

ELENCO ELABORATI TECNICI PRODOTTI PRECEDENTEMENTE:

- RELAZIONE R0** – Sintesi della relazione prodotta precedentemente da Geoscienze per il Piano della Caratterizzazione (ALLEGATA IN CD)
- RELAZIONE R1** - Completamento del Piano della Caratterizzazione I Fase - Definizione del Piano delle investigazioni di completamento - terza emissione 19/05/04
- RELAZIONE R2** - Completamento del Piano della Caratterizzazione II Fase - Investigazioni di completamento - emissione del 19/07/04
- ALLEGATO 1 - Schede di caratterizzazione emissione del 19/07/04
- ALLEGATO 2 - Certificati di analisi chimiche emissione del 19/07/04
- ALLEGATO 3 - Prospezioni geofisiche emissione del 19/07/04
- TAVOLA 1 – Mappatura e caratterizzazione delle acque superficiali e sotterranee Carta di sintesi (scala 1:10.000)
- TAVOLA 2 – Rilievo topografico alla scala 1:2.000
- TAVOLA 3 – Modello idrogeologico – Posizionamento coltivazioni minerarie e rapporti tra le Miniere Merse e Campiano – Periodo 1986 (scala 1:2.000)
- TAVOLA 4 – Modello idrogeologico – Posizionamento coltivazioni minerarie Miniera Merse – Periodo 1961 (scala 1:2.000)
- TAVOLA 5 – Modello geologico-geomorfologico-idrogeologico ambito ristretto (sito) planimetria e sezioni alla scala 1:2.000
- RELAZIONE R3** - Completamento del Piano della Caratterizzazione investigazioni di completamento (Progress Report) - emissione del 04/10/04
- ALLEGATO 4 - Schede di caratterizzazione - completamento - emissione del 04/10/04
- TAVOLA 6 - Carta idrogeologica - scala 1:20.000
- TAVOLA 7 - Sezioni idrogeologiche - scala 1:20.000
- RELAZIONE R4** - Completamento del Piano della Caratterizzazione II Fase – Esiti delle investigazioni di completamento e ulteriori indagini di approfondimento – Relazione coordinata con il Piano della Caratterizzazione – emissione del 10/01/05
- ALLEGATO 5 – Certificati analisi chimiche
- ALLEGATO 6 – Caratterizzazione e monitoraggio – Tabelle e grafici dei dati chimico-fisici delle acque e dei sedimenti
- ALLEGATO 7 – Monitoraggio del Fornello 3 e Pozzo Serpieri
- TAVOLA 8 – Modello concettuale – Condizioni idrogeologiche e attività minerarie scale varie
- TAVOLA 9 – Modello concettuale – Schemi idraulici e dei rapporti fra ex Miniera Merse e Miniera di Campiano
- TAVOLA 10 – Planimetria dell'area da bonificare scala 1:2.000
- TAVOLA 11 – Modello concettuale – Correlazioni fra parametri chimici e idrogeologici

INDICE

1-PREMESSA	pag. 1
2-RISULTATI DELLE ATTIVITA' DEL PIANO DI CAMPIONAMENTO ED ANALISI DEI LIVELLI DI INQUINAMENTO DEL SITO	pag. 2
2.1-ACQUE SUPERFICIALI	pag. 3
2.2-"SEDIMENTI" DEL FIUME MERSE	pag. 4
2.3-DRENAGGI IPODERMICI E SORGENTI	pag. 4
2.4-VENUTE DA GALLERIE E VUOTI MINERARI	pag. 4
2.5-ACQUE DEL POZZO SERPIERI E DEL FORNELLO 3	pag. 5
3-DESCRIZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE GEOGNOSTICHE E DELLA STRATIGRAFIA DEI CAROTAGGI E VERIFICA DI CONGRUENZA CON LE DESCRIZIONE IDROGEOLOGICA DEL SITO	pag. 5
4-DESCRIZIONE DI OGNI ALTRA INDAGINE COMPRESO L'INDAGINE STORICA AGGIORNATA	pag. 6
5-MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO SPECIFICO	pag. 8
5.1-ASPETTI CHIMICI	pag. 8
5.1.1-FONTI DELLA CONTAMINAZIONE	pag. 9
5.1.2-ESTENSIONE E PERCORSI DI MIGRAZIONE	pag. 10
5.1.3-ELENCO SOSTANZE CONTAMINANTI	pag. 10
5.2-ASPETTI GEOLOGICO-IDROGEOLOGI	pag. 10
5.3-ASPETTI GEOLOGICO-IDROGEOLOGICI: MODELLO CONCETTUALE DEL SITO	pag. 11
5.3.1-DESCRIZIONE DELLA MINIERA DI CAMPIANO	pag. 12
5.3.2-VOLUMI DELLE CAMERE E DELLE GALLERIE DI CAMPIANO INTERESSATE DALLA SOMMERSIONE	pag. 16
5.3.3-MINIERA EX MERSE	pag. 16
5.3.4-VOLUMI DELLE CAMERE E DELLE GALLERIE DELLA EX MINIERA DEL MERSE SOTTO QUOTA 413 (V4)	pag. 16
5.3.5-VOLUME TOTALE DEI VUOTI DEL SISTEMA MINERARIO EX MERSE - CAMPIANO SOTTO QUOTA 412	pag. 17
5.3.6-VOLUMI DI ALLAGAMENTO DEL SISTEMA MINERARIO DOPO LA SUA CHIUSURA (1996)	pag. 17
5.4-TRABOCCO DALLA RAMPA DI RIBUDELLI NELL'ATTUALE SITUAZIONE DI REGIME	pag. 17
5.5-RICOSTRUZIONE DEGLI SCENARI DI SVUOTAMENTO E ALLAGAMENTO DELLA EX MINIERA DEL MERSE.	pag. 21
5.5.1-STORIA - IDRUALICO IDROGEOLOGICA DELLA EX MINIERA DEL MERSE	pag. 21
5.5.2-CARATTERI IDRAULICO IDROGEOLOGICI ATTUALI DELLA EX MINIERA DEL MERSE	pag. 23
5.5.3-PERCORSI IDRICI E QUALITA' DELLE ACQUE	pag. 24
5.6-STABILITA' DELLE AREE MINERARIE	pag. 26
5.7-DISCARICHE MINERARIE E PIAZZALI	pag. 28
5.8-ASPETTI GEOLOGICO-IDROGEOLOGICI: MODELLO AREA VASTA	pag. 28

6-OBIETTIVI GENERALI DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA, ALTERNATIVE CONSIDERATE E CRITERI UTILIZZATI PER LE SCELTE PROGETTUALI	pag. 30
6.1-OTTIMIZZAZIONE DELLA QUALITA' E MINIMIZZAZIONE DELLA QUANTITA' DELL'ACQUA INQUINATA	pag. 31
6.1.1-DRENAGGI ACIDI DALLE DISCARICHE-OTTIMIZZAZIONE DELLA QUALITA'	pag. 31
6.1.2-DRENAGGI ACIDI DALLE DISCARICHE-MINIMIZZAZIONE DELLE QUANTITA'	pag. 31
6.1.3-FUORIUSCITA DI RIBUDELLI	pag. 32
6.1.3.1-INTERVENTI SULLA QUALITÀ	pag. 32
6.1.3.2-INTERVENTI SULLE QUANTITÀ	pag. 33
6.1.3.3-CARATTERI QUALITATIVI E QUANTITATIVI	pag. 33
6.1.3.4-ALTERNATIVE CONSIDERATE	pag. 33
6.2-MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLE AREE DI DISCARICA MINERARIA E DEGLI SPROFONDAMENTI	pag. 34
7-DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA	pag. 34
8-MINIMIZZAZIONE E OTTIMIZZAZIONE DELLE FUORIUSCITE DI ACQUE INQUINATE E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELL'AREA	pag. 35
8.1-GALLERIA DI TRASFERIMENTO DAL POZZO SERPIERI A P1; A P2; A P3; AL MANUFATTO DI USCITA	pag. 37
8.2-CONDOTTA DI ADDUZIONE DAL MANUFATTO DI USCITA AL RIBUDELLI	pag. 37
8.3-ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DEI TRATTI TERMINALI DELLGALLERIA +418	pag. 37
8.4-ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DEL P. SERPIERI	pag. 38
8.5-CHIUSURA DELLA GALLERIA + 300	pag. 38
8.6-ADEGUAMENTO E CONSOLIDAMENTO DELLA RAMPA DI RIBUDELLI	pag. 39
8.7-INTERVENTI DA ESEGUIRE PER LA BONIFICA E L'ADEGUAMENTO DELL'ALVEO DEL F. MERSE	pag. 40
8.8-BONIFICA DEL SISTEMA ALVEO-PIANURA FLUVIALE DEL FIUME MERSE, DAL PIAZZALE RIBUDELLI AL GUADO PER LURIANO A VALLE DELLE VENE DI CICIANO	pag. 42
8.9-INFRASTRUTTURE PER LA MINIMIZZAZIONE DELL'INFILTRAZIONE SUI VERSANTI RELATIVI ALLA EX MINIERA DEL MERSE SETTORI NORD E SUD	pag.42
8.10-MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLE AREE DI DISCARICA MINERARIA, DEI PIAZZALI MINERARI E DEGLI SPROFONDAMENTI	pag. 43
9-TRATTAMENTO DELLE ACQUE	pag. 45
9.1-INTRODUZIONE	pag. 45
9.2-CARATTERIZZAZIONE DEI DRENAGGI ACIDI DI MINIERA	pag. 45
9.2.1-MECCANISMO DI FORMAZIONE DI UN DRENAGGIO ACIDO DI MINIERA	pag. 45
9.2.2-COMPOSIZIONE CHIMICO FISICA E QUANTIFICAZIONE	pag. 46
9.3-L'IMPIANTO DI TRATTAMENTO ESISTENTE	pag. 46
9.3.1-DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	pag. 46
9.3.2-ASPETTI GESTIONALI	pag. 49
9.4-DESCRIZIONE DELLE DIVERSE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE	pag. 52
9.4.1-IPOTESI A1	pag. 52
9.4.2-IPOTESI A2	pag. 54

