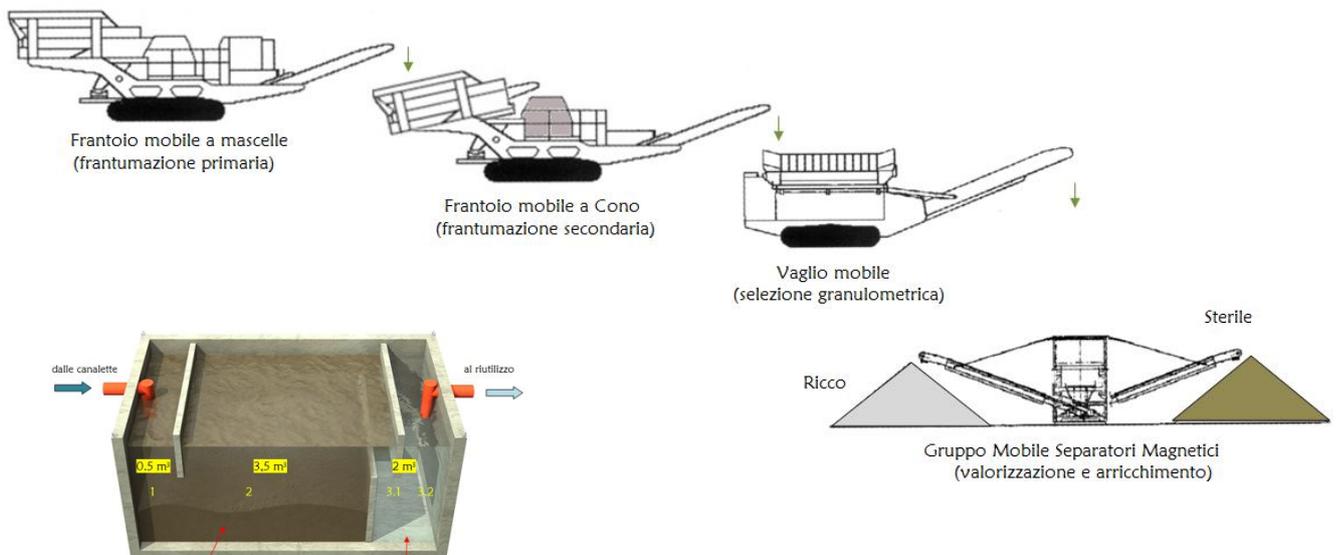


Concessione Mineraria per l'Estrazione e Valorizzazione di Minerali di Ferro

“ GIACURRU “

finalizzata allo sfruttamento del Giacimento Residuo ed al Ripristino Ambientale e Riconversione Turistico-Sociale della Miniera.

Comuni di Gadoni e Aritzo - Provincia di Nuoro



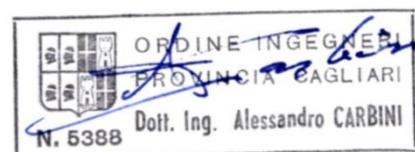
IMPIANTO - SERVIZI ED OPERE D'ARTE

L'Esercente

Timbro e Firma

SABBIE di PARMA srl
 Strada Argine Maestro del Po, 6
 43016 POLESINE ZIBELLO (PR)
 C.F. e P.I.: 02235870348

Il Tecnico



Indice

IMPIANTO DI TRATTAMENTO VALORIZZAZIONE DEL MINERALE

Premessa	4
Impianto di Trattamento	5
Schema Generale Assemblaggio Impianto Mobile	8
FLOW – SHEET Impianto Trattamento	9
Ubicazione Impianto	10
Logistica del piazzale	11

SERVIZI

1- <u>Acqua</u>	13
Utilizzo delle Acque	15
Fabbisogno Idrico (per cantiere) necessario alla Coltivazione in Sotterraneo	
Fabbisogno Idrico per l'Inumidimento Piste e Piazzali di Servizio a cielo aperto	16
Dimensionamento Opere di Regimazione acque meteoriche di ruscellamento	17
L'Acqua delle Gallerie	21
Gestione delle Acque Sotterranee	
Approvvigionamento Idrico – Adduzione Acque -	22
Sistema Chiuso di Sedimentazione/Chiarificazione Acque di Processo	23
Funzionamento del sistema di chiarificazione acque in sotterraneo	
FLOW SHEET - Ciclo CHIUSO delle Acque di Processo	24
Schema Vasca di Sedimentazione	25
Impianto Trattamento Acque di Galleria	27
Schema di Processo	28
FLOW SHEET - Trattamento Acque in Galleria	31
2- <u>Ventilazione</u>	32
Parametri Dimensionali e Misurazioni	33
Pre – Dimensionamento	36
Sicurezza sulla Ventilazione	42
3- <u>Misure di Sicurezza Contro Incendi ed Esplosioni</u>	43
4- <u>Illuminazione</u>	
5- <u>Energia Elettrica</u>	
6- <u>Emergenza e Comunicazione</u>	44
7- <u>Impianto Aria Compressa</u>	45
8- <u>Servizi Igienico-Assistenziali</u>	47
9- <u>Servizi Sanitari e di Salvataggio</u>	48
10- <u>Difesa contro le Polveri</u>	
11- <u>Manutenzione Macchine, Impianti e Strutture</u>	49
Prime Indicazioni di Sicurezza - Pericoli Connessi all'Esecuzione dei Lavori in Sottosuolo	51
Visibilità dell'operatore	52
Considerazioni e Conclusioni	53

**Impianto di Trattamento
Valorizzazione del Minerale**

Premessa

L'attività Estrattiva vede alternarsi fasi di lavoro ben distinte e definite, nel rispetto di un programma organico e razionale il cui fine mira ad una economica impresa industriale nel pieno rispetto delle leggi a salvaguardia della sicurezza ed il rispetto dei valori ambientali.

Il metodo di lavoro e di estrazione descritto è stato ritenuto il più idoneo per l'attività estrattiva e di valorizzazione del giacimento con il contestuale ripristino ambientale dei luoghi.

Il materiale "*roccia di risulta*", cernita o comunque prodotta con lo svilupparsi dei lavori di scavo e sistemazione morfologica all'esterno e coltivazione in sotterraneo (descritti nei capitoli appositi), viene riutilizzato direttamente nella fase di ripristino e recupero del territorio, che procede di pari passo con le fasi di scavo e coltivazione, riempiendo vuoti, ricolmando e livellando aree depresse, addolcendo le pendenze dei fronti per una riprofilatura quanto più naturale possibile, rispettando la sicurezza con gli angoli di natural declivio, per garantire un inserimento più armonico nel contesto paesaggistico al contorno.

Il materiale utile, verrà caricato sui camions e trasportato nel piazzale dell'impianto di trattamento, predisposto opportunamente per contenerne quantità sufficienti alla capacità produttiva dell'impianto stesso, con il quale si produrranno classi di minerale mercantile, selezionate secondo granulometrie a tenori diversi, per garantire e soddisfare, con continuità, le richieste specifiche delle industrie utilizzatrici.

L'impianto modulare mobile che andremo a descrivere, alimentato mediante una pala meccanica gommata o da un escavatore cingolato, frantuma, grànula, classifica e soprattutto seleziona, una produzione di arricchito, secondo determinate classi granulometriche.

Il progetto "*GIACURRU*", *in primis* mirato alla valorizzazione del minerale residuo, prevede, nella politica migliorativa aziendale, anche la riqualificazione e valorizzazione del territorio, ampliando gli orizzonti applicativi delle risorse naturali.

Verrà posto in essere un *impianto mobile modulare*, versatile e multifunzionale, per la frantumazione, macinazione, vagliatura e selezione per arricchimento magnetico destinato al trattamento dei materiali prodotti nell'area di concessione.

Nel progettare l'impianto si è previsto di scegliere ed assemblare macchinari certificati e moderni per consentire una versatilità di produzione intesa come adeguamento alle esigenze di mercato sulle variazioni quantitative e qualitative delle granulometrie in modo da garantire una buona quantità produttiva, altamente competitiva e di ottima qualità.

Impianto di Trattamento

L'impianto mobile studiato appositamente per Valorizzare il giacimento residuo nella miniera di *GIACURRU* avrà una capacità di trattamento e selezione di circa 80 m³/h, costituito da un sistema di Frantumazione primaria e secondaria seguito da un sistema di Vagliatura che precede la sezione di Valorizzazione vera e propria del minerale ferroso costituito da un sistema di Arricchimento a tamburi magnetici ad intensità variabile.

Il materiale scavato ed estratto dai cantieri giunge al piazzale dell'area impianto trasportato dai camions e scaricato direttamente nelle tramogge.

L'impianto prevede due linee di alimentazione:

- una per il trattamento dei materiali più grossolani
 - una per il trattamento dei materiali a grana medio fine (che passano direttamente al sistema di vagliatura/selezione granulometrica)
- a) L'impianto prevede infatti in testa un sistema di frantumazione primaria (*Frantoio*) comprendente una mono-griglia vibrante tipo *Grizzly* a barre divergenti, che convoglia i materiali grossolani 750 mm al frantoio a mascelle (*Cracher 750*) con bocca di scarico regolata a 70 mm.
- b) Il materiale passa quindi al sistema della frantumazione secondaria (*Mulino*) costituito da un frantoio rotativo a cono con bocca di scarico autoregolata a 40 mm; il granulato viene raccolto da un nastro e scaricato sulla tramoggia del vaglio.
- c) Il materiale frantumato viene convogliato sul sistema di vagliatura (*Vaglio*) per la selezione granulometrica dove 3 tele (40, 20, 5 mm) distribuiscono le varie granulometrie su 4 nastri accumulatori:
- 1 nastro porta il sopra griglia del +40 mm al riciclo (mulino)
 - 1 nastro porta la classe -40 +20 mm all' arricchimento (separatore magnetico)
 - 1 nastro porta la classe -20 +5 mm all' arricchimento (separatore magnetico)
 - 1 nastro porta la classe -5 mm all' arricchimento (separatore magnetico)
- d) La parte dell'impianto relativa all'arricchimento è costituita da un sistema a castello di tamburi magnetici a diverse intensità rotanti con velocità variabile asseconda del tipo di materiale in ingresso (classe granulometrica e qualità) che garantisce e seleziona prodotti finiti (ricco) secondo diversi tenori (concentrati) in percentuali di ossidi.

Lo sterile in uscita dal sistema di arricchimento viene convogliato tramite nastro di uscita in apposito cumulo per essere poi sottoposto ad un'ulteriore analisi di campionatura per essere poi riutilizzato nelle fasi di ripristino. L'impianto non prevede l'impiego di quantità d'acqua di processo, ma solamente limitate quantità di acqua nebulizzata a pressione, poichè munito di appositi ugelli che (*vedremo nel capitolo più avanti a pag. 15 il consumo d'acqua*) abbattano le polveri che si creano nei frantoi, nel vaglio e nei nastri di trasporto lungo il processo di trattamento.

a) Caratteristiche della Sezione Frantumazione Primaria

Gruppo Modulare Mobile di Frantumazione sarà del tipo ***Powerscreen Pegson 750*** che comprende:

- Tramoggia di carico
- Alimentatore vibrante a barre divergenti
- 2 Nastri trasportatori (uno per il riciclo)



Peso operativo	72 t
Potenza Netta	250 KW
Produzione	750 t/h
Velocità	0.72-1.30 Km/h
Passo	3800 mm
Carreggiata	2400 mm
Larghezza	3.87 m
Lunghezza	13.12 m
Altezza	3.40 m

b) Caratteristiche della Sezione Frantumazione Secondaria

Si è scelto di utilizzare un frantoio rotativo a cono in quanto questo tipo di “frantoi secondari” garantiscono una frantumazione calibrata utile alla fase successiva di classificazione ed arricchimento.



Frantoio a cono mobile compatto, con una grande tramoggia di alimentazione resistente all'usura per essere alimentato da un escavatore o da una pala di carico per una capacità di produzione eccellente. La natura compatta generale lo rende facilmente trasportabile. per consentirne la messa in servizio più rapida una volta sul posto.

c) Caratteristiche della Sezione Vagliatura/Selezione Granulometrica

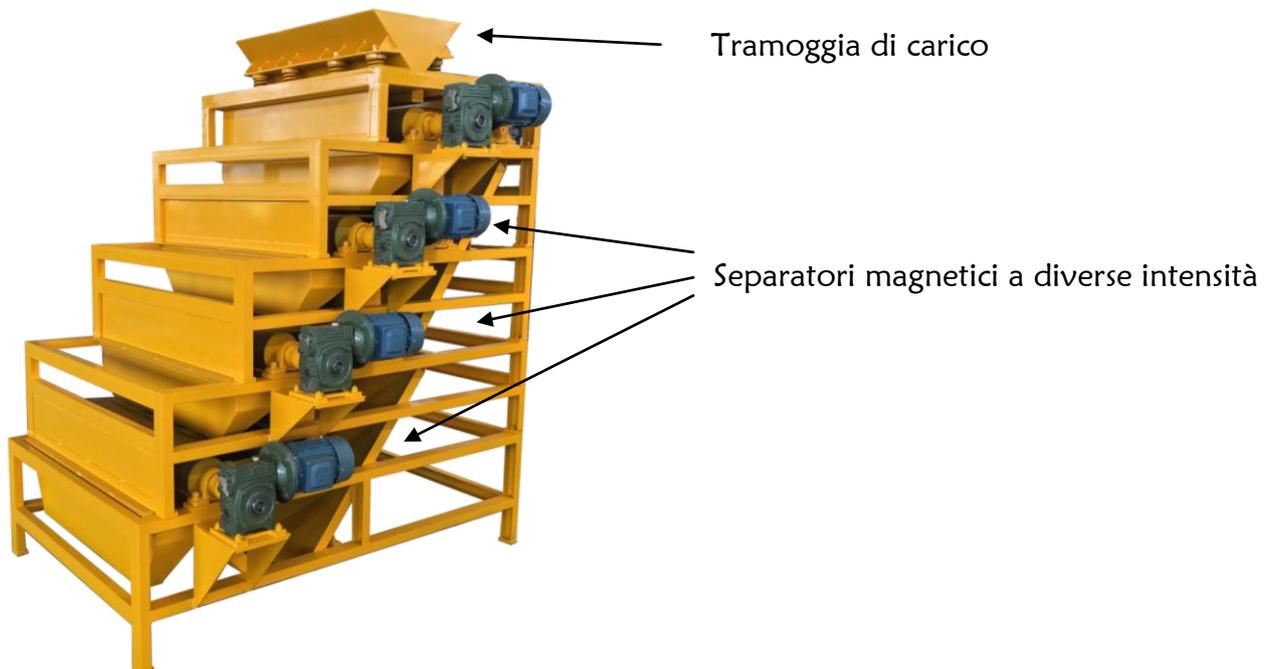
Il sistema di selezione granulometrica avviene utilizzando un vaglio mobile a tre tele vibrante tipo **Powerscreen Trac 600** costituito da:

Alimentatore: composto da una griglia di testa che ha la funzione di scartare le pezzature di dimensioni superiori alla capacità di trattamento dell'impianto che va a riciclo; **Shredder:** albero mobile rotante dotato di coltelli che hanno il compito di ridurre di dimensioni gli scarti in alimentazione e separare i materiali più teneri da quelli più duri; **Nastro Principale:** con il compito di alimentare il vaglio classificatore; **Vaglio:** composto da diversi piani di lavoro è in grado, grazie ad un movimento sussultorio, di separare le diverse classi granulometriche; **Nastri:** raccolgono i prodotti della selezione del vaglio; **Sistema di ugelli diversamente orientati:** per la nebulizzazione dell'acqua necessaria alla captazione ed abbattimento polveri; **Telaio:** è la struttura portante del macchinario, montato su cingoli a funzionamento idraulico, permette il movimento della macchina in perfetta autonomia anche in terreni accidentati; è dotato di comandi sulla macchina e di un pratico telecomando che consente l'utilizzo a distanza.

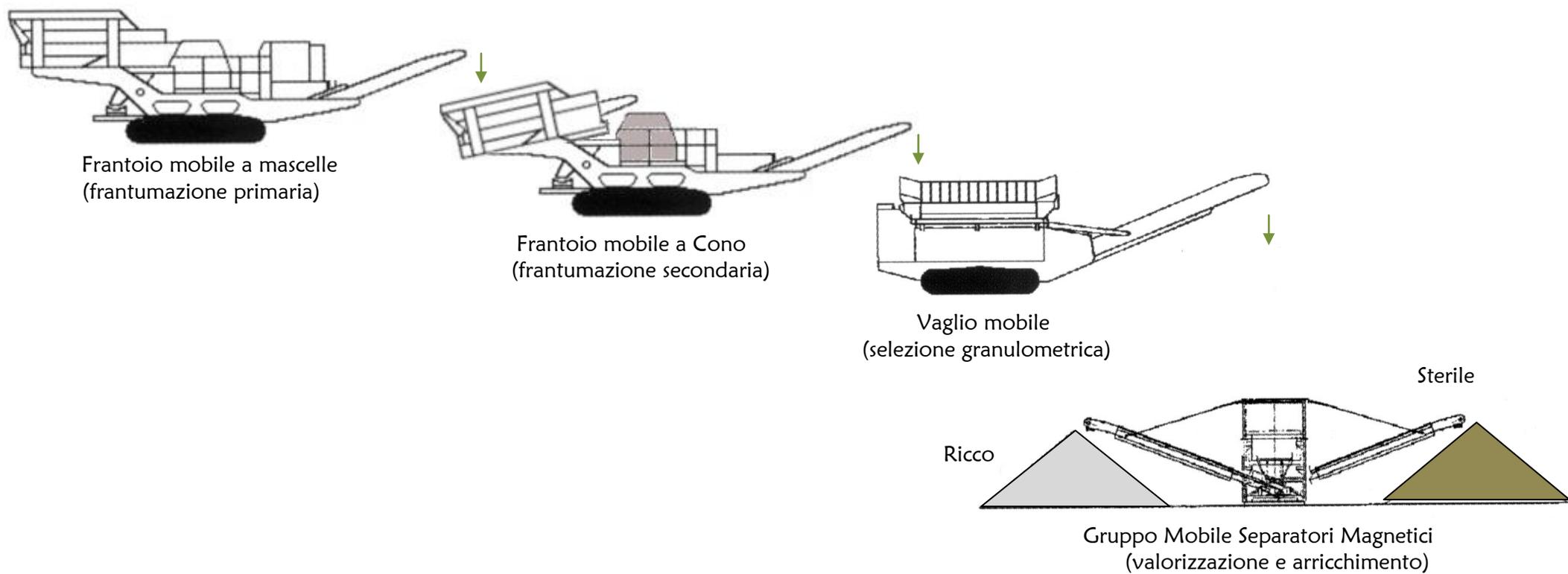


d) Caratteristiche della Sezione Arricchimento

Il sistema di Valorizzazione ed Arricchimento del minerale è costituito da un sistema a castello, posizionato su slitte montate su un pianale mobile gommato (per un facile spostamento), di tamburi magnetici rotanti a diverse intensità e velocità variabili a seconda del tipo di materiale in ingresso (classe granulometrica e qualità) che effettua una selezione dando dei prodotti finiti (ricco) a diversi tenori concentrati in percentuali di ossidi.