9.4.3-IPOTESI B1	pag. 55
9.4.4-IPOTESI B1BIS	pag. 56
9.4.5-IPOTESI B2	pag. 56
9.4.6-IPOTESI C	pag. 57
9.4.7-SCELTA DEL SISTEMA DI TRATTAMENTO	pag. 57
9.5-SPERIMENTAZIONE E PROVE DI LABORATORIO	pag. 71
9.6-LE BARRIERE PERMEABILI REATTIVE (PRB)	pag. 73
9.6.1-PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO	pag. 73
9.6.2-MATERIALI REAGENTI	pag. 74
9.6.3-CONTAMINANTI TRATTABILI	pag. 75
9.6.4-MECCANISMI DI DEGRADAZIONE	pag. 75
9.6.5-PROBLEMATICHE CONNESSE ALLE PRB	pag. 76
9.7-SOLUZIONE PROGETTUALE PRESCELTA	pag. 77
9.7.1-PREMESSA	pag. 77
9.7.2-SEZIONE DI TRATTAMENTO CON BARRIERE REATTIVE (PRB)	pag. 78
9.7.3-SEZIONE DI TRATTAMENTO DI TIPO CHIMICO FISICO	pag. 80
9.7.4-ACCUMULO ED EQUALIZZAZIONE DELLA PORTATA	pag. 80
9.7.5-OSSIDAZIONE	pag. 81
9.7.6-PRECIPITAZIONE E DESOLFATAZIONE PRIMARIA	pag. 81
9.7.7-ACIDIFICAZIONE E DESOLFATAZIONE SECONDARIA	pag. 82
9.7.8-FLOCCULAZIONE	pag. 83
9.7.9-SEDIMENTAZIONE	pag. 83
9.7.10-FILTRAZIONE	pag. 84
9.7.11-ACIDIFICAZIONE E SOLLEVAMENTO	pag. 85
9.7.12-SCAMBIO IONICO	pag. 85
9.7.13-CONTROLLO E CORREZIONE PH	pag. 86
9.7.14-SCARICO E CAMPIONAMENTO ACQUE	pag. 86
9.7.15-ADDOLCIMENTO E STOCCAGGIO ACQUA RIUTILIZZO	pag. 87
9.7.16-RACCOLTA E TRATTAMENTO ACQUE DEI LAVAGGI	pag. 87
9.7.17-ISPESSIMENTO ED ACCUMULO FANGHI	pag. 87
9.7.18-DISIDRATAZIONE MECCANICA FANGHI	pag. 88
9.7.19-EQUALIZZAZIONE E RICIRCOLO ACQUE DI RISULTA LINEA FANGHI	pag. 88
9.7.20-IMPIANTI ELETTRICI	pag. 88
9.7.21-SISTEMA DI CONTROLLO E REMOTAZIONE	pag. 88
9.7.22-OPERE CIVILI ED ACCESSORIE	pag. 89
APPENDICE 1 RICOGNIZIONE SUI PRINCIPALI CONSUMI E RISORSE IDRICHE IN FUNZIONE DEI POSSIBILI RIUTILIZZO DELLE ACQUE	
APPENDICE 2 DETERMINAZIONI ISOTOPICHE	
APPENDICE 3 SCHEDE TECNICHE PROGETTUALI DELLE AREE PROBLEMATICHE	
APPENDICE 4 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	
TAV. 12-AREE PROBLEMATICHE: DISCARICHE, PIAZZALI, SPROFONDAMENTI-PLANIMETRIA GENERALE (V. SCHEDE TECNICHE DESCRITTIVE IN APPENDICE 3)	
TAV. 13-SCHEMI PRELIMINARI DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DI RIPRISTINO AMBIENTALE DELLE AREE PROBLEMATICHE	
TAV. 14-OPERE DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE PLANIMETRIA GENERALE	

TAV. 15-SCHEMA PRELIMINARE GALLERIA DI TRABOCCO EX MERSE PROFILO LONGITUDINALE

TAV. 16-SCHEMA DI ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DEL POZZO SERPIERI

TAV. 17-CHIUSURA GALLERIE E SCHEMI DI TRABOCCO

TAV. 18-IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE PLANIMETRIA - STATO ATTUALE

TAV. 19-IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE P&I - STATO ATTUALE

TAV. 20-IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE IPOTESI IMPIANTISTICHE: SCHEMI A BLOCCHI DI PROGETTO

TAV. 21-IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE PLANIMETRIA - STATO DI PROGETTO

TAV. 22-IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE PLANIMETRIA-STATO DI PROGETTO SCHEMA TUBAZIONI

TAV. 23-IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE P&I - STATO DI PROGETTO

TAV. 24-IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE BARRIERE REATTIVE: PLANIMETRIE E SEZIONI

TAV. 25-IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE VACHE DI REAZIONE: PLANIMETRIA E SEZIONE

TAV. 26-IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE VASCHE DI SEDIMENTAZIONE

TAV. 27-IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE ISPESSITORE ACCUMULO FANGHI: PIANTA E SEZIONE

ALLEGATO 8 - COMPUTI, STIME ECONOMICHE, PERIZIA DI SPESA E CRONOPROGRAMMA

1-PREMESSA

Con Decreto n. 1591 del 25.03.2004 la Regione Toscana, Giunta Regionale, Commissario Regionale per gli interventi di bonifica del Fiume Merse, ha conferito a questo raggruppamento temporaneo di imprese l'incarico professionale per il completamento del Piano di Caratterizzazione e per la redazione del progetto degli interventi di bonifica del Fiume Merse divenuti necessari a seguito della fuoriuscita di acqua dalla ex Miniera di Campiano, in Comune di Montieri (GR).

Il presente incarico si pone a valle di un incarico precedente svolto da Geoscience s.r.l. di Firenze, che ha prodotto, attraverso complesse ed articolate indagini, il Piano di Caratterizzazione approvato con Decreto del Commissario Regionale n. 4449 del 24/7/03.

Il presente incarico di articola in 2 parti e in diverse fasi operative.

L'attivazione di ogni fase viene attuata dopo l'approvazione della fase precedente, anche tramite Conferenza dei Servizi.

La prima parte è stata quella relativa al completamento del Piano di Caratterizzazione, la seconda parte è relativa alla progettazione delle opere e delle azioni di bonifica; ogni parte si suddivide in due fasi, determinandosi così la seguente sequenza:

I parte - Completamento del Piano di Caratterizzazione:

I fase - definizione del piano delle investigazioni di completamento (relazione R1);

II fase - esecuzione delle investigazioni di completamento (relazioni R2; R3; R4; R4 addendum).

II parte - Progettazione delle opere e delle azioni di bonifica:

III fase - progetto preliminare (presente relazione);

IV fase - progetto definitivo.

La presente relazione è relativa alla **terza fase - Progetto preliminare**

- L'attivazione della redazione del Progetto Preliminare è stata dopo la definitiva approvazione delle indagini di completamento e di approfondimento del Piano della Caratterizzazione, avvenuta con decreto Dirigenziale n. 2080 del. 19/04/05.
- Per una completa comprensione dei fenomeni e dei caratteri relativi all'area da bonificare è opportuna la lettura della documentazione precedentemente prodotta nella prima parte, relativa al completamento del Piano della Caratterizzazione
- Gli allegati e le tavole allegate alla presente relazione tecnica descrittiva sono quelli nuovi, prodotti per il progetto preliminare, successivamente alle precedenti relazione R2, R3, R4, R4 addendum e presentano una numerazione progressiva, successiva a quella già utilizzata per gli allegati e tavole delle relazioni precedenti. Tali allegati e tavole precedenti rimangono validi ed utili alla lettura di questa stessa relazione tecnica descrittiva
- Per rendere più agevole la ricerca degli allegati e delle tavole emessi precedentemente, tali allegati e tavole sono indicati nell'elenco elaborati tecnici prodotti, posto all'inizio di questa relazione

- la presente relazione, secondo quanto richiesto nell'ambito delle Conferenze dei Servizi, riferisce anche su due temi non completamente sviluppati nel piano della Caratterizzazione perchè ancora in atto analisi e rilievi.

1) possibili destinazioni finali delle acque anche in ambito più ampio;

2) risultati e considerazioni derivanti delle analisi isotopiche.

Tali argomenti sono contenuti rispettivamente in appendice 1 e 2

- la presente relazione, per quanto applicabile, è stata redatta secondo le norme tecniche del 471/99. Alcuni capitoli, sviluppati precedentemente, non sono stati ripetuti indicando le relazioni nelle quali sono contenuti.

2-RISULTATI DELLE ATTIVITA' DEL PIANO DI CAMPIONAMENTO ED ANALISI DEI LIVELLI DI INQUINAMENTO DEL SITO

Le attività di campionamento ed analisi si sono svolte in conformità a quanto approvato dell'autorità competente.

I risultati di tali attività sono estesamente riportati nelle relazioni precedenti, indicate all'inizio di questo fascicolo, ed in particolare in R4, capitolo 2 e relativi allegati e tavole, ai quali si rimanda per una più approfondita analisi.

Il piano della caratterizzazione ha avuto inizio con l'indagine preliminare effettuata da Geoscience srl di Firenze, approvato con decreto del Commissario Regionale n. 4449 del 24/7/03, ed è stato successivamente ultimato con una investigazione di completamento effettuata dal RTI (capogruppo Geoconsul), come richiesto dalle competenti autorità, sulla base delle risultanze della Conferenza dei Servizi dell' 8/7/03.

Il piano di investigazione iniziale, relativamente agli aspetti chimici, ha interessato esclusivamente la matrice acqua superficiale (fiume Merse e suoi affluenti) e le emergenze idriche (sorgenti e/o drenaggi ipodermici da discarica, venute da gallerie minerarie).

Nello studio Geoscience (Doc. 2.3 schede di rilevamento) sono descritti dettagliatamente i punti di prelievo dei campioni di acqua e le loro principali caratteristiche chimiche e chimico-fisiche.

Le ulteriori investigazioni di completamento del piano della caratterizzazione sono consistite in parte nella caratterizzazione delle proprietà chimiche e chimico-fisiche di tutti gli affioramenti ed emergenze di acqua nell'intorno della miniera di Campiano, comprese le eventuali risorse idriche, e dei sedimenti dell'asta fluviale del fiume Merse da Gabellino alle vene di Ciciano, in parte nella caratterizzazione microbiologica, macrobentonica ed algale del fiume Merse e i principali affluenti, in parte ancora nella caratterizzazione isotopica di acque sia superficiali che sotterranee.

Le risultanze analitiche delle indagini compiute sono riportate in parte nella RELAZIONE R2 del 19/7/2004, in parte nell'appendice 2 della RELAZIONE R3 del 4/10/2004.

L'appendice 3 della suddetta RELAZIONE R3 riporta anche i primi risultati delle analisi isotopiche eseguite sui campioni di acqua prelevati in uscita dalla rampa Ribudelli, dal pozzo

Serpieri, dal Fornello 3, dalla galleria di Boccheggiano e dalle Vene di Ciciano. I risultati definitivi delle analisi isotopiche sono contenuti in appendice 2 della presente relazione.

Per il completamento del quadro conoscitivo, finalizzato alla elaborazione del progetto di bonifica, in aggiunta alle investigazioni richiamate, è stato effettuato un periodo di monitoraggio sulle acque del Pozzo Serpieri e del Fornello 3, della durata di 60 giorni, le cui modalità esecutive sono riportate in parte nella RELAZIONE R3, mentre nella R4 sono descritte le attività svolte ed i risultati ottenuti.

2.1-ACQUE SUPERFICIALI

L'esame dei risultati ottenuti sulle acque prelevate dal fiume Merse e dai suoi affluenti (si vedano a questo proposito i grafici da 1 a 4 dell'Allegato 6) evidenzia come le stesse siano caratterizzate da valori di pH che si mantengono abbondantemente e costantemente oltre la neutralità per tutto il tratto esaminato da Gabellino fino alle Vene di Ciciano, mentre per la conducibilità si registrano aumenti in corrispondenza della confluenza con il Fosso Ribudelli e poi a valle delle Vene di Ciciano. Il notevole incremento di concentrazione di ferro e arsenico, registrati nel primo tratto di fiume da Gabellino sino all'altezza della vecchia miniera del Merse, a monte dell'area da bonificare, è dovuto al contributo del Botro Rosso e del Fosso dell'Inferno. Il contributo dell'immissione nel fosso Ribudelli – e successivamente nel fiume Merse – della venuta dalla galleria di accesso della Miniera di Campiano, si manifesta in termini di aumento di conducibilità per apporto sostanzialmente di ioni solfato, ioni sodio e ioni calcio.

Non si registrano, per contro, incrementi nella concentrazione di ioni di metalli pesanti o non metalli tossici, per effetto del trattamento chimico-fisico a cui sono sottoposte le acque in uscita dalla galleria Ribudelli.

Complessivamente si rilevano a tratti valori di concentrazione eccedenti i limiti per le acque di scarico in acque superficiali per il ferro, rame e zinco e più raramente per manganese e piombo.

Dal punto di vista biologico, dai dati raccolti, è emersa la presenza di un forte inquinamento delle acque del fiume Merse, riconducibile solo in minima parte alla pressione antropica; si noti infatti che la valutazione microbiologica ha evidenziato una situazione ambientale relativamente positiva. Al contrario le valutazioni macrobentonica ed algale rivelano un ecosistema acquatico soggetto ad un importante stress ambientale. Questo aspetto risulta moderato nelle stazioni più vicine alla sorgente mentre va accentuandosi lungo il corso del fiume. Da queste considerazioni è pertanto ipotizzabile la presenza di affluenti che a più livelli immettano acque di scarsa qualità nel fiume che, pur possedendo una certa capacità autodepurativa, non riesce a tamponare tale carico.

2.2-"SEDIMENTI" DEL FIUME MERSE

I "sedimenti" considerati, come meglio definiti nella premessa del capitolo 2 della relazione R4, sono costituiti dai materiali solidi sedimentati lungo il corso del fiume.

I risultati analitici mostrano la presenza generalizzata di metalli pesanti (tra i quali quelli in maggiore abbondanza sono il ferro, seguito da manganese e zinco) e di arsenico.

La presenza dei metalli risulta generalmente distribuita lungo tutta l'asta fluviale del fiume Merse. Non si evidenziano contributi significativi da parte del fosso Ribudelli, che riceve le acque trattate in uscita dalla miniera di Campiano, rispetto al contributo evidente di altri affluenti.

2.3-DRENAGGI IPODERMICI E SORGENTI

Il confronto tra i dati analitici rilevati nella fase di completamento sui drenaggi ipodermici (e sulle sorgenti), con quelli ottenuti nella precedente campagna eseguita da Geoscience, non rileva diversità sostanziali per i valori del pH e della conducibilità;

La variabilità riscontrata nei drenaggi ipodermici da discariche, per i solfati e in maniera più consistente per ferro, manganese e arsenico, è associabile probabilmente, oltre che a diversità di portata, anche ad altri fattori legati principalmente alla natura e composizione chimico-mineralogica dei materiali con cui le acque sono venute a contatto. In ogni caso non si evidenziano correlazioni strette tra la presenza dei suddetti metalli e i valori del pH, dell'ossigeno disciolto o del potenziale redox.

In sostanza ognuna delle venute investigate, evidenzia caratteristiche di contaminazione tipiche dei "drenaggi acidi da miniera", come riportati anche in letteratura. I parametri che eccedono le concentrazioni limite per lo scarico in acque superficiali sono risultati prevalentemente il pH e i solfati; tra i metalli il ferro, il manganese ed il rame.

2.4-VENUTE DA GALLERIE E VUOTI MINERARI

L'unica venuta presente in situ, proveniente da gallerie e vuoti minerari, è identificabile nella fuoriuscita di acqua che si registra alla rampa di accesso della miniera di Campiano.

La suddetta venuta è stata oggetto – e lo è tutt'oggi - di continuo monitoraggio dall'aprile 2001, quando si verificò per la prima volta la fuoriuscita di acqua.

Dopo un periodo iniziale di assestamento, la qualità dell'acqua è rimasta pressoché costante nel tempo, con segnali - che devono trovare conferma nel prosieguo del monitoraggio - di un lieve miglioramento qualitativo, riscontrabile nella tendenza alla diminuzione della concentrazione di taluni analiti.

La venuta è caratterizzata comunque dalla presenza di molte specie chimiche in soluzione in concentrazioni superiori a quelle massime previste per il conferimento in acque superficiali, che comportano la necessità di un intervento di depurazione per garantire il rispetto dei limiti imposti allo scarico dall'attuale normativa. Tra i parametri eccedenti i limiti di particolare significato sono

il pH, i solfati, e molti metalli e non metalli - anche tossici - tra cui ferro, manganese, piombo, rame, zinco, fluoruri.