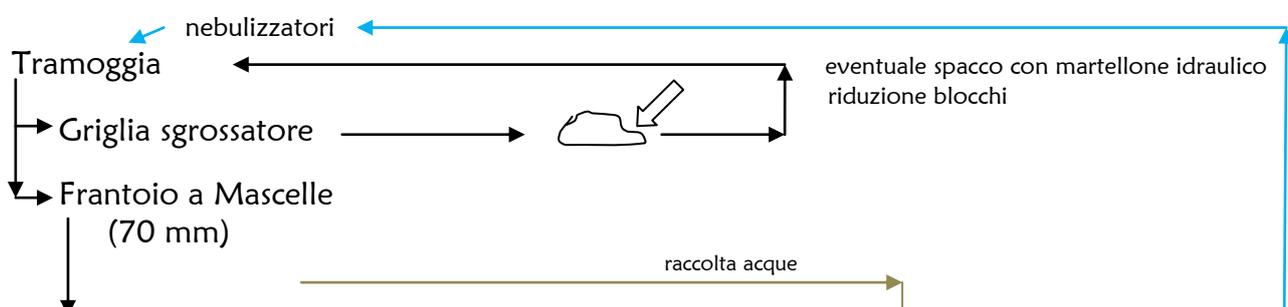


Schema Generale Assemblaggio Impianto Mobile

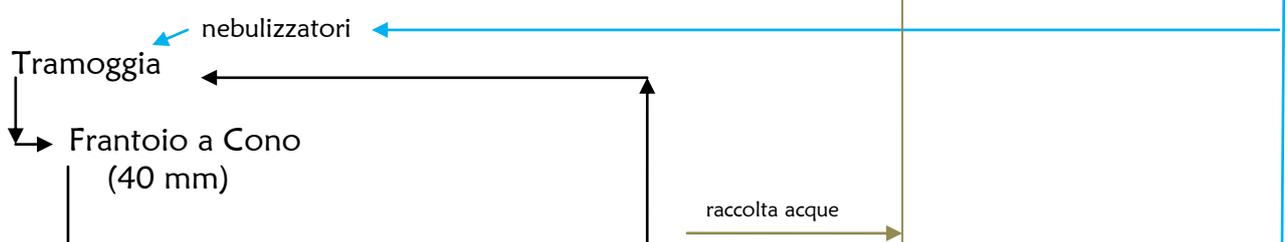


FLOW – SHEET Impianto Trattamento

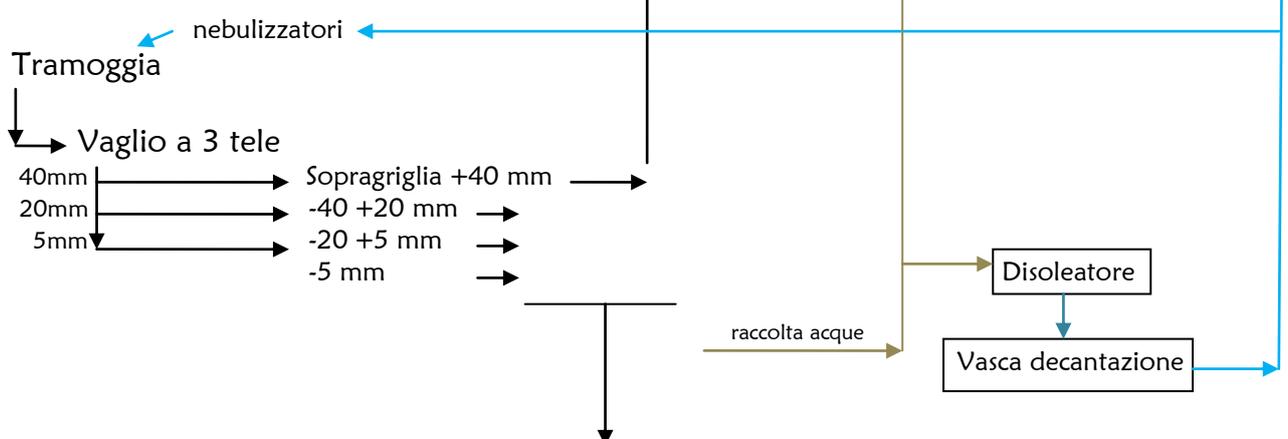
1 Sezione: Frantumazione Primaria



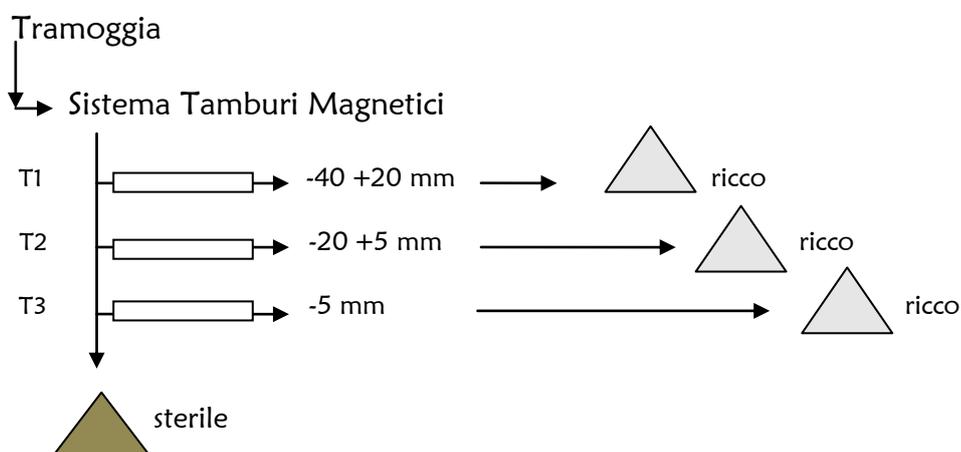
2 Sezione: Frantumazione Secondaria



3 Sezione: Selezione Granulometrica



4 Sezione: Valorizzazione - Arricchimento



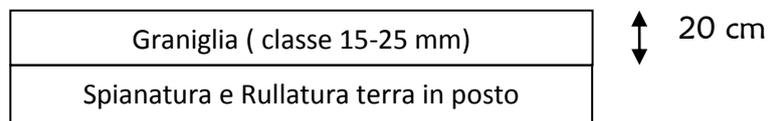
Ubicazione Impianto

L' impianto mobile modulare di trattamento precedentemente descritto, sarà ubicato nel piazzale realizzato appositamente nel cantiere di PERDABILA posto ad una quota di circa 830 m s.l.m. in posizione ottimale rispetto alle effettive aree di scavo e coltivazione del giacimento nei singoli cantieri nell'area di Concessione riducendo così i costi ed i tempi di trasporto dei materiali.



Area ubicazione Impianto di trattamento

Il piazzale che ospita l'impianto, come spiegato nella relazione del progetto di coltivazione della miniera, verrà realizzato opportunamente mediante spianamento e rullatura del terreno in posto; successivamente verrà steso uno strato di 20 cm di graniglia classe 15-25 mm.



Il piazzale sarà dotato di pendenza adeguata per il convogliamento delle acque nelle canale di raccolta perimetrali che lo cingeranno completamente in modo da garantire sempre il deflusso delle stesse verso l'impianto disoleatore per il loro trattamento prima di essere immesse anch'esse nella vasca di sedimentazione/riserva idrica posto più a valle del sistema per poi essere riutilizzate nel ciclo di sistema dell'impianto (abbattimento polveri per nebulizzazione a pressione).

L'area su cui è e verrà ubicato l'impianto avrà dimensioni adeguate al suo ingombro e alla normale movimentazione nel suo intorno: piazzale di circa 1250 m².

Nel progettare l'impianto, si è previsto di scegliere ed assemblare macchinari certificati e moderni per consentire una versatilità di produzione intesa come adeguamento alle esigenze di mercato sulle variazioni quantitative e qualitative delle granulometrie, in modo da garantire una quantità produttiva, altamente competitiva e di ottima qualità.

Logistica del piazzale

La movimentazione del tout-venant del “*giacimento Giacurru*” verrà realizzata, con il sistema anche selettivo del minerale, utilizzando un escavatore cingolato munito all’occorrenza di martellone idraulico per l’eventuale spacco dei blocchi, asservito da benna rovescia che provvederà a caricare il minerale prodotto su camion tipo Dumper con cassone roccia.

Il minerale sarà direttamente autotrasportato all’impianto mobile di frantumazione, provvisoriamente accumulato in un’area preposta, da dove successivamente verrà ripreso e trattato all’impianto prima di essere trasportato a destinazione dell’utilizzatore finale.

Il piazzale di base sarà dotato dei settori:

- area impianto mobile;
- area di stoccaggio provvisorio per il minerale (tout venant) tal quale in attesa di essere trattato all’impianto;
- area di stoccaggio provvisorio per il minerale frantumato in attesa di destinazione finale;
- un’area adibita ai servizi:
 - box prefabbricato destinato ad uso ufficio;
 - box destinato a spogliatoi, locale mensa e aggregazione;
 - serbatoio prefabbricato fuori terra per la riserva idrica;
 - compressore d’aria e gruppo elettrogeno;
 - cisterna rifornimento mezzi;
 - impianto sedimentazione/chiarificazione acque.

Il piazzale, pur ampliato rispetto allo stato attuale per esigenze logistiche, conserva sempre dimensioni ridotte, circa 1250 m² (50 m di larghezza e 25 m di profondità); ciò è dovuto alla politica aziendale sulla salvaguardia e tutela del territorio, ed ha organizzato, con i destinatari ed utilizzatori del minerale selezionato, la quasi istantanea consegna del minerale prodotto; soluzione che evita così la necessità di vasti spazi per lo stoccaggio dei materiali in attesa di destinazione.

[Tav. 10- Planimetria Generale Strutture Amovibili e Servizi]

La strada e le piste a fondo naturale, di accesso alla miniera e ai cantieri, saranno mantenute sempre in perfetta efficienza, ma precluse alla circolazione a terzi e/o ai non addetti ai lavori mediante cancelli e/o sbarre chiuse con lucchetti e munite di cartelli ammonitori,

Ove necessario saranno poste in essere recinzioni, ma soprattutto, lungo il percorso il cantiere sarà dotato di apposita autocisterna adibita all’inumidimento delle aree soggette a polverosità (piste e piazzali) con aspersori micronizzanti per abbattere le polveri prodotte dalla circolazione dei mezzi.

Per ciò che riguarda invece gli eventuali e accidentali sversamenti di oli, gasolio, ecc. si fa presente che tutti i mezzi meccanici presenti nell'area dovranno essere messi a norma o dovranno comunque rispettare le normative CE.

Il serbatoio del gasolio, come da normativa, dovrà avere una opportuna vasca di contenimento in caso di sversamento accidentale e dovrà essere posizionato in una zona accessibile ma protetta dal normale traffico previsto nell'area durante le ore di lavoro.

Nell'area prospiciente il piazzale saranno inoltre posizionati: un serbatoio per gli oli esausti e un cassone scarrabile apposito per il ricovero dei materiali quali ferro, parti meccaniche ecc... da avviare a smaltimento e/o al riciclo.

Lo stoccaggio dei materiali di ricambio e delle scorte delle parti usurabili nelle macchine e dei mezzi in processo) verrà garantito in una area nel "Villaggio Giacurru" utilizzando un fabbricato preesistente, ristrutturato, sia come magazzino sia come officina, esistente in prossimità dell'area impianto e distante da quest'ultimo circa 200 metri.

SERVIZI

1. Acqua

Art. 600 - DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 9 aprile 1959, n. 128

Nelle miniere deve essere installata in sotterraneo una rete di distribuzione acqua, permanentemente alimentata e corredata di prese unificate, opportunamente ubicate.

Nel sotterraneo devono essere disponibili scorte di idranti, tubi flessibili ed altri mezzi necessari per combattere eventuali incendi. Debbono altresì essere disponibili in sotterraneo depositi opportunamente ubicati di materiali idonei alla rapida costruzione di sbarramenti antincendi.

L'acqua viene utilizzata principalmente, nei cantieri a cielo aperto, per l'inumidimento delle piste e piazzali per evitare la dispersione delle polveri durante le normali operazioni di movimentazione dei mezzi meccanici; negli uffici e nei locali servizi e nelle officine per ottimizzare alcune fasi lavorative; negli impianti di irrigazione delle colture erbacee, arboree ed arbustive messe a dimora nelle opere di compensazione e ripristino ambientale; nei cantieri in sotterraneo, per operazioni di cantiere quali l'esecuzione dei fori da mina, il pre consolidamento del fronte e lo smarino (lo scavo/movimentazione del materiale); per l'alimentazione della rete idrica antincendio.

Normalmente la distribuzione dell'acqua viene effettuata mediante tubazioni in polietilene. Le giunzioni sono a compressione in quanto questo sistema facilita le frequenti operazioni di montaggio e smontaggio. La posa in opera delle tubazioni è generalmente aerea lungo il paramento destro o sinistro della galleria; il fissaggio a quest'ultimo avviene mediante staffe d'acciaio.

L'approvvigionamento idrico dei cantieri a cielo aperto ed in sotterraneo avverrà tramite adduzione dalle vasche di raccolta/sedimentazione poste nella camera-traversobanco di servizio all'interno di ogni livello galleria (poste internamente in prossimità dell'ingresso) per il sotterraneo, mentre per il piazzale a cielo aperto dalla vasca di raccolta sedimentazione/chiarificazione raccordata con le canalette di regimazione. La ripresa delle acque per le esigenze del ciclo di lavoro avviene mediante un sistema di rilancio tramite gruppo di elettropompe.

L'acqua nebulizzata, utilizzata nel fronte di abbattimento e per le esigenze all'interno delle gallerie verrà convogliata, tramite canalette di raccolta scolo, poste perimetralmente alla base delle gallerie, (tutte con pendenza regolamentata verso l'esterno), verso la camera-traversobanco di servizio e raccolte su le apposite vasche di sedimentazione e chiarificazione per essere così riutilizzata nel ciclo di sistema.

Tutte le acque di processo verranno recuperate a ciclo chiuso (come meglio descritto a pag. 19) compresa anche l'acqua di stillicidio eventualmente intercettata nella galleria durante la coltivazione (vedi "*gestione delle acque in sotterraneo*" pag. 17).

Utilizzo delle Acque

Le aree interessate all'utilizzo delle acque riguardano:

- a) le aree di coltivazione in sotterraneo (fronti di abbattimento);
- b) le aree delle piste e piazzali di servizio a cielo aperto. Si prevede l'uso di acqua per bagnare, all'occorrenza, le piste e/o i piazzali onde evitare il propagarsi di polveri durante la movimentazione dei mezzi e le normali operazioni di cantiere.

I volumi di acqua necessari per lo svolgimento di tali attività risultano essere relativamente modesti:

a) **Abbattimento Polveri Fronti di Coltivazione in Sotterraneo**

Il processo di *abbattimento e captazione polveri* da noi adottato, si basa sul principio della captazione delle polveri mediante irrorazione di acqua nebulizzata micronizzata spinta a pressione.

La dosatura dell'acqua è regolata e gestita in modo appropriato, automaticamente dalle macchine di abbattimento-movimentazione meccanica. Si crea così una barriera all'espandersi della nuvola di polvere garantendo la captazione anche delle particelle più leggere e volatili.

Si hanno perciò minime perdite di acqua per evaporazione, per limitata porosità dei materiali e del terreno, ma nessuna perdita per lo scorrere libero delle acque.

Anche nei cumuli del tout-venant abbattuto, la dosatura della nebulizzazione è resa in modo che soltanto lo strato superficiale del cumulo (circa 2 – 3 cm) sia reso umido senza che vengano abbondantemente ribagnate le parti sottostanti.

Fabbisogno Idrico (per cantiere) necessario alla Coltivazione in Sotterraneo

Abbattimento polveri fronte di coltivazione in galleria: occorre mantenere umido il fronte di scavo durante le operazioni di perforazione per le mine (carro jumbo), la volata e l'asportazione/movimentazione del tout-venant mediante i mezzi meccanici.