2.5-ACQUE DEL POZZO SERPIERI E DEL FORNELLO 3

L'indagine è stata condotta con la fase di monitoraggio. Nella Relazione R4 sono ampiamente e dettagliatamente riportati e commentati i risultati della suddetta fase.

In sintesi si può ritenere che la stratificazione rilevata sul Serpieri sia associabile ad una tipologia di acqua di infiltrazione "fresca", nella quale hanno avuto inizio da poco i fenomeni di ossidazione che conferiranno le caratteristiche tipiche del cosiddetto drenaggio acido da miniera, caratteristiche che sono riscontrabili nella zona inferiore del pozzo.

L'acqua del Fornello 3 è risultata avere composizione chimica costante nel tempo e lungo la verticale, se si eccettua il naturale incremento di temperatura con la profondità.

Il pH prossimo a 6 insieme all'elevata salinità dovuta principalmente ai solfati che però sono accompagnati da quantitativi più apprezzabili di carbonati e cloruri, congiuntamente ad un tenore più basso di ferro, manganese e degli altri metalli pesanti (piombo, rame, zinco) rendono questa acqua nettamente diversa da quelle del Pozzo Serpieri, attestandone percorsi ed evoluzione diversi.

Nel complesso le caratteristiche chimiche delle acque interne alla miniera di Campiano sono riconducibili a fenomeni noti e complessi a cui danno origine le mineralizzazioni a base di solfuri di ferro (pirite) ed altri solfuri metallici come galena (PbS), sfalerite (ZnS) e solfuri misti a base di rame (calcopirite CuFeS_2) e di arsenico (arsenopirite FeAsS), quando questi sono messi a contatto con acque ossigenate o contenenti ferro a grado di ossidazione III. Tale è sicuramente il caso in esame che ha evidenziato concentrazioni eccedenti i limiti per gli scarichi in acque superficiali per i soliti parametri solfati, ferro, manganese, rame, zinco e più raramente piombo e cadmio, e per i fluoruri e l'arsenico nel fornello 3 e nel Serpieri profondo.

3-DESCRIZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE GEOGNOSTICHE E DELLA STRATIGRAFIA DEI CAROTAGGI E VERIFICA DI CONGRUENZA CON LE DESCRIZIONE IDROGEOLOGICA DEL SITO

I risultati delle prospezioni geofisiche effettuate sono dettagliatamente rapportate nella relazione R4, capitolo 5. Tali prospezioni riguardano in particolare l'area della ex miniera del Merse interessata dell'infiltrazione e degli sprofondamenti.

Nella fase di caratterizzazione, in considerazione dell'ingente mole di dati disponibili, non sono state eseguite ulteriori indagini geognostiche. Le indagini geognostiche per la progettazione sono state differite alla fase di progetto definitivo per ottimizzare il rapporto costi/benefici di tali indagini.

Le indagini esistenti sono state ritenute sufficienti a definire, così come è stato definito e descritto nella relazione R4 capitolo 9, il modello fisico del sistema nei suoi caratteri geologici, tettonici, idrogeologici e giacimentologici.

4-DESCRIZIONE DI OGNI ALTRA INDAGINE COMPRESO L'INDAGINE STORICA AGGIORNATA

Le altre indagini effettuate sono:

- A) Caratterizzazione chimico-fisico-biologica delle acque superficiali, della quale si riferisce nella relazione R2 capitolo 2.3;
- B) monitoraggio al Pozzo Serpieri e al Fornello 3, del quale si riferisce nella relazione R3 e R4;
- C) estensione della campagna di analisi isotopiche, della quale si riferisce compiutamente in appendice 2 della presente relazione, non essendo stati disponibili tutti i dati definitivi al momento della redazione delle relazioni precedenti;
- D) rilievi topografici, dei quali si riferisce nella relazione R4 capitolo 6;
- E) presa aerofotogrammetrica a colori, effettuata in data 27/04/05, con quota di volo 750 m, scala media 1:5.000, relativa ad una ampia area dal Poggio di Montieri al Poggio delle Guardie;
- F) rilievi geologico-geomorfologici di dettaglio nell'area da bonificare, dei quali si riferisce nelle relazioni precedenti: R2; R3; R4;
- G) risorse idriche e utilizzi di area ampia, dei quali si riferisce nella relazione R4 capitolo 3 e più compiutamente in appendice 1 alla presente relazione;
- H) descrizione tecnica preliminare delle aree problematiche di discarica e piazzali minerari e delle aree sprofondate contenute in appendice 3 della presente relazione
- I) indagine storica principale. E' contenuta nelle relazioni precedenti.

Ultimamente è stata acquisita nuova documentazione e nuove notizie, soprattutto in relazione agli accertamenti di natura giudiziaria, con riferimento alle operazioni di conduzione della miniera. Alla luce dei nuovi dati e informazioni raccolti è stato accertato che per realizzare le cosiddette ripiene minerarie, oltre alle ceneri di pirite, impiegate in maniera "tal quale" (anche non miscelate, come invece previsto dalle specifiche prescrizioni), sono stati utilizzati fanghi provenienti dagli impianti di depurazione delle acque di miniera, senza che questi venissero opportunamente e preventivamente miscelati con i materiali sterili.

Dagli atti risulta (vedi anche addendum R4 paragrafo 4 III capoverso) che quantità non precisate degli stessi fanghi e comunque non trascurabili, risultano essere sparse lungo le vie di carreggio della miniera, come conseguenza di operazioni di trasporto.

Dalle risultanze tecniche del Distretto Minerario di Grosseto, attualmente disponibili, risulterebbero volumi dei vuoti minerari, talora diversi in modo significativo rispetto a quelli considerati nel modello concettuale. La differenza più significativa riguarda la miniera della ex Merse per la quale, a fronte di un volume di 721.000 m³ considerato nel modello, risulterebbe un volume di 195.000 m³ (vedi allegato alla lettera del settore Autorità di Vigilanza sulle attività minerarie Toscana Sud e sulla geotermia – prot. n. 128 POS 53/3 del 16/02/05).

Per il criterio prudenziale adottato, considerato il metodo che ha portato alla determinazione del volume in 721.000 m³, si ritiene opportuno, ai fini del progetto, utilizzare tale ultimo dato.

E' inoltre opportuno considerare che i due dati solo apparentemente sono in contrasto (vedi relazione R4 paragrafo 10.3.4, pp. 85-86), infatti il volume edotto da Campiano nei 219 giorni di allagamento è un dato certo e pari a 1.062.509 m³, a parte le altre valutazioni che si possono fare come la distribuzione dei vuoti minerari sopra e sotto quota 412 e la quantità di pioggia effettiva nel periodo di riferimento, che da sole non spiegano la differenza; tale differenza può essere dovuta ad altri vuoti presenti, oltre a quelli minerari, idraulicamente collegati alla miniera ex Merse, come ad esempio il sistema di condotti beanti presenti nella faglia, che in ogni caso sono una componente funzionale del sistema idrogeologico, così come profondamente modificato dall'attività estrattiva, che attualmente costituisce il sistema minerario Merse-Campiano.