L'Abbattimento polveri avviene tramite un apposito ugello nebulizzatore che, mediante tubazione flessibile in polietilene, trasporta l'acqua dalle vasche di accumulo sino al fronte. Per tale operazione si necessita di una quantità d'acqua pari a:

$$\text{n° 1 nebulizzatore da } 0,03 \text{ [litri /s]} = 108 \text{ [litri /h]}$$

$$\text{arrotondato a } 0,11 \text{ [m}^3\text{/ora]}$$

Per cui complessivamente per le operazioni di coltivazione fronte scavo galleria occorrono:

$$\text{al giorno: } 0,11 \text{ [m}^3\text{/h]} \times 6 \text{ [h/giorno di abbattimento meccanico]} = 0,66 \text{ [m}^3\text{/giorno]}$$

$$\text{per sicurezza (perdite) arrotondiamo il quantitativo necessario a } 1 \text{ [m}^3\text{/giorno]} \\ \text{(arrotondato per eccesso)}$$

$$\text{all'anno: } 1 \text{ [m}^3\text{/g]} \times 20 \text{ [g/mese]} \times 11 \text{ [mesi/anno]} = 220 \text{ [m}^3\text{/anno]}$$

$$\text{A regime avremo } 3 \text{ cantieri di coltivazione per cui: } 220 \text{ [m}^3\text{/anno]} \times 3 = 660 \text{ [m}^3\text{/anno]}$$

b) Inumidimento Piste e Piazzali di servizio a cielo aperto

La *Società* ha sempre ritenuto fondamentale nelle sue attività estrattive il rispetto delle norme sulla sicurezza e forte di tale principio nella gestione aziendale, ha sempre previsto come atto fondamentale la formazione e l'informazione dei lavoratori. In tal modo l'azienda, vuole costantemente implementare la cultura della prevenzione dei rischi, in modo da accrescere il coinvolgimento di tutti i lavoratori.

Il controllo della produzione di polveri all'interno delle aree di cantiere potrà essere ottenuto mediante l'adozione degli accorgimenti di seguito indicati:

- bagnatura periodica delle piste di cantiere in relazione al passaggio dei mezzi con aumento della frequenza delle bagnature delle piste durante la stagione estiva;
- adozione di velocità ridotta da parte dei mezzi pesanti e copertura dei cassoni al fine di evitare cadute accidentali di minerale e sollevamento polveri durante il tragitto;

Per ridurre al minimo i disagi determinati dalla dispersione di polveri sulle sedi stradali che si possono creare per effetto del passaggio dei mezzi, sono previste nei periodi più secchi bagnature mediante Autobotte che anticiperà i Dumpers lungo le piste e la strada della miniera con 2/3 viaggi per bagnare il percorso con acqua nebulizzata, oltre che l'impiego, ove necessario, del CaCl_2 o altri prodotti chimici agglomeranti come descritto nello SIA.

Tutti i carichi di materiali estratti dalla miniera e caricati sui Dumpers, non sono polverulenti in quanto già inumiditi dal ciclo di estrazione in sotterraneo che prevede il sistema di nebulizzazione al fronte di coltivazione per l'abbattimento polveri; comunque si provvederà a coprire i cassoni dei Dumpers con gli appositi teli anche per evitare accidentali cadute di minerale fine lungo il percorso.

L'azienda inoltre assume tutte le iniziative atte a contenere gli impatti associati al traffico di cantiere, adottando in particolare mezzi nuovi ed in perfetto stato di manutenzione e conformi ai limiti di emissione regolamentati in sede comunitaria.

Fabbisogno Idrico per l'Inumidimento Piste e Piazzali di Servizio a cielo aperto

Considerando che l'autobotte effettua nei periodi più secchi 2/3 viaggi al giorno, trasportando $10 \text{ m}^3/\text{viaggio}$ di acqua occorrono $30 \text{ m}^3/\text{giorno}$ d'acqua per i mesi secchi presi in considerazione (più o meno dal 15 maggio al 15 Ottobre = 5 mesi);

per cui otteniamo che in questo lasso di tempo occorre una quantità d'acqua di:

$$Q_{\text{acqua}}/\text{anno} = 30 [\text{m}^3/\text{g}] \times 20 [\text{giorni/mese}] \times 5 [\text{mesi/anno}] = 3.000 [\text{m}^3/\text{anno}]$$

Fabbisogno Idrico totale stimato: $3000 + 660 = 3660 [\text{m}^3/\text{anno}]$

(Fabbisogno per l'Inumidimento Piste e Piazzali + Fabbisogno Coltivazione Sotterraneo)

Dimensionamento Opere di Regimazione acque meteoriche di ruscellamento

Calcoli relativi alle canalette per la raccolta del ruscellamento superficiale

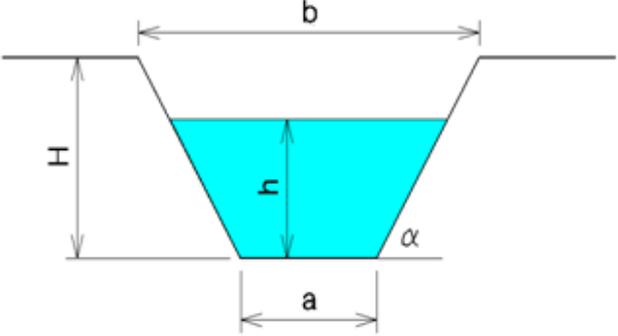
I calcoli relativi alle canalette sono stati eseguiti tenendo conto che il bacino ha un estensione molto modesta; il deflusso medio nell'area interessata risulta stimato in circa 50 mm. Si precisa che le canalette hanno lo scopo di raccogliere le acque di ruscellamento superficiale provenienti dalle sole piogge che cadono sul rilevato.

Dimensionamento delle canalette

Le canalette scavate in terra, a sezione trapezia regolare, mediante l'utilizzo di un escavatore a benna trapezoidale, sono state dimensionate in base alla 2^a formula di Bazin, attribuendo alla cadente il valore $J = 0,0042$ ed al coefficiente di scabrezza il valore $= 0,36$ $m^{1/2}$ (pareti in terra regolare).

Con riferimento ai parametri geometrici indicati nello schema riportato sotto, per il dimensionamento sono stati adoperati i valori seguenti:

Dimensioni canalette		
H	⇒ 0,50	ALTEZZA [m]
a	⇒ 0,40	[m]
b	⇒ 0,50	[m]
h	⇒ 0,40	[m]
p	⇒ 1,2%	Pendenza
m	⇒ 0,36	Coeff. di scabrosità di Kutter



DATI RISULTANTI		
Inclinazione scarpata	α	⇒ 84,3 [°]
Contorno bagnato	$Pb = a + 2h / \sin \alpha$	⇒ 1,204 [m]
Area di deflusso	$A = h[a + h \operatorname{tg}(90 - \alpha)]$	⇒ 0,1760 [m ²]
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒ 0,146 [m]

..si è scelta un altezza d acqua in canale di 40 cm (0.40 m) al fine di avere un franco di sicurezza di almeno 10 cm prima che avvenga l'esonazione dalle canalette.

CAPACITA' DISMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0,40$ m

FORMULE (moto uniforme)

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c \sqrt{R_i p}$	dove	c = coefficiente di attrito R _i = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100 \sqrt{R_i}}{m + \sqrt{R_i}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

RISULTATI

c	⇒	51,50	
V	⇒	2,16	[m/sec]
Q	⇒	0,380	[m³/sec]

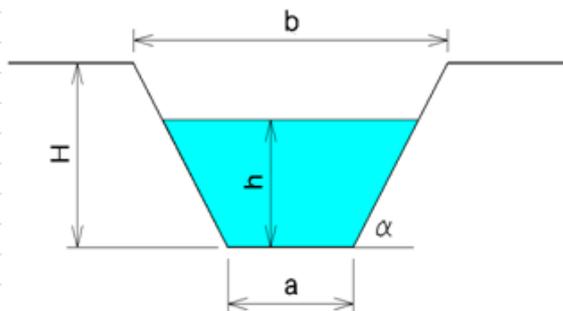
Come si può notare la capacità di smaltimento e regimazione delle canalette, con al loro interno un'altezza d'acqua di 40 cm (10 cm in meno dell'altezza max supportata) è pari a 0.380 m³/s, con una capacità max di smaltimento pari a 0.519 m³/s.

**CAPACITA' DISMALTIMENTO
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE
per varie altezze d'acqua**

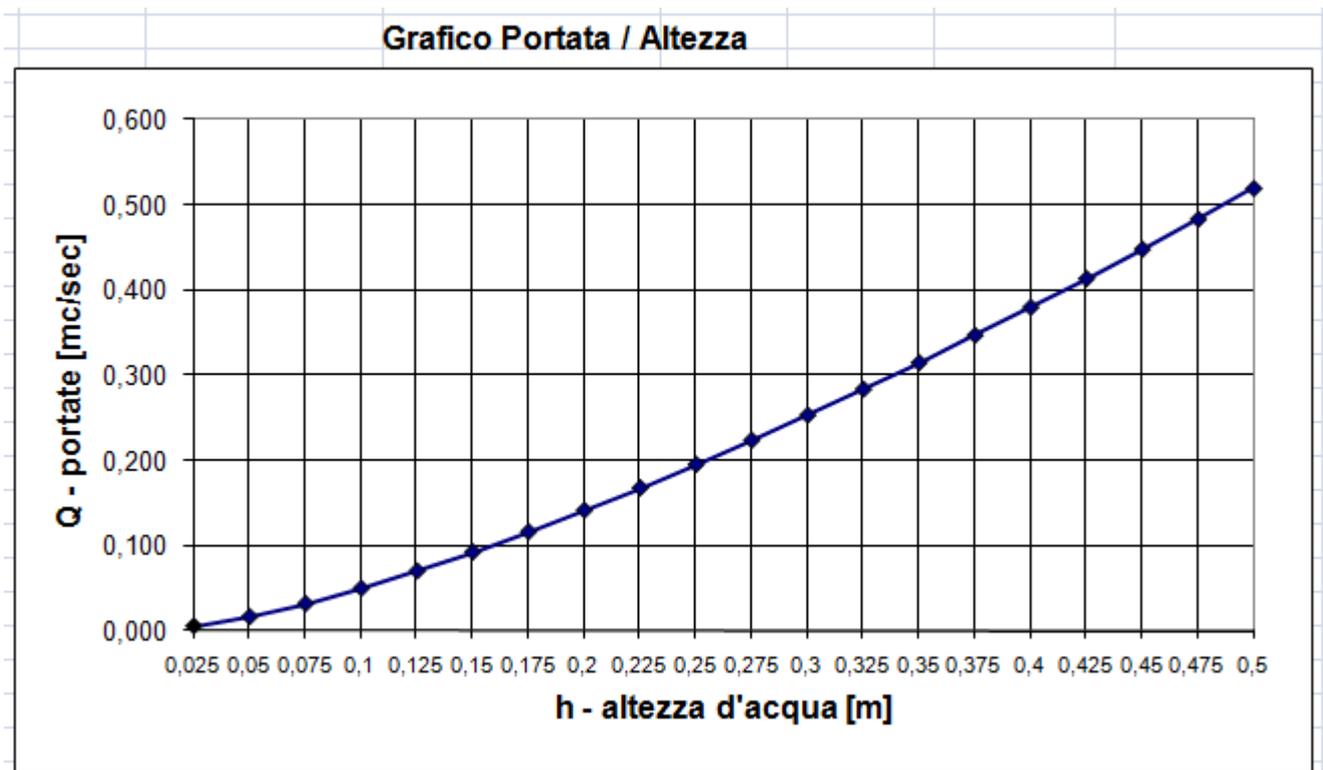
CARATTERISTICHE SEZIONE

H	0,50	ALTEZZA [m]			
a	0,40	[m]	p	1,2%	Pendenza
b	0,50	[m]	m	0,36	Coeff. di scabrosità di Kutter

h [m]	Q[m ³ /sec]
0,03	0,005
0,05	0,016
0,08	0,031
0,10	0,049
0,13	0,070
0,15	0,092
0,18	0,116
0,20	0,141
0,23	0,167
0,25	0,195
0,28	0,223
0,30	0,253
0,33	0,283
0,35	0,315
0,38	0,347
0,40	0,380
0,43	0,413
0,45	0,448
0,48	0,483
0,50	0,519



h = altezza d'acqua
Q = portata all'altezza d'acqua



Dimensionamento delle vasca di raccolta e decantazione

Tenendo conto del reticolo idrografico superficiale, dei calcoli idrologici che hanno stimato portate di intensità di pioggia critica e considerando che l'area dei cantieri dove avvengono le lavorazioni all'aperto (piazze ubicazione impianti e servizi) sono ubicati entro una piccola area protetta a monte da un canale di guardia che circonda quindi un bacino idrografico insignificante e quindi le acque che possono interessare la zona sono solo quelle derivanti dalla pioggia che cade direttamente sull'area, è stato eseguito il dimensionamento della vasca di raccolta delle acque superficiali esterne (incanalate e raccolte dalle canalette di regimazione) considerando le portate d'acqua di progetto e sovrastimandone le dimensioni in caso di eventi eccezionali in maniera tale da assicurare la completa regimazione delle acque che una volta chiarificate, vengono riutilizzate nel ciclo del sistema impianto (abbattimento polveri, inumidimento piazzali e piste, esigenze di cantiere) ed eventuale rilascio del troppo pieno nei compluvi naturali.

La vasca, realizzata con una profondità di 1 metro dalla quota di progetto del piazzale ove verrà ubicata, avrà le dimensioni rettangolari di:

*superficie: lunghezza 12 metri
larghezza: 10 metri*

Il volume totale della vasca risulta essere di 120 m³ (120.000 litri)

Tale dimensionamento garantisce un ambiente di calma all'interno della vasca che consente una completa decantazione del materiale trasportato nel ruscellamento e garantendo un successivo riutilizzo della risorsa idrica raccolta ed un eventuale deflusso di acque chiarificate, qualora si raggiungesse il troppo pieno, lungo il compluvio naturale.

Considerazioni

Sistema di opere di regimazione idraulica

È stato già evidenziato che le aree dei piazzali sono ubicate entro una vallecchia, che circonda un'area di influenza idraulica insignificante: le acque che possono interessare la zona sono solo quelle derivanti dalla pioggia che cade direttamente sull'area.

Già dalla fase iniziale delle attività tali acque di ruscellamento superficiale saranno convogliate tramite le canalette scavate ai piedi delle scarpate e lungo il perimetro dei piazzali di lavoro verso il sistema di raccolta delle acque ed immesse nella vasca di decantazione dove verranno chiarificate naturalmente, senza aggiunta di altre sostanze, per essere poi riutilizzate nel ciclo del sistema ovvero per l'innaffiamento dei piazzali, per l'abbattimento delle polveri e per l'umidificazione dei cumuli. Una volta raggiunto il troppo pieno, in caso di evento eccezionale, le acque verranno convogliate verso il compluvio naturale mediante una canalizzazione. Tale canalizzazione viene interrotta poco prima da un pozzetto in cls di circa 1 m³ di volume che consentirà una comoda campionatura delle acque da parte degli organi competenti ogni qual volta si volesse accertarne la bontà prima del rilascio finale.

Messa in sicurezza

Per la salvaguardia della sicurezza, lungo tutto il perimetro della vasca verrà predisposta una recinzione con una rete metallica sostenuta da paletti in ferro zincato dell'altezza di 1,50 metri. La tavola 9 allegata, rappresenta graficamente il sistema di intercettazione e controllo delle acque adottato nei cantieri della concessione.

L'Acqua delle Gallerie

L'ambiente delle gallerie di una coltivazione in sotterraneo è per sua conformazione suscettibile di accumulo di acqua (*generalmente accumulati nelle gallerie ai livelli inferiori*) che ha generalmente origini differenti:

1. *Acqua proveniente dall'ammasso roccioso*, dovuta da percolazioni di acque meteoriche attraverso il sistema di fratture dell'incassamento roccioso;
2. *Acqua di aggettamento delle gallerie* proveniente dalle lavorazioni in sottosuolo che possono avere diversa provenienza:
 - i. *operazioni di inumidimento durante lo scavo e movimentazione meccanica del materiale dai fronti di coltivazione e dai cumuli,*
 - ii. *acque provenienti da momentanee perdite alle reti di distribuzione dell'acqua industriale, sistema antincendio ... ecc.*

acque che, se non allontanate, tramite opportune pendenze, lungo canalette laterali alla base della galleria verso le vasche di raccolta, creano ristagni ed accumuli nelle aree di lavorazione e transito dei mezzi e del personale, rendendo precarie le condizioni del cantiere in sotterraneo.

Quali siano quindi le provenienze, le acque devono essere regimentate, incanalate ed allontanate dai luoghi di lavorazione per le seguenti ragioni:

- ✓ Mantenere l'efficienza dei piani di via delle gallerie e dei cantieri, per evitare la formazione di fango ed allentamenti del piede che possono costituire elementi di pericolo per la circolazione dei mezzi e del personale;
- ✓ Evitare che la circolazione d'acqua non drenata riduca le caratteristiche meccaniche e di portanza della roccia, per la natura dell'incassamento;
- ✓ Evitare che in presenza di alimentazioni elettriche possa essere causa di abbattimento delle caratteristiche di sicurezza impiantistiche dei servizi.

Gestione delle Acque Sotterranee

Nel nostro caso, prevedendo l'utilizzo delle acque anche per le normali esigenze della miniera, si è pensato di progettare un sistema per la gestione delle acque che prevede

di convogliarle in un punto di accumulo nella parte più prossima all'uscita della galleria del livello di coltivazione (*camera-traversobanco di servizio*) dove sono predisposte le *vasche di raccolta e sedimentazione* per il loro successivo riutilizzo una volta chiarificate; l'esubero (essendo acque che una volta sedimentate e chiarificate rispettano le "concentrazioni soglia di contaminazione") analizzato periodicamente, verrà lasciato libero di confluire all'esterno della galleria tramite tubazione interrata per poi essere indirizzata nei compluvi naturali.

Qualora, durante il monitoraggio, si riscontrassero superamenti soglia/concentrazione [*"concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee"* secondo la *Tab.2 Parte IV del D.Lgs 152/2006*] ci si adopererà con apposito impianto mobile di "depurazione" dimensionato a tal proposito (vedi *da pag. 27*).

Approvvigionamento Idrico – Adduzione Acque

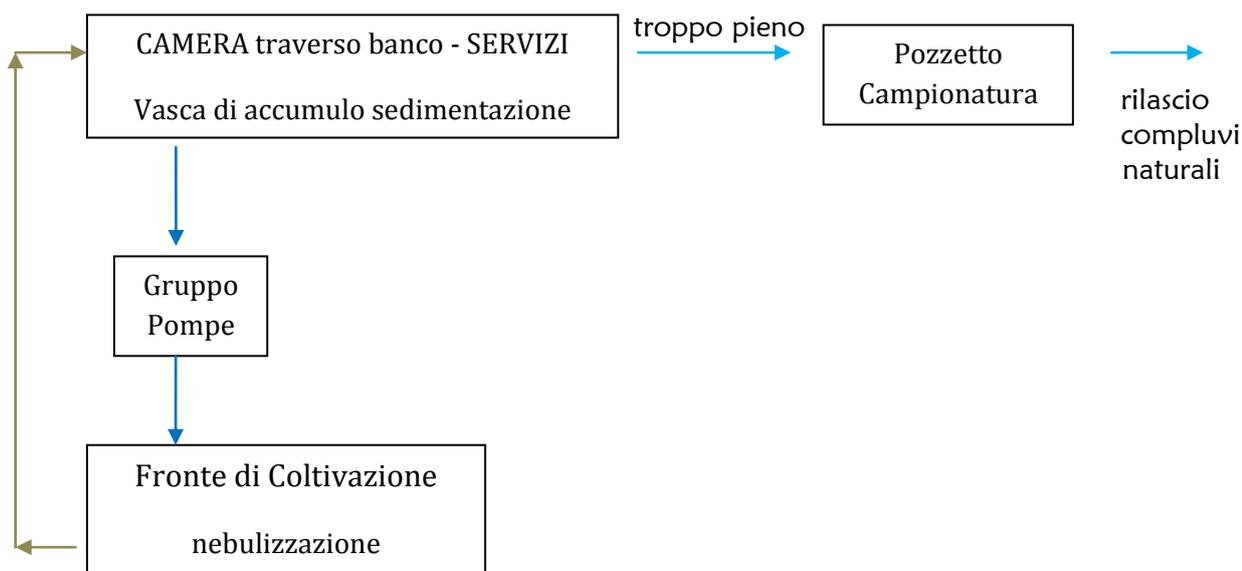
Come già menzionato, l'approvvigionamento idrico per gli usi dei cantieri in sotterraneo della miniera avverrà direttamente dalla vasca di raccolta/sedimentazione (realizzata all'interno della camera-traversobanco di servizio) necessaria per regimare la presenza idrica riscontrata e nel contempo effettuare una prima laminazione.

L'effetto di laminazione di tale vasca/serbatoio è ben noto. Si utilizza lo stesso principio per cui tutti gli invasi, anche se già alla quota di massimo invaso, causano una diminuzione delle portate scaricate rispetto a quelle in arrivo, dovuta all'accumulo di un volume d'acqua nella vasca/serbatoio quando il livello sale sulla soglia sfiorante. Tali manufatti, infatti, sono in grado di fungere da ammortizzatore idraulico durante gli eventuali aumenti di portata, trattenendo temporaneamente la portata intercettata, evitando pertanto pericolosi sovraccarichi a scapito dei riceventi finali.

Quindi le acque presenti nel livello delle gallerie, verranno raccolte in *vasca di accumulo e sedimentazione* da cui verrà edotto all'occorrenza il quantitativo necessario per il ciclo di lavorazione.

Dal calcolo delle stime dei quantitativi d'acqua necessari al ciclo della miniera si è ottenuto un quantitativo pari a circa 1m³/giorno per livello di coltivazione (*vedi pag. 15*).

Ricordiamo che tali quantitativi d'acqua non vanno persi ma vengono completamente riutilizzati nel sistema chiuso di regimazione/trattamento descritto (*vedi da pag. 23*).



- Schema Gestione Acque Sotterranee -

Sistema Chiuso di Sedimentazione/Chiarificazione Acque di Processo

L'acqua utilizzata nei processi di lavorazione per la realizzazione delle gallerie, trasporta quantità variabili di solidi in sospensione. Lo sversamento di queste acque in corsi o specchi d'acqua è vietato in ragione dei pericoli di inquinamento e per le conseguenze negative per l'equilibrio ambientale. L'impiego di sistemi di chiarificazione consente di riportare i parametri fisici delle acque entro limiti consentiti per il loro eventuale riutilizzo.

Il sistema per la sedimentazione e chiarificazione delle acque è un SISTEMA CHIUSO (vedi Flow Sheet pag. 24) utile per un successivo completo riutilizzo della risorsa idrica senza rilascio alcuno.

Funzionamento del sistema di chiarificazione acque in sotterraneo

L'acqua utilizzata nel fronte di abbattimento meccanico (mediante gli ugelli nebulizzatori montati sulle teste di perforazione dei jumbo) verrà riutilizzata previo convogliamento su canalette (le gallerie hanno una pendenza verso l'esterno) e trattamento di chiarificazione nelle apposite vasche di raccolta e sedimentazione ubicate nelle camere servizio opportunamente predisposte poco distanti dagli imbocchi delle gallerie dei livelli guida.

Il sistema, che deve assicurare l'abbattimento dei fini contenuti nelle acque, avviene attraverso 2 fasi:

1. Decantazione, addensamento dei fanghi e chiarificazione delle acque:

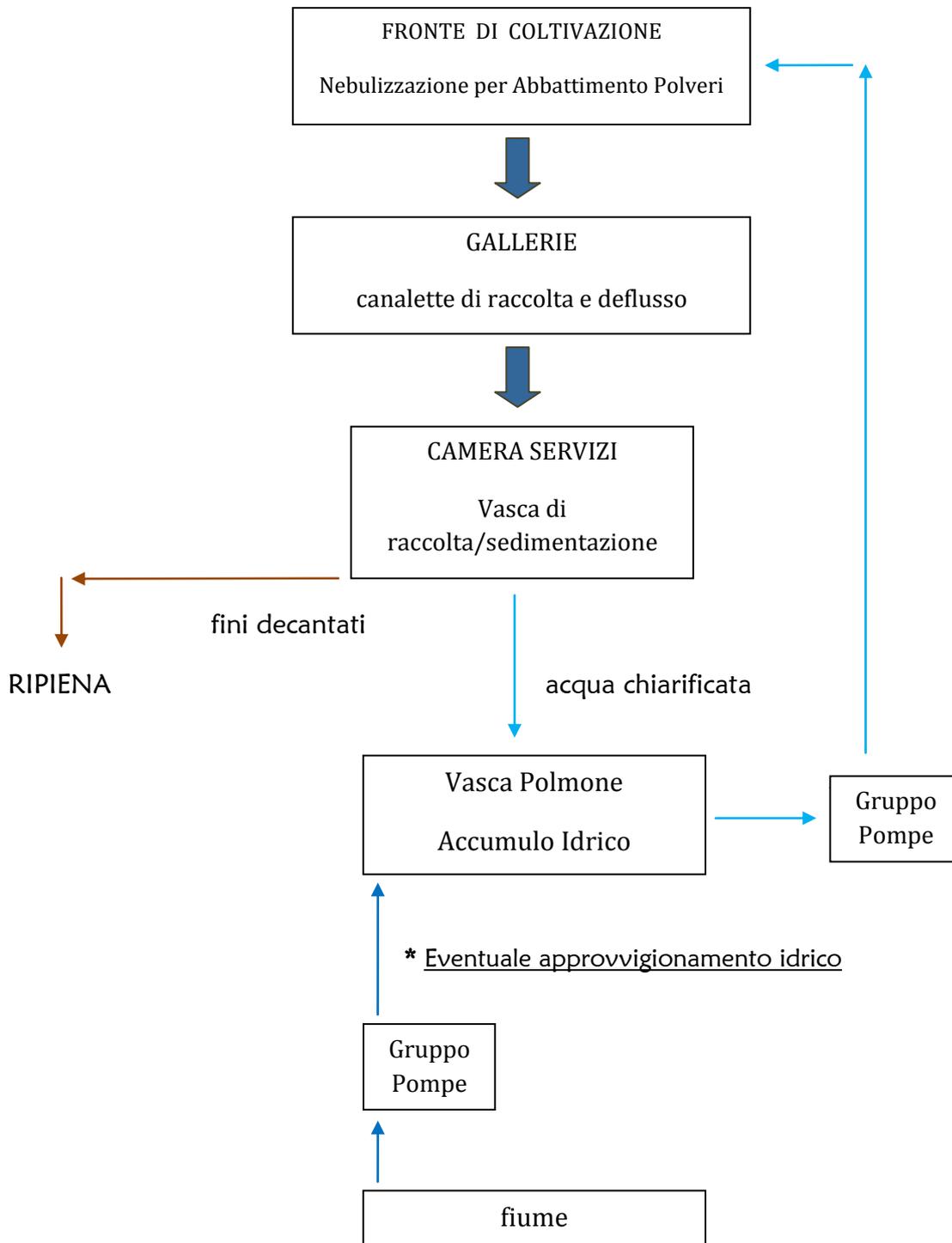
l'acqua proveniente dalla nebulizzazione del fronte di abbattimento, viene chiarificata per decantazione naturale nell'ambiente di calma delle vasche di raccolta. I fanghi separati per decantazione naturale vengono recuperati periodicamente, mentre l'acqua chiarificata viene riciclata e riutilizzata nel ciclo produttivo (abbattimento polveri).

2. Riutilizzo fanghi decantati:

i fanghi (essendo costituiti da *fini della roccia incassante e della mineralizzazione*) recuperati durante le periodiche fasi di manutenzione del cantiere (mediante pompa fanghi e/o manualmente), verranno riutilizzati nelle fasi di ripiena.

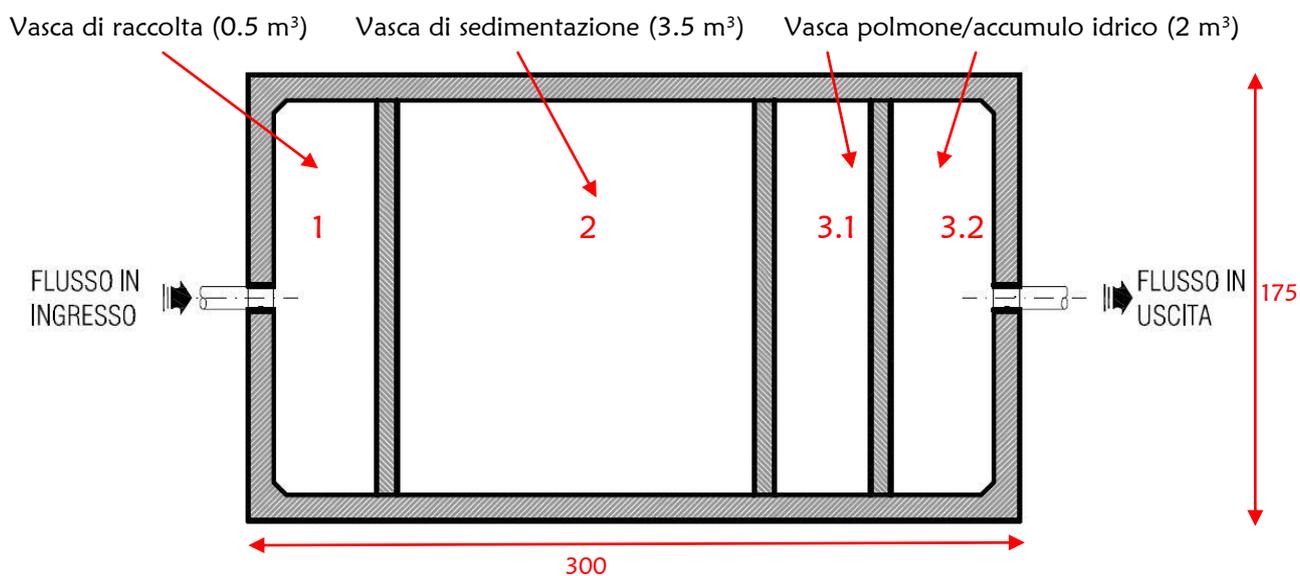
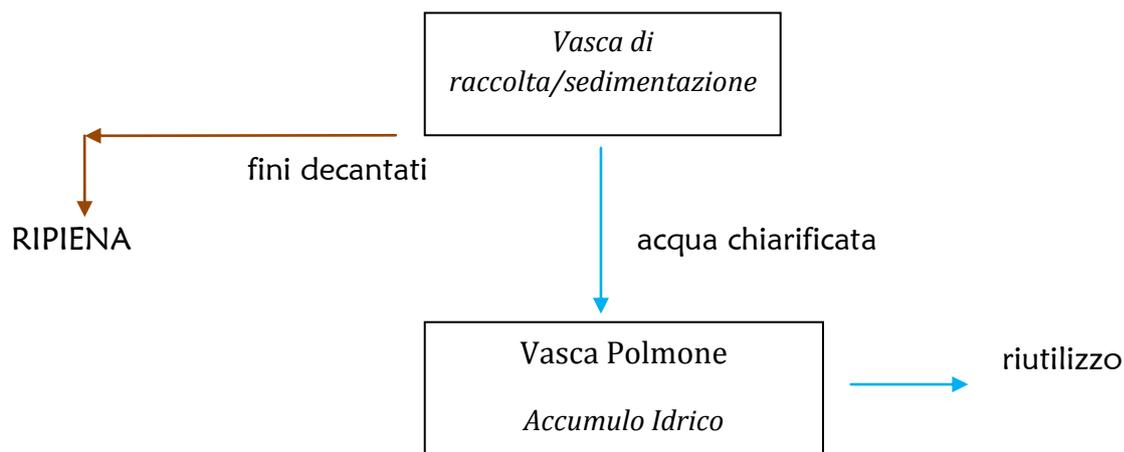
Alla pagina seguente lo schema di processo e funzionamento del sistema

FLOW SHEET - Ciclo CHIUSO delle Acque di Processo



* l'eventuale approvvigionamento idrico dal fiume avverrà solo nel caso remoto non si riesca ad accumulare il quantitativo d'acqua necessario al sistema e quindi sarà opportuno integrare. Nel caso si rendesse necessario, la Società avvierà l'iter alla Provincia di Nuoro per rilascio delle licenze annuali per l'attingimento di acque superficiali da fiume o da sorgente secondo *R.D. n. 1775 del 11.12.1933 art.56* e la *Legge Regionale n. 24/2016*.

Schema Vasca di Sedimentazione

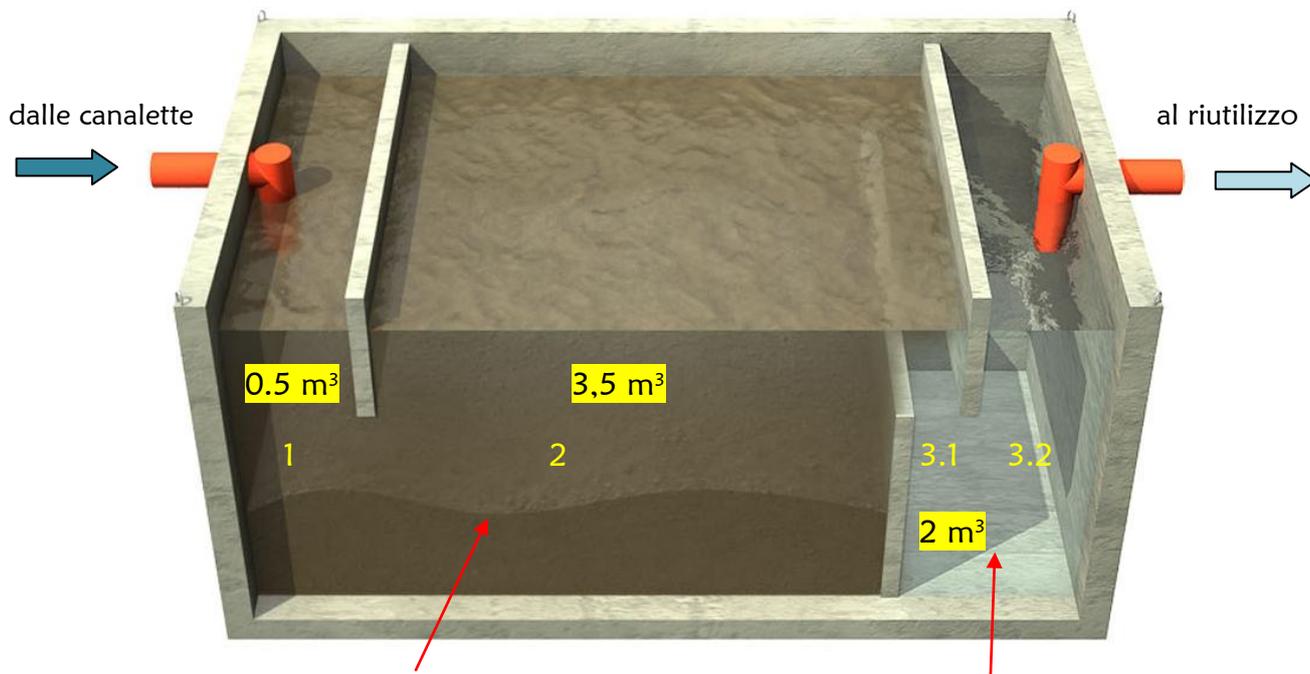


In questa fase, grazie alla conformazione della vasca (dim. $300 \times 175 \times h150$), munita di setti interni per una più facile decantazione, l'acqua inizierà la chiarificazione per gravità con conseguente sedimentazione delle particelle più fini passando dal settore 1 al settore 2.