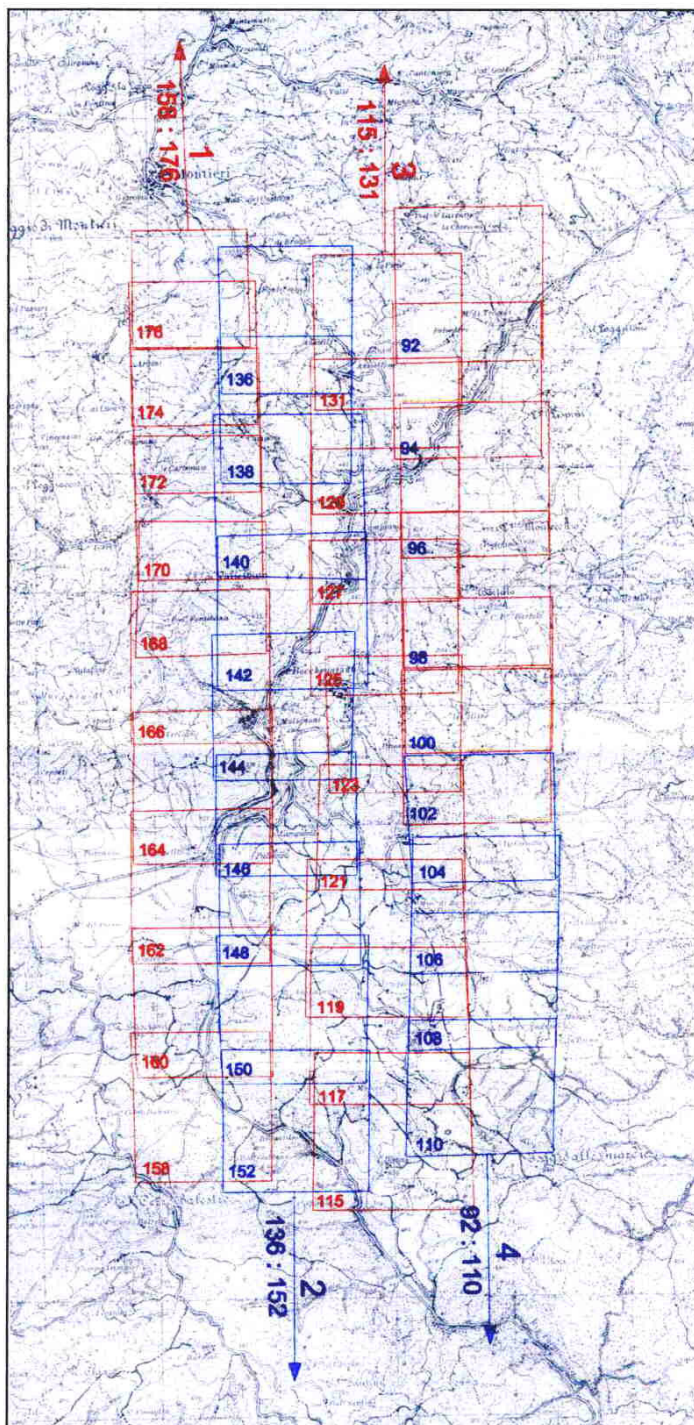


FIGURA 1
PRESA AEROFOTOGRAMMETRICA DELL'AREA
POGGIO MONTIERI-POGGIO DELLE GUARDIE
QUOTA DI VOLO 750 m S.L.M. SCALA MEDIA 1:5.000
PRESE DEL 27/04/05 - FOTOINDICE

5-MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO SPECIFICO

Il presente capitolo comprende diversi punti della relazione tecnica descrittiva di cui al 471/99, in buona parte è già contenuto nelle relazioni precedenti, ma per le importanti implicazioni sulla progettazione degli interventi, viene riproposto con alcune modifiche funzionali alla progettazione.

5.1-ASPETTI CHIMICI

La zona mineraria di Boccheggiano è caratterizzata dalla presenza di corpi mineralizzati a base di solfuri di ferro (pirite) ed altri solfuri metallici come galena (PbS), sfalerite (ZnS) e solfuri misti a base di rame (calcopirite CuFeS_2) e di arsenico (arsenopirite FeAsS).

I solfuri a contatto con l'acqua vengono solubilizzati solo in minima parte per lisciviazione, mentre la loro solubilità aumenta per effetti ossidativi sullo zolfo (per esempio da parte dell'ossigeno disciolto in acqua) con produzione di acidità solforica e rilascio in soluzione di ferro (II). Il ferro(II) può essere ulteriormente ossidato a ferro (III), che diventa a sua volta un agente ossidante - e quindi solubilizzante - nei confronti di nuova pirite.

Si innesca quindi un meccanismo che può autoalimentarsi, anche in presenza di piccole quantità di ossigeno disciolto. Per esposizione all'aria umida di corpi mineralizzati o per percolazione di acqua meteorica all'interno del corpo minerario, si ha la formazione pertanto di acque di drenaggio ad elevata acidità minerale e caratterizzate da elevata concentrazione di solfati e metalli disciolti, primo fra tutti il ferro in forma ossidata.

L'acidità minerale a sua volta è responsabile, insieme al ferro (III), della solubilizzazione di ulteriore minerale.

Non vi è dubbio che la formazione di drenaggi acidi a carico dei meccanismi di ossidazione sopra descritti si è avuta - e si continua ad avere anche se con cinetiche diverse - nella miniera della Merse dove esiste una vasta zona insatura con acque meteoriche circolanti, ricche di ossigeno, e nella miniera di Campiano, per effetto del ferro (III), accumulato nel tempo.

E' certo infatti che durante la coltivazione della miniera i solfuri affioranti sulle enormi superfici di gallerie, pozzi, fornelli, per non parlare delle camere di coltivazione, sono stati costantemente a contatto con aria atmosferica in un ambiente di elevata umidità e quindi hanno subito il processo di ossidazione con formazione di ferro (III).

Tale processo è sicuramente durato per anni, fino al completo allagamento della miniera di Campiano. A tutt'oggi non si può escludere che tale processo sia ancora in atto, non fosse altro perchè non si può escludere la presenza di sacche di aria - e quindi di ossigeno disponibile - rimasta intrappolata in convessità di gallerie durante l'allagamento della miniera.

Anche gli altri solfuri di rame, piombo, zinco ed arsenico danno luogo a reazioni analoghe, con liberazione di metalli in parte precipitati in funzione dell'acidità dell'ambiente di reazione. L'arsenopirite in particolare per ossidazione da parte dell'ossigeno e del ferro(III) libera arsenico in soluzione.

5.1.1-FONTI DELLA CONTAMINAZIONE

Per quanto detto è evidente che la principale fonte di contaminazione è individuabile nei minerali costituenti il filone di Boccheggiano.

Lo sfruttamento dei giacimenti protrattosi per molti decenni si è concretizzato con l'escavazione di molti chilometri di gallerie, anche superficiali, con sviluppo prevalentemente orizzontale (vecchia miniera della Merse), e fino a profondità considerevoli, con la apertura di grandi camere di coltivazione, una parte delle quali costituiscono tutt'oggi vuoti minerari non colmati. Ciò ha comportato l'esposizione all'aria di enormi superfici (le pareti dei vuoti di escavazione), con l'affioramento di minerali (per lo più solfuri metallici) in quantità anche rilevante, se non costituenti unici delle pareti stesse (camere di coltivazione della miniera di Boccheggiano).

Le acque meteoriche, infiltrandosi nel sottosuolo, hanno potuto quindi trovare, soprattutto nelle gallerie della Merse a sviluppo orizzontale, un efficace sistema drenante che le ha messe in contatto diretto con le mineralizzazioni a solfuri, in condizioni di forte ossigenazione.

La possibilità, e quindi l'entità, delle infiltrazioni, ha trovato poi incremento a causa dei cedimenti e sprofondamenti del terreno che sono avvenuti in misura considerevole in corrispondenza delle gallerie della Merse più superficiali, creando in taluni casi veri e propri inghiottitoi per l'acqua piovana.

Anche se non per azione diretta delle acque meteoriche, anche la vicina e profonda miniera di Campiano è stata costantemente interessata dalle acque, sia a causa dei collegamenti idraulici realizzati durante l'escavazione della rampa (quota +38) sia successivamente per rendere sicura l'attività mineraria (galleria di +300), sia per le altre venute incontrate durante l'allestimento della miniera e il suo sfruttamento, sia infine per l'uso di acqua industriale immessa in miniera per le necessità operative.

In altre parole l'intervento umano è stato responsabile della formazione non solo di grandi quantità di cosiddetti "drenaggi acidi da miniera", ma anche di avere creato un ambiente fortemente aerato e quindi ricco di ossigeno, che ha permesso l'innesco, anche a grande profondità, di tutti i meccanismi noti di ossidazione dei solfuri (a carico dell'ossigeno, del ferro (III) inevitabilmente formatosi e delle flore batteriche specifiche), con cinetiche in talune zone accelerate anche grazie al gradiente termico anomalo esistente nella zona considerata.

Il risultato finale è stato indubbiamente quello di avere attualmente la produzione di notevoli quantità di acqua dalle caratteristiche proprie di una miscela di acque profonde, ancorché arseniacali, come quella di quota + 38, con acque dalle caratteristiche tipiche dei drenaggi acidi di miniera a cui non è possibile escludere si possano aggiungere in qualche misura apporti di acque, particolarmente contaminate, prodotte dalla lisciviazione o dall'infiltrazione nelle parti basse della miniera, già soggette a ripiena, in fase di prima sommersione.

E' evidente che l'intervento umano di sfruttamento dei giacimenti minerari ha introdotto un elemento di forte perturbazione che ha determinato lo sviluppo su larga scala di un fenomeno inquinante.

Pur ritenendo che i materiali utilizzati per la ripiena dei vuoti di coltivazione possano costituire una potenziale fonte di contaminazione, (non costituiscono attualmente una fonte rilevante); non è determinabile quantitativamente, al momento, quanto e quando tali materiali (ceneri ematitiche, sterili, fanghi) possano costituire apprezzabile fonte di contaminazione, per la presenza di arsenico e di altri metalli, in uscita dalla rampa di Ribudelli.

Come esposto in altri paragrafi, non sono evidenti, allo stato attuale, condizioni di tipo idrodinamico che determinano risalite delle specie chimiche in soluzione dalle camere colmate verso la rampa che conduce allo sbocco sul piazzale di Ribudelli; ma non si può escludere che la risalita possa avvenire a seguito di mutate condizioni idrogeologiche, come potrebbe potenzialmente accadere, ad esempio, se la galleria di scolo di Ballarino, direttamente connessa alla faglia di Boccheggiano, per qualche ragione, si otturasse e cessasse la sua azione di drenaggio della falda del Cavernoso.

5.1.2-ESTENSIONE E PERCORSI DI MIGRAZIONE

Allo stato attuale si può ritenere che l'estensione della contaminazione sia riconducibile a tutta la zona mineraria interessata, mentre il principale percorso di migrazione è individuabile nel Fiume Merse, nel quale attualmente si riversano le acque edotte dalla miniera di Campiano e i drenaggi acidi prodotti dalla percolazione delle acque di ruscellamento e di pioggia attraverso le numerose discariche minerarie non messe in sicurezza e prive di coperture, presenti nell'area.

I possibili bersagli sono potenzialmente costituiti da vegetazione, animali acquatici e non e lo stesso uomo, in funzione dell'uso delle acque del fiume (irriguo, abbeveramento bestiame, balneazione estiva, ecc..). Allo stato sembrano non esistere interazioni apprezzabili tra le acque contenute nelle miniere e altre falde idriche utilizzate per altri scopi.

5.1.3-ELENCO SOSTANZE CONTAMINANTI

L'elenco delle sostanze contaminanti è costituito essenzialmente dagli elementi metallici e non metallici, pericolosi o non, presenti nel filone mineralizzato e nei corpi delle ripiene minerarie . In pratica si possono indicare, tra i principali contaminanti inorganici, i metalli elencati anche nell'Allegato 1 al D.M. 471/99: arsenico, cadmio, cromo, ferro, manganese, nichel, piombo, rame, zinco. Sono presenti inoltre in misura rilevante i solfati.

5.2-ASPETTI GEOLOGICO-IDROGEOLOGI

Per il progetto di bonifica è utile considerare il modello concettuale a due diverse scale ed ambiti spaziali:

- modello concettuale del sito, che comprende il sistema sotterraneo delle due miniere ex Merse e Campiano assieme all'area di superficie, compresi il tratto del F. Merse, le discariche minerarie, e le zone instabili interessate da infiltrazione e da sprofondamenti, contenute nel perimetro di cui alla Tavola n. 10A della relazione R4 addendum;
- modello concettuale allargato che comprende l'area mineraria Botroni-Baciolo-Ballarino, le zone carbonatiche di monte e di valle, comprese le altre aree mineralizzate e le principali infrastrutture minerarie .

5.3-ASPETTI GEOLOGICO-IDROGEOLOGICI: MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

- I problemi connessi alla bonifica del sito sono:

- 1) fuoriuscita per trabocco dalla Rampa di Ribudelli di acque inquinate e acide (14 l/sec)
- 2) fuoriuscita di drenaggi acidi delle discariche minerarie superficiali (portata molto variabile)
- 3) instabilità e sprofondamenti di alcune aree con forte incremento dell'infiltrazione nel sistema minerario Merse-Campiano.

- i principali sottosistemi di interesse per la bonifica dell'area sono:

A) la miniera di Campiano

Con le componenti principali costituite da:

- 1) la zona coltivata predisposta per la coltivazione da quota -20 a quota -254 con i relativi cavi minerari
- 2) le vie di collegamento con la superficie costituite dalla Rampa di Ribudelli, da due pozzi minerari e dai fornelli
- 3) il piazzale di Ribudelli
- 4) il piazzale superiore di Campiano
- 5) la discarica a monte di Ribudelli già oggetto di bonifica.
- 6) le altre discariche presenti sui versanti fra il Piazzale Ribudelli e il piazzale superiore.

B) la ex Miniera del Merse

Con le componenti principali costituite da:

- 1) pozzo Serpieri
- 2) galleria di scolo +418
- 3) gallerie con quote superiori al fondovalle e relativi cavi minerari fino a quote superiori a 500 m s.l.m.
- 4) gallerie inferiori a +418 e relativi cavi minerari fino a quota \approx +300 m s.l.m.
- 5) le discariche minerarie ed i piazzali con alcune costruzioni residue
- 6) i versanti interessati da sprofondamenti
- 7) l'alveo del F. Merse.

Le entrate idriche nel sistema sono:

- 1) le acque "termali" del +38 nella misura di riferimento di 9 litri/sec, attualizzata (vedi addendum R4 pag. 21) a 7,0 – 7,5 litri/sec, nella rampa di Campiano
- 2) le infiltrazioni dell'area sovrastante alla ex miniera del Merse, nella misura di riferimento di 5 litri/sec, attualizzata a 1,6-2,2 litri/sec
- 3) venute sparse intorno al livello -200 di Campiano, nella misura di riferimento 0,325 litri/sec
- 4) le acque di pioggia e ruscellamento che percolano le discariche di superficie.

Le uscite idriche dal sistema sono:

- l'unica uscita idrica del sistema dal sottosuolo è il trabocco dalla rampa di Ribudelli, nella misura di riferimento di 14 l/sec attualizzata a 9,1-9,2 litri/sec.

- l'interconnessione fra i due sistemi, attualmente attiva, è la galleria di connessione fra il pozzo Serpieri e la rampa di Ribudelli a quota +300, dalla quale transitano mediamente da 1,6 a 2,2 litri/sec dalla ex Merse alla Campiano
- l'interconnessione attiva anche in precedenza con la stessa faglia di Boccheggiano attraverso il livello +38
- i due sottosistemi: ex Merse e Campiano, alle quote superiori al +300 si comportano con certezza come due vasi comunicanti uniti da una strozzatura.
- altre possibili uscite sono le scaturigini di drenaggi acidi dalle discariche di superficie, in misura molto variabile ed ignota.

5.3.1-DESCRIZIONE DELLA MINIERA DI CAMPIANO

I caratteri della Miniera sono dettagliatamente documentati negli archivi ed uffici degli organi di controllo e vengono descritti di seguito molto schematicamente *"Il giacimento coltivabile e situato a profondità compresa tra -500 e -1000 m sotto la superficie, ... con un gradiente geotermico di un grado ogni 9 m, triplo della media... Sulla base di quanto detto e del sistema di coltivazione (sub-level-stoping) fu progettata una struttura mineraria, basata su una rampa camionabile a spirale policentrica, due pozzi principali da 6 m di diametro, due pozzi ausiliari da 3 m di diametro, gallerie di livello, sottolivello e rampe ausiliarie (Fig. 2).*

Gli impianti si trovano in due diversi piazzali:

- 1) Piazzale Campiano a +501 m s.l.m., dove sono situati due pozzi (pozzo 1 e pozzo2)*
- 2) Piazzale Ribudelli a +410 m s.l.m. dove c'è l'accesso alla rampa principale.*

La rampa principale di accesso si sviluppa attorno agli assi dei pozzi principali. Le rocce interessate sono la formazione del flysch alloctono ligure, (argille con calcari a palombini) fino a quota +38 m s.l.m. dopodichè, attraversata la faglia, lo scavo prosegue nelle filladi di Boccheggiano. La lunghezza complessiva, lungo l'asse, è 3550 m tra l'esterno (piazzale Ribudelli) e q -240m, fondo del pozzo 1. La pendenza dei tratti rettilinei è del 20%.

I pozzi P1, P2, sono profondi 740 e 690m.. con diametro di 6m.

Dalla rampa principale partono due rampe ausiliarie interne, partono dal livello -80 e scendono fino al livello -257.

Esse si trovano a letto del giacimento, sono dislocate una a nord-ovest di pozzo 1 e una a sud-est.

Le rampe ausiliarie mettono in comunicazione tra di loro i livelli principali -20, -80, -140, -200, dove, oltre alle gallerie in minerale (sottolivelli) esistono gallerie fuori strato, in direzione, scavate a letto del giacimento, parallele al sottolivello.

L'accesso al giacimento ed ai pannelli da coltivare avviene per mezzo della rampa camionabile e delle rampe ausiliarie interne.

La lunghezza in direzione delle singole camere è di 35 m per una profondità variabile fra 60 e 120 m in quota. Lo spessore, che dipende ovviamente dalla potenza del corpo minerario, varia tra i 15 e i 60 m in orizzontale. Fra una camera e l'altra vengono lasciati in posto pilastri continui di minerale dello spessore di 10 m in direzione. Alcune camere vengono in seguito riempite a sacco (Figg. 3 e 4)".