Tutta l'acqua chiarificata nella parte di vasca *raccolta/sedimentazione* passa nel settore 3 diviso nei due settori finali 3.1 e 3.2 di accumulo, per poi essere utilizzata completamente nel ciclo del sistema.

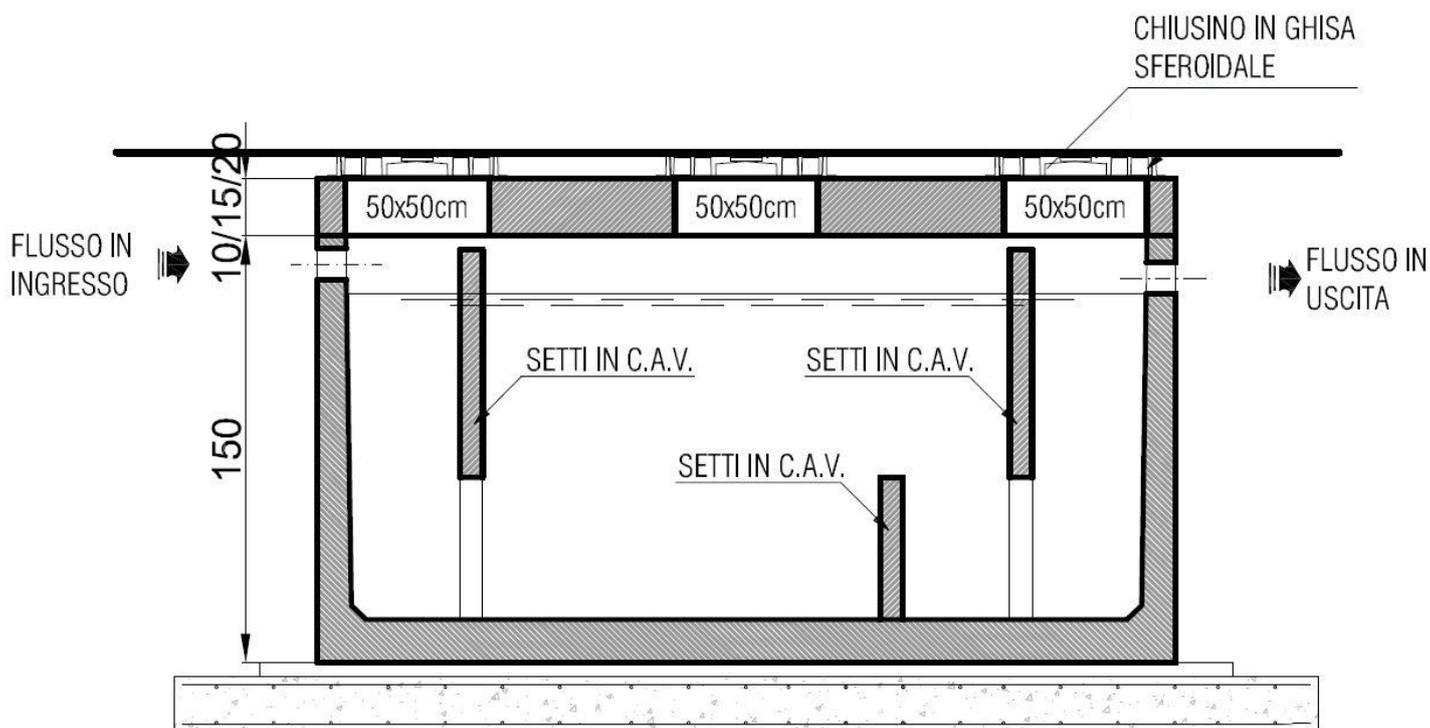
Tale sistema proposto, che necessita (in base ai calcoli) di un quantitativo d'acqua pari a circa 6 m^3 , garantisce una regimazione e trattamento ottimale delle acque di processo (1 m^3), consentendo il riutilizzo di acque chiarificate al normale ciclo di trattamento evitando qualsiasi rilascio nell'ambiente circostante.

Durante i periodi di manutenzione, all'occorrenza (accumulo di fanghi nel fondo), i settori 1 e 2 verranno ripuliti (mediante pompa fanghi e/o manualmente) ed i fanghi verranno riutilizzati direttamente nella ripiena.



1-2: settore Sedimentazione fanghi
[4 m³]

3.1-3.2: settore Acqua chiarificata
[2 m³]



Impianto Trattamento Acque di Galleria

Come abbiamo visto, le acque di cui si dovessero riscontrare la presenza nelle gallerie dovute a percolazioni di acque meteoriche attraverso il sistema di fratture dell'incassamento roccioso, come abbiamo visto, verranno raccolte anch'esse in *vasca di accumulo* da cui verrà edotto all'occorrenza il quantitativo necessario per il ciclo di lavorazione dei fronte di coltivazione e per le esigenze della miniera;

l'eventuale esubero rimanente di tali acque, raccolte nella apposita vasca di "accumulo idrico" (essendo acque che rispettano le "*concentrazioni soglia di contaminazione*") analizzate periodicamente, verranno lasciate libere di confluire (passanti allo stramazzo di troppo pieno) nel compluvi naturali.

Qualora, durante il monitoraggio previsto, si riscontrassero dei superamenti soglia/concentrazione ci si adopererà, prima del rilascio sul compluvio, con apposito Impianto mobile di trattamento acque dimensionato in base alle portate ed alle caratteristiche chimico-fisiche delle acque da trattare ed alle esigenze della miniera (ingombri, manutenzione, gestione ecc...).

L'aver sovrastimato il volume delle acque che potrebbe essere intercettato dai lavori minerari e quindi aver sovrastimato la capacità di trattamento dell'impianto (2 l/s), ci permette di affermare che durante i lavori negli anni di vigenza della Concessione Mineraria non ci saranno problematiche tali da poter condizionare in alcun modo la salubrità dell'ambiente e dei lavoratori, in quanto se si rendesse necessario l'utilizzo di tale impianto di trattamento verranno migliorate le caratteristiche qualitative delle acque che una volta "depurate" per portare sotto soglia/concentrazione i parametri chimico/fisici possono venir rilasciate nel compluvio naturale secondo normativa (*direttive della disciplina scarichi Regione Sardegna*).

L'impianto di trattamento acqua che verrà eventualmente utilizzato sarà ad *osmosi inversa*, dimensionato nei suoi parametri per la riduzione dei valori chimico/fisici dell'acqua presente nella miniera.

Schema di Processo

1. Pre-trattamento

Data la natura del prelievo, è richiesto l'abbattimento dei solidi in sospensione mediante filtrazione su letto di sabbia di quarzo. La filtrazione deve essere preceduta da uno stadio di ossidazione con ipoclorito di sodio che ha lo scopo di eliminare i batteri presenti nell'acqua.

2. Osmosi inversa

Dopo il pre-trattamento si passa alla stazione di dosaggio del prodotto abbattente di cloro e del prodotto antiscalante per evitare il deposito dei sali incrostanti sulle membrane, prima che l'acqua sia inviata all'interno dei moduli di permeazione, ad una pressione media di c.ca 7-10 bar. In questa fase si ottengono due correnti: permeato, cioè acqua desalinizzata a bassa conducibilità, e concentrato, destinato allo scarico.

Sistema

Filtro chiarificatore a sabbia di quarzo automatico per la filtrazione dell'acqua in ingresso, costituito dalle seguenti parti:

- Serbatoio in acciaio zincato, trattato con vernici epossidiche.
- Letto filtrante in purissima sabbia di quarzo in due strati a diversa granulometria
- Programmatore elettromeccanico a tempo per la regolazione dei cicli di lavaggio del filtro. Portata media d'esercizio 14.000 l/h, attacchi idraulici D 2", perdita di carico a filtro pulito 0,7 bar.

Il Sistema di dosaggio cloro per la clorazione dell'acqua in ingresso è costituito dalle seguenti parti:

- *Pompa dosatrice* elettronica a membrana di tipo proporzionale per il dosaggio dell'ipoclorito di sodio nella vasca di preclorazione, con portata 2 l/h a 7 bar, doppia scala di regolazione manuale della portata.
- *Contatore volumetrico* lancia impulsi 11/2". Questa pompa varia la frequenza di dosaggio in funzione degli impulsi in arrivo dal contatore. Serbatoio di contenimento dell'ipoclorito di sodio, in polietilene ad alta densità.
- *Serbatoio di contatto cloro/acqua* in polietilene alimentare da min. l 10.000, gruppo pompe rilancio.

Impianto Osmosi:

Impianto di dissalazione ad osmosi inversa con produzione 7200 l/h, costituito dalle seguenti parti:

- Sezione di dosaggio abbattente di cloro mediante dosatrice elettromagnetica e strumento redox.
- Sezione di dosaggio anti-incrostante mediante dosatrice elettromagnetica.
- Sezione di pressurizzazione alta pressione con pompa centrifuga multistadio verticale, kW 7,5, parti in contatto AISI 304, 380V.
- Banco membrane contenente n. 8 membrane tipo TFC da 8"x 40" del tipo HRLE;
- Circuito idraulico lato bassa pressione in PVC PN10 completo di valvole di intercettazione e prelievamento campioni, predisposto alle operazioni di lavaggio dei singoli vessels, manometri a campo;
- Circuito idraulico lato alta pressione in AISI316 completo di valvola di regolazione a spillo e valvola di intercettazione a passaggio pieno AISI 316;
- Manopressostato di controllo lato bassa pressione con contatto di minima;
- Manopressostato di controllo lato alta pressione con contatto di massima;

- Sezione rilevazione portata permeato composta da n.1 flussimetro con galleggiante in acciaio AISI 316L;
- Sezione rilevazione portata concentrato costituita da n.1 flussimetro con galleggiante in acciaio AISI 316;
- Sezione rilevazione portata ricircolo costituita da n.1 flussimetro con galleggiante in acciaio AISI 316;
- Sezione di rilevazione della conducibilità elettrica del permeato composta da conduttivimetro, completo di sonda di rilevamento;
- Quadro elettrico di comando per la gestione ed il controllo del funzionamento automatico/manuale, dell'intero sistema realizzato a norme CEI, protezione IP55 in contenitore PRFV.
- Skid in acciaio inox.

Sistema di controllo del Ph dell'acqua prodotta, costituito dalle seguenti parti:

- Strumento di controllo e regolazione del Ph di tipo digitale mod. LPH completo di elettrodo di rilevamento.
- Pompa dosatrice elettronica a membrana di tipo proporzionale per il dosaggio del correttore di Ph, con portata 2 l/h a 7 bar, doppia scala di regolazione manuale della portata. Serbatoio di contenimento del correttore di Ph, in polietilene ad alta densità.

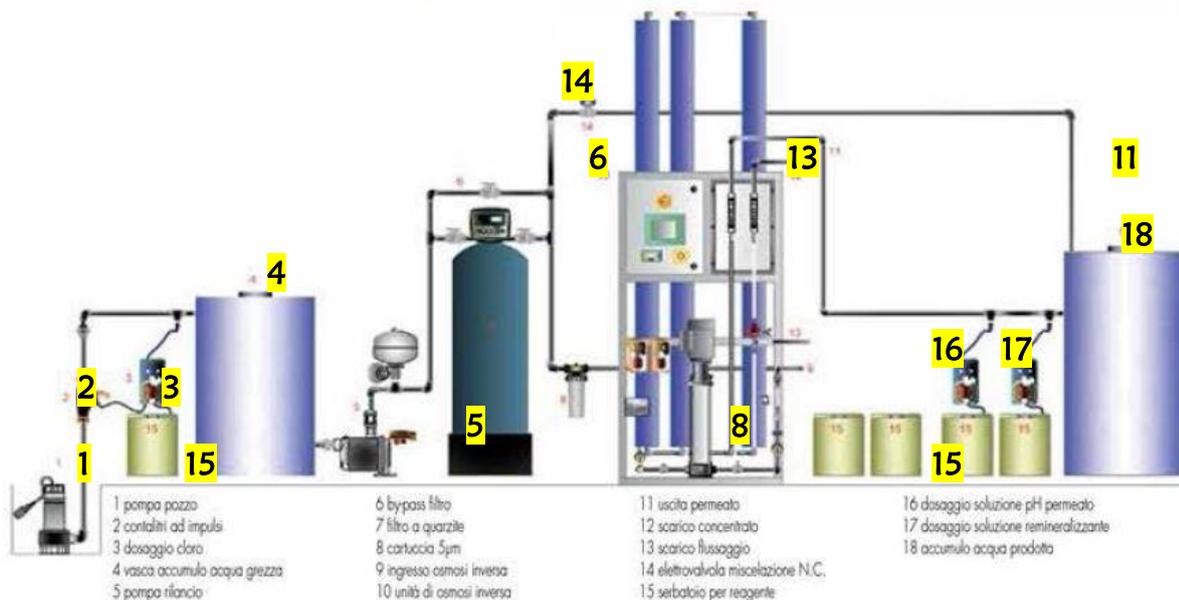
Serbatoio di accumulo acqua trattata in polietilene alimentare con gruppo pompe rilancio.

La ditta produttrice ed installatrice avrà cura di fornire alla Società la progettazione definitiva/esecutiva, la costruzione delle apparecchiature oggetto della fornitura secondo conformità CE e rilasciare tutti i Manuali di conduzione e manutenzione nonché affiancare il personale sino alla completa autonomia nel gestire l'impianto;

Schema Impianto Trattamento acque in Galleria

la dimensione complessiva dell'impianto compreso pre e post trattamento è di circa:

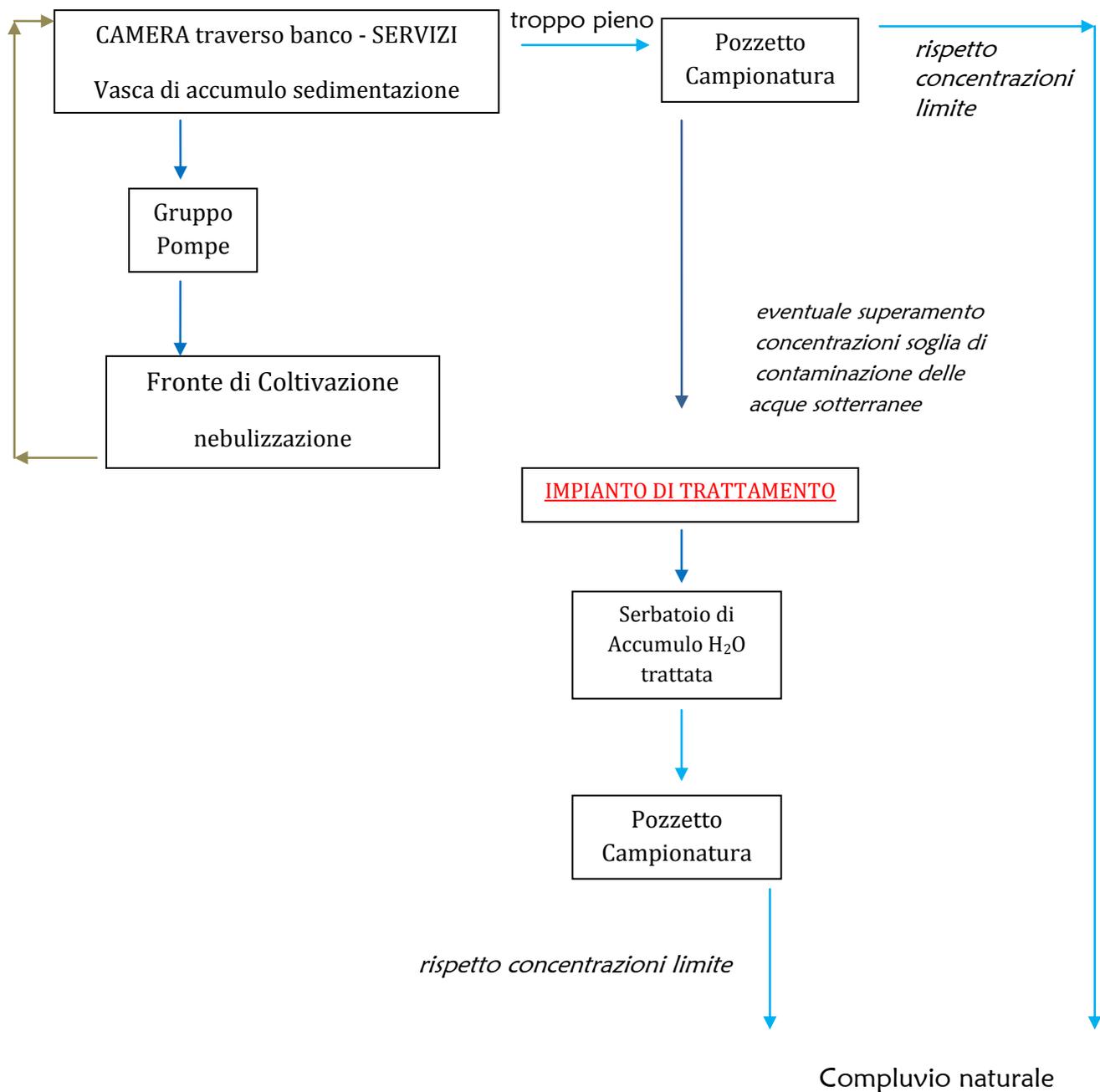
L= 3,00 m
l = 0,70 m
h= 2,70 m



1. Pompa adduzione
2. Contaltri ad impulsi
3. Dosaggio cloro
4. Serbatoio accumulo acqua grezza da trattare
5. Pompa di rilancio
6. Bypass filtro
7. Filtro a quarzite
8. Cartuccia 5 µm
9. Ingresso Osmosi inversa
10. Unità di Osmosi inversa
11. Uscita permeato
12. Scarico concentrato
13. Scarico flussaggio
14. Elettrovalvola miscelazione N.C.
15. Serbatoio per reagente
16. Dosaggio soluzione PH permeato
17. Dosaggio soluzione remineralizzante
18. Accumulo acqua trattata



FLOW SHEET - Trattamento Acque in Galleria



2. VENTILAZIONE

Generalità

Per realizzare lavori di scavo in sotterraneo vengono predisposti *Impianti di Ventilazione* che hanno il compito di immettere una quantità di aria fresca pulita sufficiente in modo da garantire una corretta diluizione degli agenti inquinanti prodotti, rispettando così i seguenti obiettivi:

- livello di ossigeno (O_2) quanto più possibile vicino al 21%;
- livello degli inquinanti aerodispersi (gas, vapori, polveri) al di sotto del 50% del valore limite;
- parametri microclimatici (temperatura ed umidità), ossia complesso di parametri che condizionano gli scambi termici soggetto / ambiente, nella norma. Occorre infatti tenere presente il notevole aumento della temperatura dovuto al funzionamento dei motori endotermici delle macchine operatrici utilizzate.