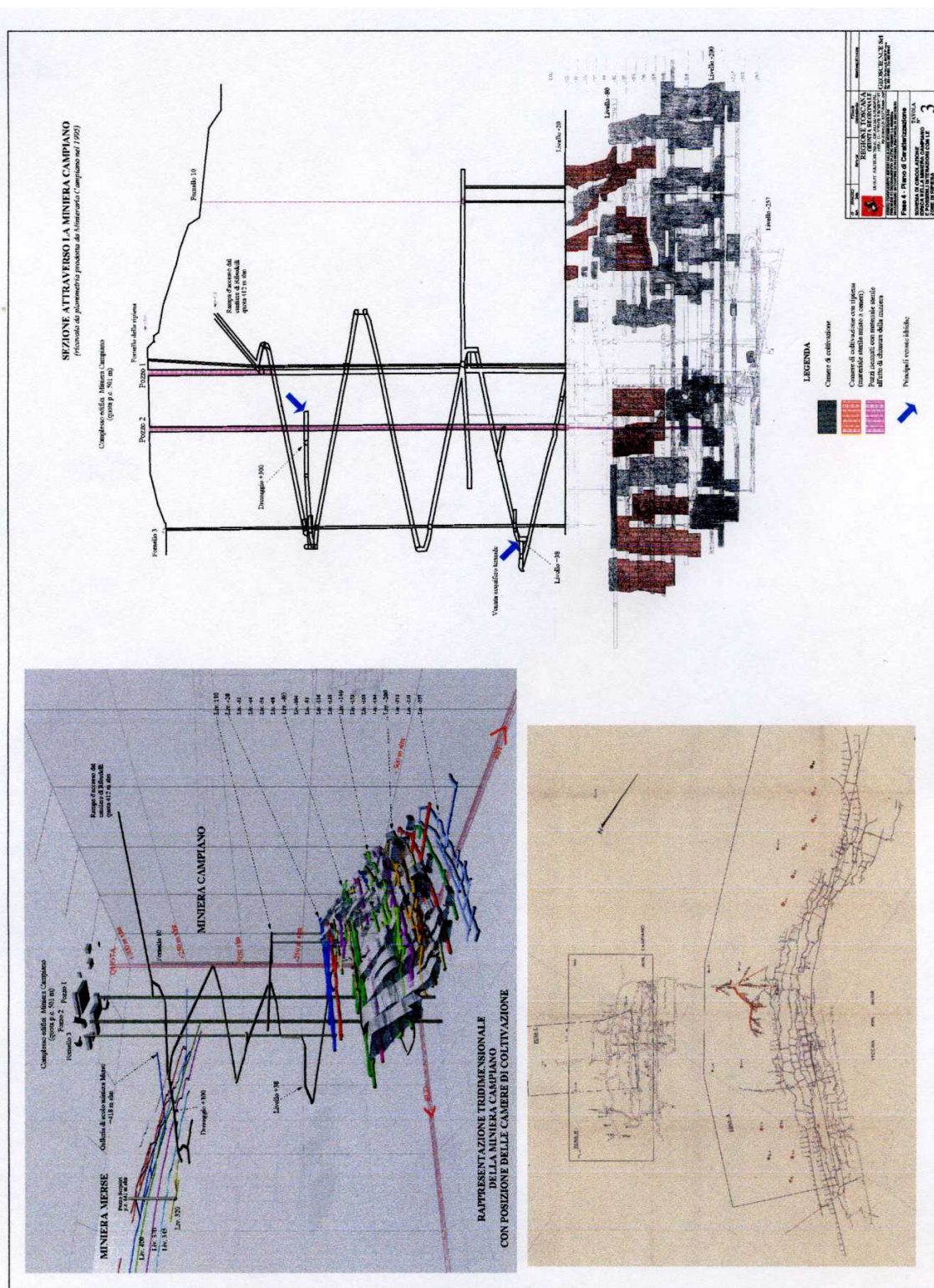


FIGURA 2
SCHEMA DI CIRCOLAZIONE IDRICA NELLA MINIERA DI CAMPIANO E POSSIBILI INTERAZIONI CON LE ZONE DI RIPIENA E CON LA MINIERA MERSE

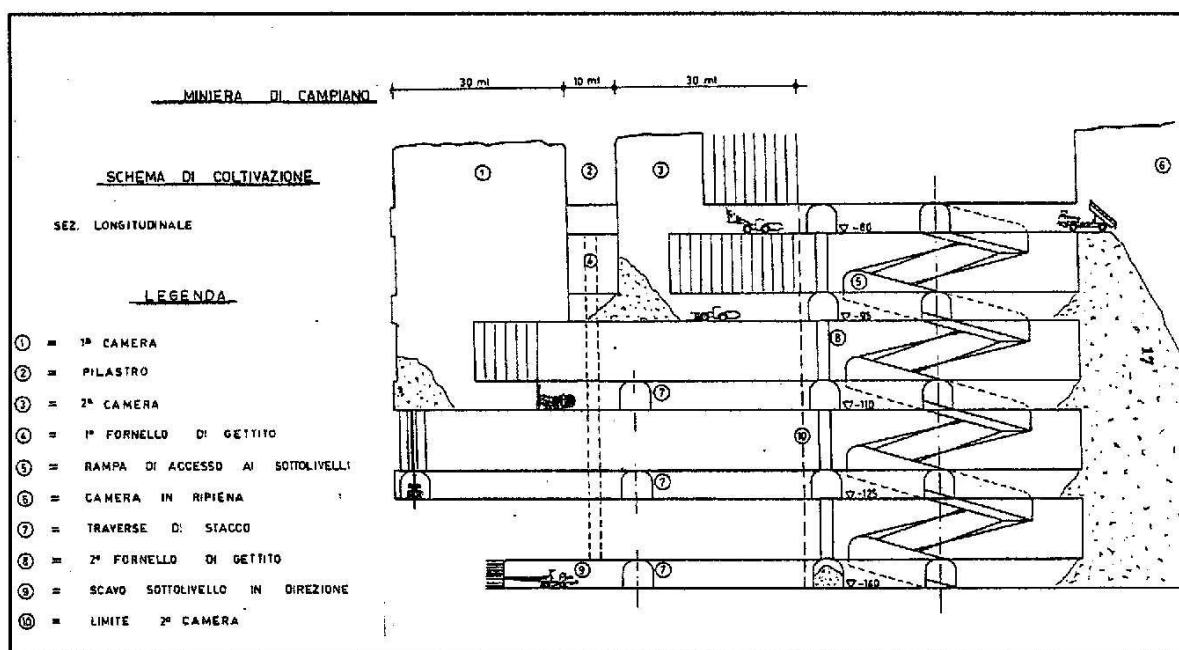
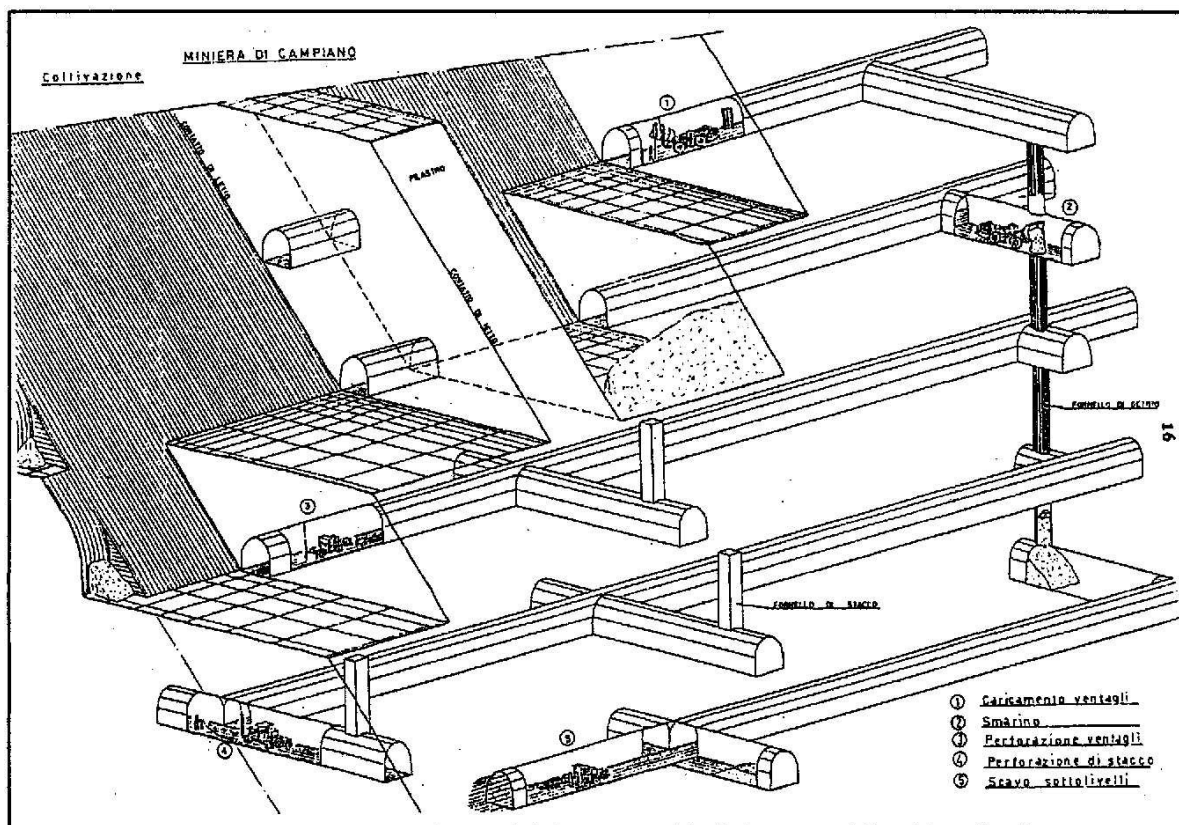