Nei lavori di costruzione della galleria (*galleria a fondo cieco*) il sistema di ventilazione scelto è di tipo aspirante.

Questa soluzione impiantistica prevede il risucchio (prelievo) di aria dall'interno della galleria tramite ventilatori aspiratori posti in prossimità dei fronti che spingono l'aria all'esterno richiamando nel contempo aria fresca, mediante tubazioni di materiale deformabile assicurati con cavi d'acciaio all'estremità superiore della volta. Con il progredire dei lavori di scavo del fronte, la tubazione viene allungata aggiungendo nuovi spezzoni di tubo. Nella realizzazione di scavi in sotterraneo, il mantenimento di una qualità dell'aria accettabile è legato sia al corretto dimensionamento dell'impianto di ventilazione che ad una successiva buona conduzione del sistema.

Come già anticipato, la quantità d'aria utile a poter eseguire le lavorazioni deve essere calcolata sulla base dell'uso dei mezzi dotati di motori endotermici e del numero di lavoratori presenti in galleria. Così potrà essere garantita una concentrazione di gas e fumi tale da non pregiudicare la qualità dell'aria, sia in termini di igiene (inquinanti CO - CO_2 - NO - NO_2 - H_2S - SO_2 , Umidità e Temperatura) sia in termini di sicurezza (tenore di ossigeno).

In assenza di normative tecniche specifiche italiane, a parte una generica *norma di principio del 1956 il DPR 320*, il dimensionamento dell'impianto di ventilazione verrà effettuato seguendo le norme *dell'Ente Normatore Svizzero "Société suisse des ingenieurs et des architects" Raccomandazione SIA 196/1998, comprese altre Direttive correlate emesse dalla CNA SUVA*.

Parametri Dimensionali e Misurazioni

In sintesi, secondo queste norme, *i parametri principali da tenere in considerazione per il calcolo della quantità d'aria necessaria* sono i seguenti:

- 3 m³/min per ogni lavoratore impiegato in sotterraneo;
- 4 m³/min per ciascun KW di potenza dei motori endotermici dei mezzi impiegati al fronte;
- riduzione del 50% dei m³/minuto per KW per i mezzi non impiegati al fronte, quindi un coefficiente di riduzione pari a $K_u=0,5$.

La ventilazione è condizionata dalle caratteristiche idrauliche del circuito, costituito da galleria e condotto, ed in particolare dai valori delle resistenze ripartite e concentrate, dalla pressione, dalla portata, dalla distanza della sezione terminale del tubo dal fronte di scavo in rapporto al diametro della galleria.

Al fine di garantire condizioni ottimali di igiene del lavoro e di sicurezza, è necessario dimensionare l'impianto di ventilazione in funzione delle scelte tecniche di avanzamento del fronte, delle geometrie di cantiere, delle potenziali sorgenti di inquinanti nocivi o pericolosi. Ne deriva che il progetto deve esplicitare i seguenti elementi principali: *criteri e parametri utilizzati per il dimensionamento, norme di buona tecnica di riferimento e indicazioni sulle procedure gestionali comprese le istruzioni per governare situazioni di crisi del sistema.*

Una volta verificata la corretta realizzazione del progetto occorre verificare costantemente l'efficienza del sistema adottato. In particolare sarà necessario predisporre un sistema di monitoraggio continuo per il controllo dei parametri di ventilazione (*monitoraggio in remoto*).

Un valido contributo utile alla realizzazione del sistema è rappresentato dalla *Nota Interregionale n°27963/PRC del 10/07/2000 (Regione Toscana e Emilia Romagna) dal titolo "Controllo parametri di ventilazione - Sistema di ventilazione di tipo premente controllo dei parametri di ventilazione della galleria"*.

I principali parametri che permettono di caratterizzare la ventilazione premente devono essere riferiti al flusso in mandata (velocità dell'aria all'inizio ed all'uscita del tubo di ventilazione, portata e pressione) ed al sistema di riflusso (velocità di riflusso, portata, concentrazione degli inquinanti).

La misura della portata d'aria deve essere eseguita nella tubazione premente almeno in due punti: immediatamente a valle dei ventilatori ed in prossimità della sezione terminale del condotto.

I valori di portata misurati devono essere costantemente rilevabili (ad esempio tramite un display, ecc.) presso il quadro di comando del sistema di ventilazione.

Una differenza dei valori misurati nelle due postazioni di misura, in assenza di spillamenti programmati, è un indice delle perdite accidentali di portata dovute alla mancanza di tenuta o a rotture della tubazione.

La conoscenza di tali valori permette di eseguire con tempestività gli interventi di manutenzione.

Registrazione dei valori di portata

Il sistema di misura della portata in mandata sopra descritto deve essere collegato con un sistema di registrazione automatica e continua dei dati. La registrazione dei valori di portata costituisce un elemento qualificante della corretta gestione della ventilazione.

Misura della prevalenza

Deve essere eseguita nella tubazione premente immediatamente a valle dei ventilatori.

Registrazione dei valori di prevalenza

- Il sistema di misura della prevalenza sopra descritto deve essere collegato con un sistema di registrazione automatica dei dati.

Misure puntuali della velocità di riflusso in galleria

- Tenendo conto che uno stesso valore di portata può determinare diversi profili di velocità in galleria in funzione della geometria dello scavo e degli ostacoli presenti, occorre integrare il controllo della portata con misure puntuali della velocità di riflusso in galleria. Dette misure devono essere effettuate con strumentazione manuale al fine di verificare l'efficacia della ventilazione che si instaura effettivamente nelle postazioni di lavoro.

Tipologia di Ventilatori

Per il comando e il controllo dei motori dei ventilatori, oggi solitamente di potenza più elevata rispetto al passato, ci si sta orientando verso tecnologie più moderne, come l'applicazione dei *convertitori di frequenza* in sostituzione dei metodi più tradizionali di avviamento, regolazione e dimensionamento della ventilazione in funzione delle varie fasi di avanzamento dei lavori.

In generale la quantità d'aria necessaria per la ventilazione ottimale viene calcolata in base al *numero di mezzi presenti in galleria nella fase di asportazione all'esterno del materiale di scavo*.

Generalmente l'impianto di ventilazione è costituito da **ventilatori assiali** posti poco distanti dal fronte di avanzamento della galleria, collegati a una tubazione che convoglia l'aria sospinta dal ventilatore, verso l'esterno della galleria. Progressivamente la tubazione viene allungata con l'avanzamento dei lavori.

Il sistema di ventilazione deve, ovviamente, garantire **portate e pressioni crescenti con l'avanzare del fronte di scavo**. Per questo motivo, unitamente alle inevitabili perdite di carico dovute al tipo di tubazione utilizzata ed ai problemi di resistenza meccanica della tubazione floscia, si richiede un sistema di ventilatori con prestazioni variabili, ottenute tradizionalmente mediante **ventilatori multistadio** la cui potenza viene regolata tra 25 e i 31 kW.

È quindi indispensabile applicare la regolazione mediante i ben noti *inverter*, cioè convertitori statici di frequenza che consentono di ottimizzare i costi di gestione dell'impianto di ventilazione, regolando la velocità di rotazione e adeguando, di conseguenza, l'assorbimento elettrico in base all'avanzamento del fronte di scavo o delle esigenze del cantiere.

Un **efficiente ricambio d'aria** nelle gallerie in costruzione è di estrema importanza, tanto che la sua mancanza o un'avaria nel sistema di ventilazione rendono di fatto impossibile lo svolgimento dei lavori, dal momento che **si rischierebbe l'intossicazione** degli addetti a causa delle polveri e degli inquinanti presenti in galleria.

È evidente quindi l'elevato livello di affidabilità e disponibilità richiesto al sistema stesso, poiché ogni fermata delle attività cantieristiche provoca notevoli danni economici.

Pre - Dimensionamento

L'intero progetto del sistema, che prevede l'utilizzo di *inverter*, viene interamente sviluppato per ciascuna applicazione dimensionando la ventilazione in base alla *quantità dei mezzi diesel secondo un fattore di contemporaneità di presenza nella galleria*.

Fino ad oggi l'unica normativa italiana che regola la ventilazione in queste applicazioni, anche se molto generica, è contenuta nel *D.P.R. n° 320 art. 30 comma 2*, che impone un quantità d'aria di 4 m³/min (0,066 m³/sec) per CV Diesel e di 3 m³/min (0,05 m³/sec) per ogni lavoratore. Inoltre per il dimensionamento di questi progetti ci si avvale della letteratura tecnica disponibile o di quanto contenuto nelle *norme svizzere SIA 196*.

Per il dimensionamento si terrà conto del numero di personale presente all'interno delle gallerie durante un normale turno di lavoro: n° personale a turno in galleria: 5 + 1

Un operaio a turno è fuori per controllo, assistenza ai compressori e controllo mezzi

Per il parco mezzi che lavora in galleria si considera:

Escavatore con martellone e/o benna – Pala di carico GHH – Dumper GHH Miner – Truck.

Volume d'aria personale in galleria: (5 operai) × 3 m³/min = 15 m³/min [0.25 m³/sec]

Volume d'aria mezzi: (4 mezzi) × 4 m³/min = 16 m³/min [0.266 m³/sec]

Per il calcolo della Ventilazione Forzata, ci si baserà sulle necessità di volumi di ossigeno richiesti legati dalla presenza di persone e mezzi in sotterraneo.

In primo luogo, viene stabilito il numero di unità operative e il tipo di mezzi meccanici che operano in contemporanea.

E' altresì importante stabilire le condizioni di umidità e di temperatura atte a mantenere una condizione ottimale per l'ambiente operativo.

Per il dimensionamento delle condotte occorre stabilire sia la loro geometria che la scabrezza atte alla individuazione delle perdite di carico.

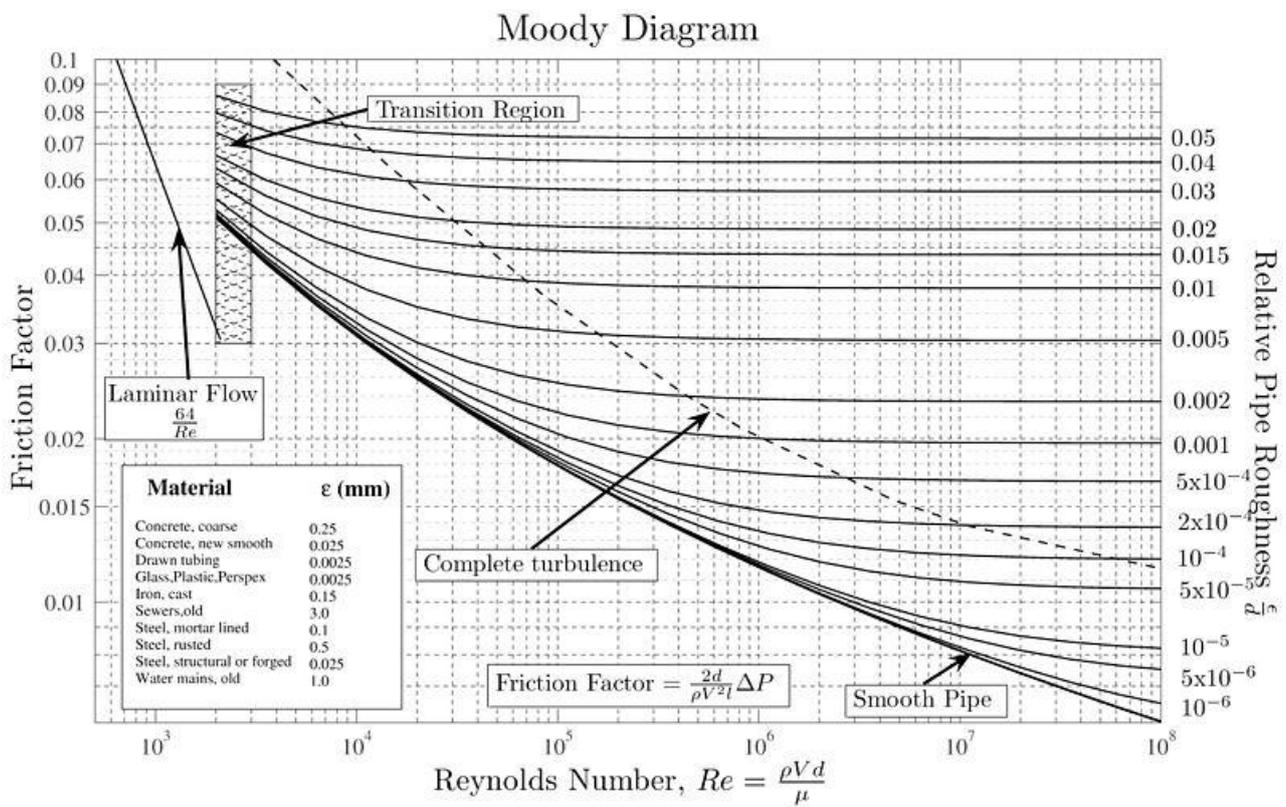
Tutto questo ci aiuta per l'individuazione delle potenze in gioco per la valutazione dei ventilatori da installare. Per il calcolo si utilizzerà l'equazione di *Colebrook e White*.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,71} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right)$$

dove:

- f coefficiente d'attrito di *Darcy*
- ϵ/D è la scabrezza relativa
- Re è il numero di *Reynolds*

Essendo questa un'equazione risolvibile solo attraverso iterazione si ricorre nella pratica all'ormai noto *Abaco di Moody* in cui si legano tutte grandezze indicate nella equazione precedente.



Nel nostro caso il fluido in oggetto è l'aria di cui sono ben note le caratteristiche fisiche:

Densità dell'aria

Temperatura [°C]	Densità [kg/m³] (ad 1 atm)
-10	1,342
-5	1,316
0	1,293
5	1,269
10	1,247
15	1,225
20	1,204
25	1,184
30	1,165

Nel caso più generale il *numero di Reynolds* è scritto come:

$$Re = \frac{\rho UL}{\mu}$$

oppure:

$$Re = \frac{UL}{\nu}$$

dove:

- U è la velocità media del fluido,
- μ è la viscosità dinamica,
- ν è la viscosità cinematica: $\nu = \mu / \rho$,
- ρ è la densità del fluido,
- L è il diametro del tubo se la sezione del condotto è circolare, altrimenti è pari al cosiddetto diametro equivalente o diametro idraulico:

$$D_e = \frac{4S}{P}$$

dove:

- S è l'area della sezione
- P è il perimetro bagnato.

Proprietà fisiche dell'aria in funzione della temperatura

Temperatura (°C)	Densità ρ (kg/m ³)	Viscosità dinamica μ (Pa·s)	Viscosità cinematica (m ² /s) $\nu = \frac{\mu}{\rho}$
0	1.293	1.71×10^{-5}	1.32×10^{-5}
10	1.247	1.76×10^{-5}	1.41×10^{-5}
15	1.225	1.78×10^{-5}	1.45×10^{-5}
20	1.205	1.81×10^{-5}	1.50×10^{-5}
30	1.165	1.86×10^{-5}	1.60×10^{-5}

Riportiamo brevemente alcune tabelle riassuntive relative alla velocità teorica dell'aria in una sezione generica della condotta in cui riassumiamo la portata il diametro della condotta, la sezione la velocità, la viscosità dinamica e ovviamente il numero di Reynolds.

Attraverso questi valori si arriva alla determinazione delle perdite di carico sfruttando *l'abaco di Moody* ed infine si perviene alla determinazione delle potenze necessarie per i ventilatori da installare (*in fase di predisposizione delle opere si realizzerà il progetto esecutivo della ventilazione*).

Si noti che nelle tabelle seguenti abbiamo calcolato il *numero di Reynolds* per diversi diametri di condotta e quindi le velocità varieranno. Lo scopo è quello di individuare le condizioni ambientali e geometriche ottimali.

Q (m ³ /sec)	D (mm)	S (m ²)	V (m/sec)	μ (m ² /sec)	Re
40	100	0,785	50,955414	0,0000155	1,00612601
40	125	1,2265625	32,611465	0,0000155	0,41210921
40	150	1,76625	22,6468507	0,0000155	0,19874094
40	200	3,14	12,7388535	0,0000155	0,06288288

Q (m ³ /sec)	D (mm)	S (m ²)	V (m/sec)	μ (m ² /sec)	Re
45	100	0,785	57,3248408	0,0000155	1,13189176
45	125	1,2265625	36,6878981	0,0000155	0,46362287
45	150	1,76625	25,477707	0,0000155	0,22358356
45	200	3,14	14,3312102	0,0000155	0,07074324

Q (m ³ /sec)	D (mm)	S (m ²)	V (m/sec)	μ (m ² /sec)	Re
50	100	0,785	63,6942675	0,0000155	1,25765751
50	125	1,2265625	40,7643312	0,0000155	0,51513652
50	150	1,76625	28,3085633	0,0000155	0,24842618
50	200	3,14	15,9235669	0,0000155	0,07860359

Q (m ³ /sec)	D (mm)	S (m ²)	V (m/sec)	μ (m ² /sec)	Re
55	100	0,785	70,0636943	0,0000155	1,38342326
55	125	1,2265625	44,8407643	0,0000155	0,56665017
55	150	1,76625	31,1394197	0,0000155	0,27326879
55	200	3,14	17,5159236	0,0000155	0,08646395

Q (m ³ /sec)	D (mm)	S (m ²)	V (m/sec)	μ (m ² /sec)	Re
60	100	0,785	76,433121	0,0000155	1,50918901
60	125	1,2265625	48,9171975	0,0000155	0,61816382
60	150	1,76625	33,970276	0,0000155	0,29811141
60	200	3,14	19,1082803	0,0000155	0,09432431

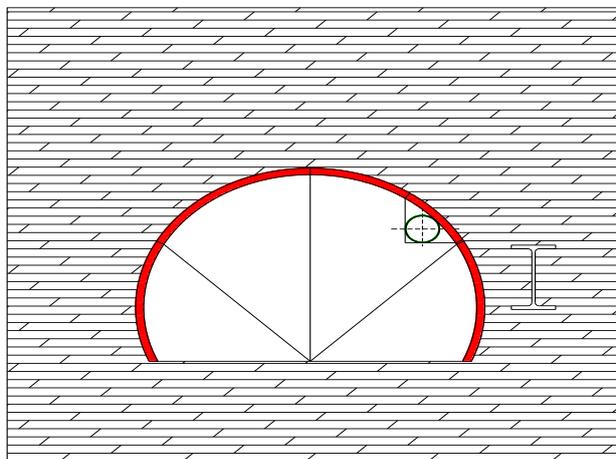
Il sistema di ventilazione sarà assicurato da un *gruppo elettrogeno* da 100 KW oppure in futuro si potrebbe prevedere un *sistema di energia da fonti verdi rinnovabili* (ad es. impianto fotovoltaico sui tetti delle strutture del “Vilaggio Giacurru”) che assicurerà la corrente elettrica anche per il sistema di illuminazione e comunicazione interno.

Il sistema di ventilazione opportunamente dimensionato agevolerà l'eliminazione degli scarichi dei mezzi diesel impiegati, in ottemperanza alle norme vigenti di polizia mineraria. La ventilazione definitiva dei cantieri terrà conto dell'apporto d'aria naturale una volta realizzati gli imbocchi gallerie e comunicazioni tra esse in programma.

La risoluzione di questo *“problema ventilazione”* con aspetti mutevoli durante il corso dei lavori di preparazione e coltivazione sarà risolto dall'utilizzo di programmi di elaborazione appositi che consentono la progettazione definitiva-esecutiva delle opere necessarie per la corretta circolazione dell'aria secondo le norme dell'arte mineraria.

Tale modus operandi, permetterà di conoscere la distribuzione delle portate nelle varie vie d'aria ed il punto di funzionamento dei ventilatori, tenendo presenti: le loro caratteristiche e i dati geometrici e i numeri di resistenza delle gallerie.

Sarà cura della Società fornire puntualmente all'Ass.to Industria, i piani di coltivazione con gli stati di avanzamento lavori ed i relativi progetti dei piani di ventilazione aggiornati.



esempio di posizionamento condotta ventilazione

Sicurezza sulla Ventilazione

Per garantire la **massima sicurezza possibile** in caso d'avaria, nelle gallerie di lunghezza superiore ai 200 metri in genere è consigliabile l'utilizzo di due ventilatori in serie, in modo tale che ciascun ventilatore possa mantenere un livello minimale di ventilazione anche se con portata ridotta. In alcuni casi questo accorgimento è imposto da leggi regionali.

Sempre per questioni di sicurezza si prevede anche l'utilizzo di un inverter per ciascun motore che applicati ai sistemi di ventilazione, consentono di ottimizzare i costi di gestione dell'impianto di ventilazione, regolando la velocità di rotazione e adeguando, di conseguenza, l'assorbimento elettrico in base all'avanzamento del fronte di scavo o alle esigenze del cantiere.

In casi d'emergenza di qualsiasi tipo l'utilizzo dei **sistemi di ventilazione con inverter** permette un intervento automatico ed un adeguamento delle prestazioni dell'impianto di ventilazione.

Vari esempi in letteratura si hanno anche nei cantieri autostradali dove, a causa della natura geologica, è necessario un costante monitoraggio dei gas durante lo scavo della galleria.

In queste situazioni di maggior pericolo l'*inverter*, **su retroazione dei sensori di gas posizionati nello scavo della galleria**, è in grado di intervenire escludendo il comando manuale e **portando immediatamente alla massima potenza i ventilatori per diluire ed evacuare nel minor tempo possibile i gas pericolosi**. Questi sistemi di ventilazione si utilizzano anche nelle gallerie principali delle miniere durante la normale attività di estrazione.

Nelle **gallerie laterali "di coltivazione"**, da cui viene estratto il minerale, la ventilazione, soprattutto in inverno, avviene naturalmente per convezione; quando però ciò non è più sufficiente per garantire le condizioni progettuali, l'inverter del sistema interviene su retroazione da velocimetri per integrare la ventilazione naturale.

È interessante per ultimo ricordare che l'utilizzo degli inverter può portare *benefici acustici all'impianto di ventilazione* soprattutto in quei casi in cui l'imbocco delle gallerie è situato in prossimità di un insediamento abitativo (*non nel nostro caso*): infatti riducendo la velocità di rotazione del motore e conseguentemente della girante per adeguare la potenza dei ventilatori alle reali esigenze del cantiere, il rumore si riduce su scala logaritmica: per esempio al 50% del numero di giri (con la frequenza che passa da 50 a 25 Hz e la potenza che varia da 250 a 31 kW) il rumore si riduce di ben 17 decibel.

3. Misure di Sicurezza Contro Incendi ed Esplosioni

Contro i pericoli d'incendio e scoppio in caso di cantieri grisutuososi (anche se questo non è il nostro caso), nella *normativa* sono specificate determinate misure di sicurezza non esclusa quella del controllo sulla persona all'atto dell'entrata in sotterraneo.

Le macchine, le apparecchiature e le condutture elettriche, i mezzi di segnalazione ed i mezzi a batteria devono essere di tipo antideflagrante (art. 73). Per ciò che concerne le misure preventive contro le fiamme, il riscaldamento e le scintille, si rammenta che è vietato eseguire operazioni che producono fiamme o riscaldamento pericolosi; utilizzare fiammiferi o altri mezzi di accensione ed usare scarpe con i chiodi. E' vietato inoltre fumare (art. 75). E' indispensabile evitare attriti ed urti fra materiali ferrosi, che possano produrre scintille (art. 76). E' indispensabile procedere inoltre al controllo della quantità di gas nocivi presenti nell'ambiente di lavoro in sottosuolo, in relazione alla natura del terreno o della zona circostante (art. 78). Qualora la presenza di gas nocivi o infiammabili nell'aria sia superiore all'1% in volume rispetto all'aria, e qualora non sia possibile eliminarlo per mezzo della ventilazione, è necessario procedere allo sgombrò immediato dei lavoratori dal luogo di lavoro (art. 79).

4. Illuminazione

Secondo la *Normativa*, viene fissato il livello minimo di illuminazione nei sotterranei e d'obbligatorietà dei mezzi di illuminazione portatili individuali: *i lavoratori impegnati in sotterraneo devono essere dotati di mezzi di illuminazione personali (art. 67); inoltre i luoghi devono essere adeguatamente illuminati (art. 66) e garantire un livello medio di illuminazione non inferiore a 30 lux (art. 69).*

I valori di illuminazione verranno garantiti dall'impianto di illuminazione all'interno delle gallerie. Infatti si predisporranno delle lampade a risparmio energetico a led, disposte ogni 50 metri che garantiranno una adeguata illuminazione per tutto il tratto della galleria. Il modello di lampade è quello *Flood* a luce diffusa; hanno una robusta carcassa in alluminio a tenuta stagna e presentano caratteristiche di assorbimento minimo con una luminosità sino a 13 volte più potente di un normale faro (180 lumens).

Oltre a ciò, ogni lavoratore avrà a disposizione delle lampade portatili manuali, sempre a basso consumo, che possono essere sia tenute in mano o applicate al caschetto di protezione individuale. Tutti i mezzi impegnati nelle varie fasi della coltivazione sono dotati luci di profondità per la completa visuale sia nel tratto anteriore che posteriore della zona di lavoro.

5. Energia Elettrica

Verrà prodotta da gruppi elettrogeni posizionati nei piazzali principali a bocca galleria.

6. Emergenza e Comunicazione

Art. 601 - DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 9 aprile 1959, n. 128
È fatto obbligo di stabilire collegamenti telefonici tra i punti più importanti del sotterraneo ed un centro di guardia permanente, collegato a sua volta telefonicamente con l'esterno.

Nei lavori in sotterraneo la gestione delle emergenze riveste un ruolo fondamentale nella pianificazione della sicurezza. Per attuare quanto sopra sarà realizzato un sistema di comunicazione e di allarme che garantisca ai lavoratori la possibilità di comunicare con l'esterno in maniera rapida ed efficace.

L'impianto sarà composto da un sistema di comunicazione fisso realizzato mediante l'installazione di postazioni telefoniche denominate “ *postazioni SOS* ” costituite da:

un sistema telefonico in grado di comunicare direttamente con il soccorso sanitario CIS (*Coordinamento Interno dei Soccorsi*) o 118, i Vigili del Fuoco (115) e gli uffici di cantiere posti all'esterno. Il sistema telefonico sarà dotato di una linea dedicata e l'apparecchio di un numero proprio di chiamata; un pulsante di allarme ad azionamento manuale; un dispositivo acustico e luminoso attivato da uno qualunque dei pulsanti di allarme con relativo allertamento di tutte le “ *postazioni SOS* ”; un pulsante necessario per la tacitazione locale della propria sirena ad allarme attivato.

In prossimità di ogni “ *postazione SOS* ” sarà installato un cartello di adeguate dimensioni che riporta le istruzioni d'uso, i numeri da chiamare e i dati essenziali che occorrono per individuare il punto da cui arriva la chiamata ovvero:

- la denominazione della galleria
- il numero progressivo di identificazione della “ *postazione SOS* ”.

Le “ *postazioni SOS* ” saranno collocate lungo lo sviluppo della galleria con passo di 200 metri e identificate con numero progressivo a partire dall'imbocco.

In prossimità dell'avanzamento è previsto un sistema di comunicazione e di allarme, costituito da un apparecchio telefonico in grado di comunicare direttamente con il soccorso sanitario di emergenza (CIS o 118), i Vigili del Fuoco (115) e gli uffici di cantiere posti all'esterno. L'apparato o apparecchio telefonico è dotato di una linea dedicata, separata ed indipendente da quella delle altre postazioni .

All'esterno della galleria, vicino all'imbocco, sarà posto un quadro sinottico dotato di un dispositivo acustico e di segnalazione visiva di colore rosso, che entra in funzione in concomitanza con l'attivazione del pulsante di emergenza di una “ *postazione SOS* ” in galleria; questo permette ai soccorritori di identificare dall'esterno la postazione da cui è stata attivata l'emergenza.

Il sistema risulta quindi composto da:

Un sistema di comunicazione e di allarme all'avanzamento; un sistema di comunicazione e di allarme lungo l'asta della galleria; un sistema di allarme all'imbocco.

7. Impianto Aria Compressa

Nelle gallerie l'aria compressa viene utilizzata per alimentare utenze quali attrezzature pneumatiche tipo perforatrici, chiodatrici, martelli, mole, giraviti, trapani, eventuale pompa *spritz beton*, seghe circolari ad azionamento pneumatico, lampade fluorescenti a fonte energetica pneumatica, ecc.

Infatti l'energia meccanica è trasmessa a distanza mediante tubazioni di aria in pressione ed il lavoro è compiuto attraverso utensili pneumatici di vario genere (alternativi o rotativi) o effettuato direttamente dall'aria.

Uno dei vantaggi che presenta l'aria compressa è la possibilità di essere utilizzata in ambienti con formazione di atmosfera esplosiva (*non è questo il nostro caso*) in quanto non si generano archi elettrici all'apertura ed alla chiusura di interruttori e non sono presenti combustioni dirette; tale versatilità ne consente l'utilizzo anche per le apparecchiature AD (antideflagranti).

La rete di distribuzione dell'aria compressa sarà costituita da un blocco compressore - serbatoio ubicato all'esterno della galleria collegato ad un collettore principale, composto da tubazione in acciaio da 6" – 8", che entra in sotterraneo e termina con un distributore multiplo chiamato comunemente "*clarinetto*" da cui partono le tubazioni flessibili a servizio delle varie utenze.

Queste ultime sono in materiale idoneo a resistere alla pressione interna (es. tubo armato) e generalmente si trovano ubicate nella parte finale dell'impianto e nei tratti "critici" quali ad esempio: il punto di superamento di un tratto di galleria armata, la zona di un eventuale ponte di impermeabilizzazione, l'area dove viene effettuato lo *spritz beton* o in prossimità di derivazioni e cambi di direzione.

Le tubazioni flessibili saranno raccordate e mantenute in sicurezza tramite due sistemi:

"*bloccaggio di sicurezza*" o "*catenella di sicurezza*" realizzata in fune di acciaio, completa di morsetti e molle a spirale; "*morsetto stringi tubo Hercules*" realizzato in ghisa zincata con griffe di sicurezza e 4 bulloni.

Entrambi i sistemi sono efficaci nel caso di sfilamento accidentale del tubo in quanto impediscono al lavoratore di essere colpito dalla tubazione stessa.

Lungo la rete di distribuzione, in corrispondenza di ogni diramazione saranno presenti valvole di intercettazione aventi la funzione di saracinesca per interrompere il flusso dell'aria compressa in caso di manutenzione e/o emergenza, senza dover mettere fuori uso l'intera rete.

Queste, inoltre, dovranno essere posizionate ed orientate in modo tale da non poter essere urtate dai mezzi in transito e comunque adeguatamente protette; lo stesso vale per i tronchetti di derivazione ed i rubinetti presenti lungo la rete a servizio delle varie utenze.

I tubi in acciaio saranno collegati tra loro mediante un sistema di giunzione a brevetto americano chiamato "*VICTAULIC*" (attacco "*Rapid Victaulic*"): quelli da 6" resistono ad una

pressione massima di esercizio di 7,5 Bar mentre quelli da 8" resistono ad una pressione massima di esercizio di 20 Bar .

La rete di distribuzione dell'aria compressa, sarà fissata al paramento della galleria con staffe di sostegno bloccate mediante l'utilizzo di spezzoni di tondino in acciaio;
Naturalmente la metodologia adottata sarà in funzione dello stato di avanzamento dei lavori di realizzazione della galleria.

Le suddette staffe di sostegno dovranno essere installate in corrispondenza di ogni attacco "Rapid Victaulic", ad una distanza di 1 metro l'una dall'altra e comunque ogni 6 metri di tubazione.

La tubazione dell'aria compressa, in base al materiale utilizzato per la sua costruzione, può resistere ad una temperatura compresa fra -40°C e $+110^{\circ}\text{C}$.

Le tubazioni in acciaio, lungo il loro sviluppo, non dovranno presentare saldature di alcun genere che pregiudicherebbero la tenuta dell'impianto.



valvole di intercettazione

sistema di fissaggio a parete

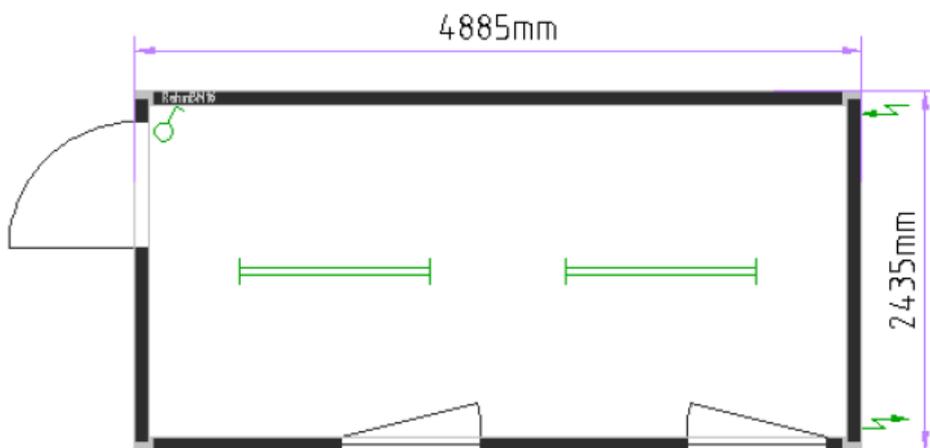
8. Servizi Igienico - Assistenziali

Per il benessere dei lavoratori devono essere predisposti idonei alloggiamenti con arredi, servizi igienici muniti di acqua calda e fredda, acqua potabile, mense e locali di soggiorno predisposti su Moduli prefabbricati nei piazzali di imbocco delle gallerie (vedi Tav.10).

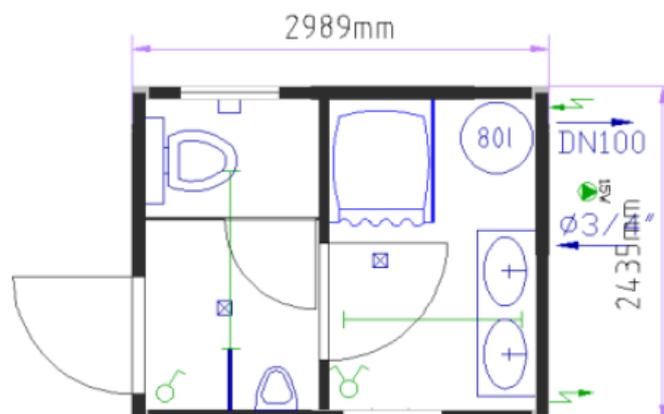
Sul cantiere deve essere assicurata l'assistenza sanitaria ai lavoratori, anche mediante un mezzo di trasporto per il trasferimento al più vicino posto di pronto soccorso del lavoratore che abbia bisogno di cure urgenti (art. 95). I cantieri fino a 100 lavoratori devono essere dotati di una cassetta di automedicazione (art. 96); i cantieri con almeno 500 lavoratori devono essere dotati di un locale di pronto soccorso e di un'infermeria (art. 97).



Prefabbricato modulare ad uso ufficio 16'



Prefabbricato modulare uso sanitario 10'



9. Servizi Sanitari e di Salvataggio

Per assicurare il pronto intervento nei casi di infortunio deve essere istituito il servizio di pronto soccorso e deve essere assicurata la reperibilità di un medico. Per le operazioni di soccorso e salvataggio devono essere istituite squadre ben addestrate, munite di attrezzature specifiche e con adeguato numero di elementi di riserva: gli elementi di tali squadre vengono scelti tra lavoratori volontari appartenenti al personale in servizio.

Nei cantieri indipendentemente dal numero degli occupati, deve essere organizzata una squadra di salvataggio (art. 99).

10. Difesa contro le Polveri

Contro l'inalazione delle polveri sono indicate le misure di sicurezza e le modalità per l'uso ed il controllo delle maschere protettive.

Nei lavori eseguiti in sotterraneo devono essere utilizzati sistemi di lavorazione, macchine ed impianti che producono la minore quantità possibile di polveri (art. 53). Quando si procede alla bagnatura delle pareti di scavo, per impedire la diffusione nell'aria delle polveri, devono essere impiegati spruzzatori od inaffiatori e non getti violenti d'acqua (art. 54). Anche la perforazione delle rocce deve essere eseguita mediante l'utilizzo di macchine munite di dispositivo per l'aspirazione delle polveri (art. 55). Il materiale di scavo deve essere inumidito prima di essere rimosso dal luogo di lavoro (art. 59). La concentrazione delle polveri nell'aria deve essere controllata periodicamente da esperti (art. 63). Se necessario è d'obbligo far uso di maschere di protezione (art. 64).

11. Manutenzione: Macchine, Impianti e Strutture

Il sistema di manutenzione, necessario per mantenere un buon standard di efficienza degli impianti, delle attrezzature e delle macchine, deve essere basato su una gestione corretta e programmata.

E' infatti determinante poter contare su un sistema veloce, dinamico ed organizzato, che garantisca una manutenzione programmata, periodica e qualificata.

In base alla struttura impiantistica, al parco macchine e alla logistica di cantiere il sistema viene diviso generalmente in due settori di intervento: *manutenzione degli impianti e dei macchinari*.

Manutenzione degli impianti

L'efficienza degli impianti in opere così complesse è di fondamentale importanza. Infatti alla loro manutenzione devono essere dedicate, risorse economiche ed umane.

L'organizzazione di cantiere deve quindi prevedere personale dedicato 24 ore su 24, 7 giorni su 7 per poter garantire tempestività d'intervento in caso di guasti.

In genere gli addetti, specializzati in manutenzione di tipo meccanico, elettrico ed impiantistico, sono coordinati da preposti collegati direttamente al capoimbocco e al capocantiere.

Per ogni evenienza la squadra entra in azione per ridurre al minimo i tempi di fermo degli impianti e quindi riprendere prima possibile la produzione: spesso gli addetti intervengono in situazioni disagiate e con tempi a disposizione molto brevi.

Manutenzione del macchinario

In ogni cantiere industriale è presente un sistema organizzato di manutenzione ordinaria e straordinaria del macchinario. Il sistema è regolato da un piano di manutenzione che detta le regole di gestione delle procedure operative.

Nel cantiere industriale è stata impostata una manutenzione del macchinario ispirata principalmente a criteri di programmazione degli interventi di prevenzione dei guasti o di riparazione a seguito di un avaria.

In particolare si possono ipotizzare le seguenti situazioni:

- Manutenzione a "*guasto*": questa manutenzione viene effettuata a seguito della rilevazione di un avaria per riportare la macchina allo stato di completa efficienza. Per quanto possibile le riparazioni sono eseguite in officina. In caso di guasti all'interno della galleria, con conseguente impossibilità di trasporto della macchina, le operazioni vengono eseguite in condizioni di sicurezza, spostando la stessa in zone protette dove non sono presenti rischi legate alla lavorazione;
- Intervento "*tampone*": questo intervento essendo a carattere provvisorio, è consentito solo per permettere al mezzo di uscire dalla galleria per la manutenzione a "*guasto*".
- Manutenzione *preventiva*: tutti i mezzi di lavoro devono essere mantenuti in efficienza e sottoposti a regolare manutenzione.

Ogni impresa pianifica gli interventi di manutenzione darsi sulla base di un modello organizzativo che differenzi i compiti tipici della manutenzione quali:

- Tipologia dell'intervento e la responsabilità dello stesso: sulla scorta del manuale d'uso in dotazione alla macchina, definiscono di cosa, quando, come e con chi fare manutenzione;
- Compiti operativi: esecuzione del lavoro secondo le specifiche tecniche;
- Compiti di controllo: verifica del lavoro svolto, valutazione e certificazione dei risultati;

Le macchine e gli autocarri sottoposti a manutenzione o riparazione, prima di essere riutilizzati per le normali lavorazioni, dovranno essere verificati rispetto al loro stato di efficienza. Per macchine particolari o comunque per guasti su specifici componenti si rende necessario comunque l'intervento sul posto di manutentori delle case costruttrici.

Programma per la Manutenzione Preventiva

Il programma prevede per ogni macchina degli interventi manutentivi, sui diversi componenti, scadenziati a determinate ore di lavoro, secondo le direttive del costruttore della macchina in relazione alle condizioni di lavoro, al tipo di funzionamento del componente, alle condizioni climatiche del luogo in cui la macchina opera.

La periodicità degli interventi si basa su rilevazioni fatte, sui diversi componenti della macchina, dalle case costruttrici che hanno così definito, statisticamente, dei periodi massimi di non-intervento sui diversi componenti.

Pilastri fondamentali del funzionamento della manutenzione programmata sono la redazione giornaliera del "rapportino" ore lavorate e la sua imputazione nella programmazione giornaliera. Il "rapportino" deve essere redatto dall'operatore della macchina.

La manutenzione programmata è prevista in modo tale che, attraverso una serie di interventi ad intervalli periodici, sia garantita la funzionalità e l'efficienza del macchinario, prevenendo per quanto possibile i guasti e i relativi fermo macchina.

Procedura Gestione del Programma di Manutenzione Preventiva

Generalmente la procedura è così articolata:

operatore macchina: Compila il rapporto ore lavoro macchina: data, turno di lavoro, codice macchina, ore lavorate, centri di costo;

capo officina: Riceve i rapporti ore lavoro, trasmette all'addetto programma;

addetto programma: Riceve il rapporto, imputa i dati di gestione/costi, estrae le schede di manutenzione in scadenza e le trasmette al capo officina;

capo officina: Riceve le schede, esegue le manutenzioni sulle macchine e controfirma le schede. Le invia all'addetto al programma;

addetto programma: Riceve le schede dal capo officina, esegue aggiornamento del programma manutenzione ed archivia le schede controfirmate.

Prime Indicazioni di Sicurezza - Pericoli Connessi all'Esecuzione dei Lavori in Sottosuolo.

I pericoli connessi all'esecuzione di lavori in sottosuolo sono determinati da diverse cause: ne riportiamo di seguito le principali dovute a:

- **Utilizzo di macchinari**

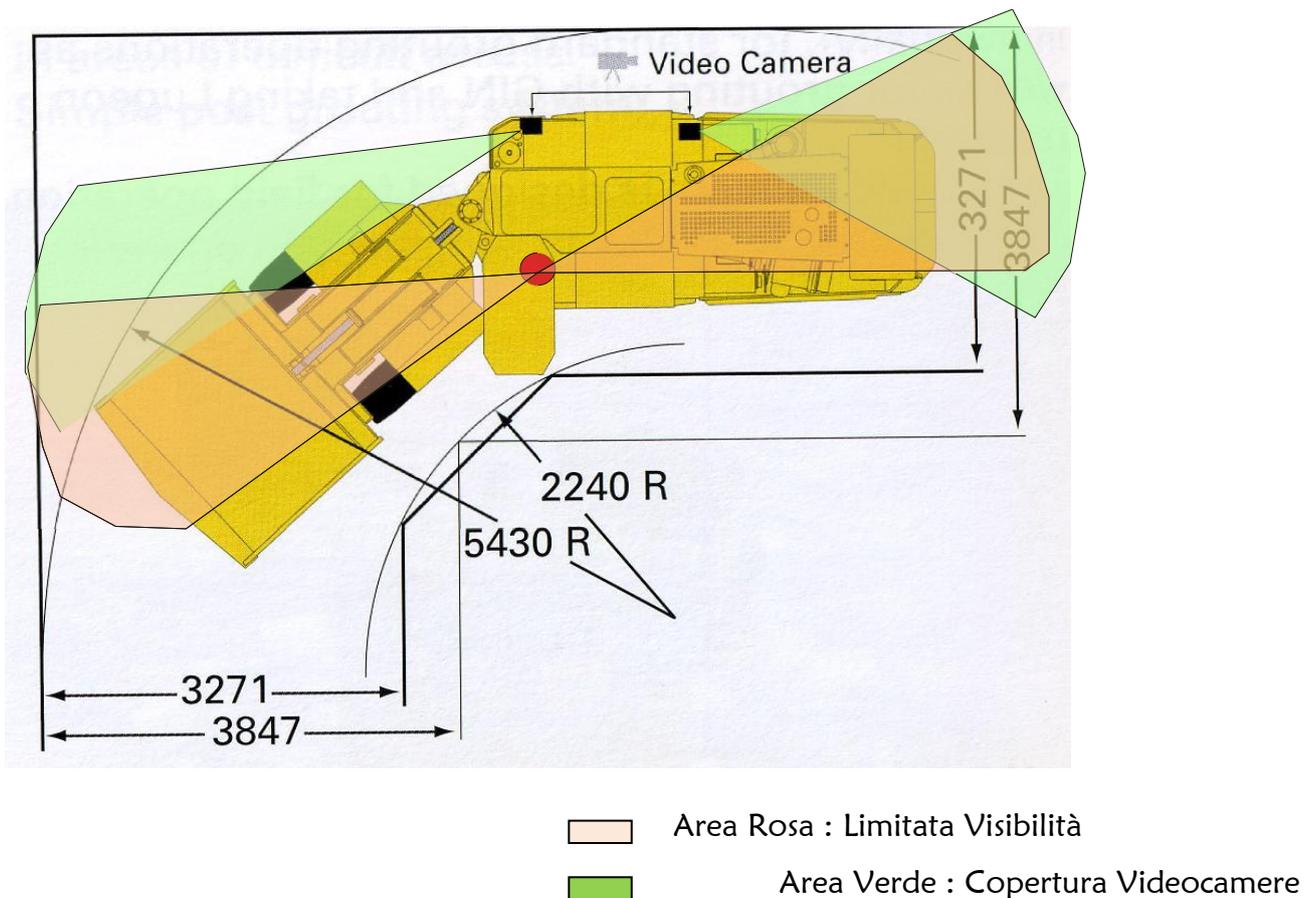
I macchinari utilizzati per i lavori in sotterraneo sono solitamente macchinari assai complessi; i macchinari che normalmente verranno impiegati per l'esecuzione dello scavo sono:

- escavatore cingolato o gommato o macchina simile per il sollevamento e la manovra degli utensili di scavo (benne, scalpelli, martellone ecc..)
- escavatori pale gommate e dumper di servizio, per la preparazione di piani di lavoro e le piste d'accesso, movimentazione materiale
- eventuali compressori e gruppi elettrogeni.

Poiché molti infortuni sono connessi all'utilizzo dei macchinari sopra descritti sarà necessario istruire il personale addetto e fornire loro alcune fondamentali istruzioni di comportamento corretto:

- istruire il personale per una corretta esecuzione delle movimentazioni;
- uno o due aiuti devono coordinare l'operatore durante il movimento dell'escavatore, tenendosi a distanza di sicurezza dalle macchine ed in continuo contatto visivo con l'operatore;
- rispettare la distanza di sicurezza tra macchina e ostacoli fissi e tra macchina, personale e ostacoli fissi;
- utilizzare, quando necessario, il segnale acustico dell'escavatore;
- tutto il personale non direttamente interessato al lavoro deve sempre mantenersi al di fuori del raggio di azione della macchina e dell'area di possibili cadute di materiale;
- evitare brusche manovre di avvio o di arresto;
- è vietato durante la perforazione sostare o transitare tra i cingoli dell'escavatore a causa della mancanza di visibilità diretta da parte dell'operatore sulla macchina;
- l' aiuto operatore deve mantenersi al di fuori dell'area di eventuale caduta di oggetti dall'alto e comunque deve essere dotato sempre di elmetto;
- gli automezzi che si avvicinano alla zona di lavoro per essere direttamente caricati dall'escavatore, devono disporre di un segnale acustico automatico sulla retromarcia, affinché il loro avvicinamento all'area di lavoro sia sempre segnalato.
- la dislocazione ed il tipo delle macchine ed attrezzature di cantiere vanno studiate preventivamente per ridurre il più possibile il rumore, isolando o allontanando il più possibile i macchinari rumorosi;
- quando possibile, i macchinari utilizzati devono essere insonorizzati;
- per rumorosità superiore agli 85 dB (*art. 193, comma 1, lettera b) del decreto legislativo del 9 aprile 2008, n. 81*) tutto il personale al lavoro nella zona interessata dal rumore deve usare i mezzi protezione per l'udito;
- prevedere e, se possibile, limitare le operazioni che provocano la concomitanza di più lavorazioni rumorose.
- infine, la manutenzione e la cura dei macchinari deve essere eseguita da personale esperto.

Visibilità dell' Operatore



L'operatore della pala è limitato nella visibilità anteriore e posteriore

Le aree indicate in rosa sono indicative dell'angolo sotto cui, per una distanza variabile da 1.5 a 2.5 metri dal limite della pala, un ostacolo può non essere visibile; si può ovviare in parte con un sistema di telecamere bordo macchina.

E' comunque obbligo del personale circolante a piede rendersi visibili all'operatore quando ci si avvicina all'area di lavoro e l'approccio all'area di lavoro della pala deve essere fatto solo da persone autorizzate.

Tutte le prescrizioni saranno ovviamente illustrate nel Piano Operativo di Sicurezza della Miniera

Considerazioni e Conclusioni

Nel presente studio si è ritenuto utile progettare la miniera tenendo in esame le probabili modifiche dell'ambiente a seguito dell'attività estrattiva, tenendo conto della situazione geologica e morfologica, col preciso scopo di salvaguardare la difesa del suolo e quella paesaggistica dai processi irreversibili insiti nella stessa attività.

L'attività ed i lavori minerari per la Coltivazione ed Estrazione di minerali di Ferro nella Concessione Mineraria di "GIACURRU" non creano particolari problemi di Impatto Ambientale, poiché i lavori si sviluppano in sotterraneo e particolarmente contenuti in aree limitate e defilate da visuali panoramiche, nonchè vengono adottati tutti gli interventi e presidi ambientali per limitare se non azzerare gli impatti di tale attività.

La stessa riabilitazione delle già esistenti strade e piste di accesso ai vari cantieri non modifica o deturpa l'ambiente poiché è contenuta nel limite del possibile nelle dimensioni della carreggiata esistente. Non saranno infatti realizzate strade o piste ex novo, l'intervento per il ripristino di quelle preesistenti sarà orientato a garantire la circolazione del personale e dei mezzi in tutta sicurezza. Si dovranno eliminare piccole frane e cedimenti di pietre e terre ed estirpare arbusti, spine e pochi cespugli della macchia mediterranea, ricresciuti ad invadere parte della stessa carreggiata.

Da tenere presente che il nostro intervento non è di tipo distruttivo, ma va visto in senso migliorativo, sia per le opere di ripristino delle aree lasciate degradate dai precedenti concessionari, sia per la valorizzazione di una importante risorsa mineraria strategica e del territorio per importanza industriale, didattico e turistico.

Si può facilmente pensare che la miniera comporterà beneficio ad un notevole comparto occupazionale del territorio, senza considerare l'indotto dei terzi che vi lavoreranno indirettamente. Una realtà industriale che è ben accolta dalla popolazione e dalle amministrazioni comunali vicine e dagli addetti ai lavori, essendo di esempio per altre attività di servizi di supporto che ruoteranno attorno all'attività mineraria.

[vedi relazione *Progetto Sociale Giacurru*]

Il Tecnico