FIGURA 3
SCHEMA DI COLTIVAZIONE PER LIVELLI E SOTTOLIVELLI
E DI SCAVO DELLE GALLERIE

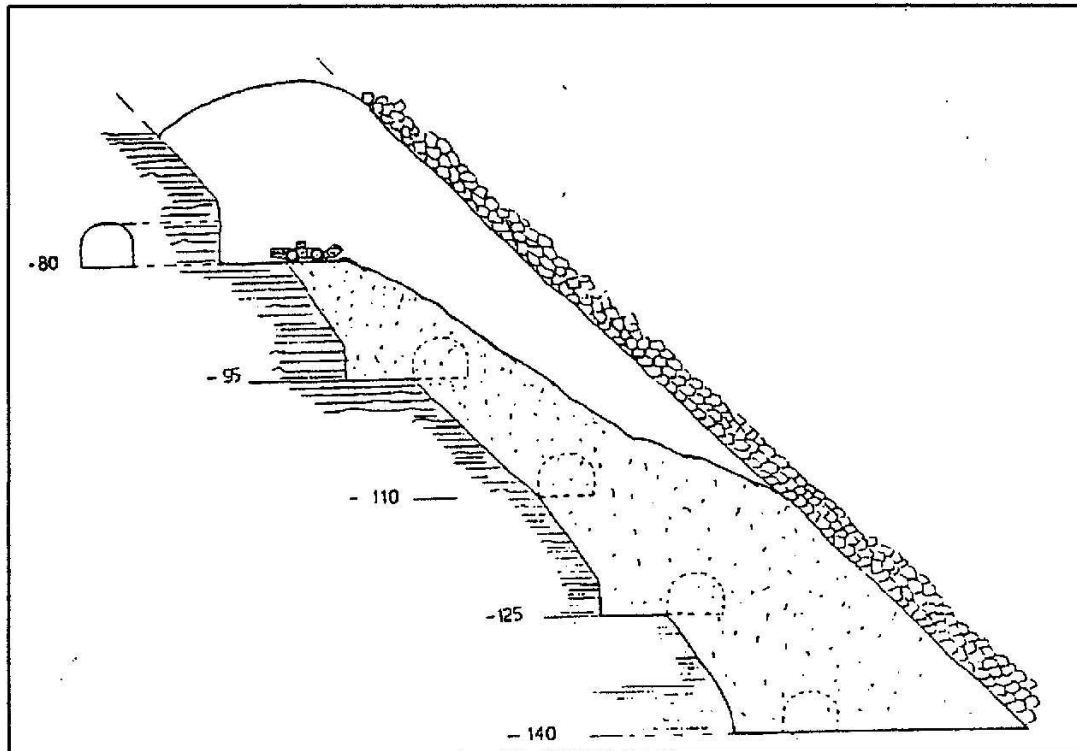
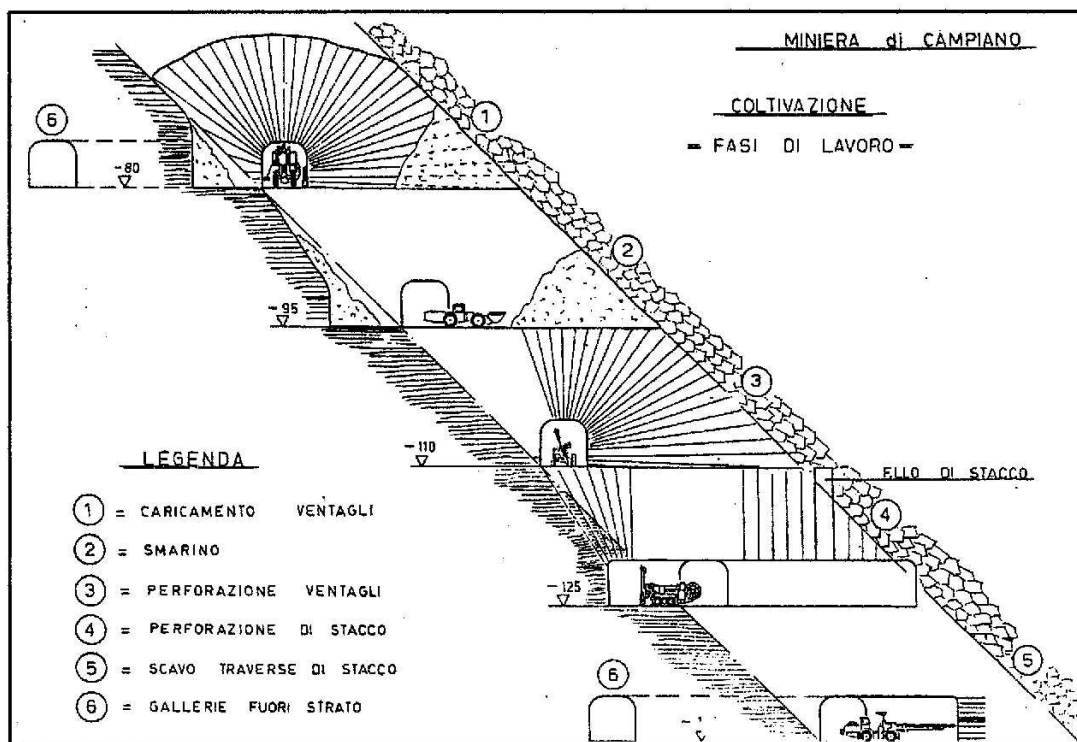


FIGURA 4
SEZIONE TIPO CON FASI DI LAVORO E RIPIENA

5.3.2-VOLUMI DELLE CAMERE E DELLE GALLERIE DI CAMPIANO INTERESSATE DALLA SOMMERSIONE

La ricostruzione dei volumi e della struttura della miniera di Campiano è stato possibile definirli con una relativa precisione dalla documentazione tecnica disponibile presso il distretto minerario di Grosseto reperita a cura di Geoscienze nella fase precedente di indagine.

Alla chiusura dell'attività, considerando anche la porosità del 20% dei volumi ripienati, la situazione di Campiano era la seguente

volumi posti sotto quota +38 (V1) stimati in 1.358.000 m³

volumi rampa e pozzi da +38 a +300 (V2) stimati in 88.000 m³

volumi pozzi e rampa sopra quota +300 (V3) stimati in 43.000 m³

5.3.3-MINIERA EX MERSE

La struttura principale della miniera è costituita da una serie di gallerie che seguono in direzione nord-sud la mineralizzazione, di lunghezza attorno ai 1800 metri.

Le gallerie sono poste a diversa quota da oltre 500 m s.l.m. fino circa a quota +300 m s.l.m., in modo da seguire la fascia mineralizzata che ha l'inclinazione di circa 45°.

In posizione centrale vi è il pozzo Serpieri, unico pozzo che collega tutti i livelli sotto al fondovalle. Le diverse gallerie sono collegate anche da diverse discenderie (gallerie inclinate) lungo tutto lo sviluppo delle gallerie.

Alle quote sotto la galleria di scolo del livello +418, che maggiormente ci interessano, la miniera è stata realizzata a cavallo fra l'Ottocento ed il Novecento e non si dispone di dati precisi sui suoi volumi.

La parte superiore, pur realizzata all'inizio del novecento, è stata riattivata e coltivata a Palcopirite ed a Pirite fino agli anni 50 del XX secolo. La coltivazione è avvenuta fino a sotto la superficie topografica arrivando a lambire il cappellaccio di ossidi di ferro.

5.3.4-VOLUMI DELLE CAMERE E DELLE GALLERIE DELLA EX MINIERA DEL MERSE SOTTO QUOTA 413 (V4)

Per valutare i volumi vuoti della ex miniera del Merse non abbiamo dati attendibili, simili a quelli di Campiano, anche perchè i volumi di interesse riguardano principalmente i lavori minerari dell'inizio secolo a quote inferiori a quota +418; dobbiamo quindi valutarli attraverso altri sistemi. Possiamo utilizzare i dati relativi all'allagamento della miniera di Campiano da parte delle acque contenute nella vecchia miniera del Merse, avvenuta nel gennaio del 1977 quando ancora nella miniera di Campiano non esistevano i cavi minerari e le gallerie poste a quota inferiore al -20, ma solo i pozzi e la rampa in fase di escavazione.

Da tale valutazione, come meglio esposto nella relazione n. R3 appendice 1 pag. 57, si assume che i volumi liberi (V4) assommino a circa 721.000 m³.

Dai dati del Distretto Minerario di Grosseto, come indicato al paragrafo 4, risultano vuoti minerari pari a 195.000 m³; per le ragioni esposte allo stesso paragrafo 4 si ritiene opportuno mantenere come volume di riferimento quello di 721.000 m³.

5.3.5-VOLUME TOTALE DEI VUOTI DEL SISTEMA MINERARIO EX MERSE - CAMPIANO SOTTO QUOTA 413

Il volume totale del sistema, in prima approssimazione ($VTOT = V1 + V2 + V3 + V4$), e pari a m³ 2.210.000.

5.3.6-VOLUMI DI ALLAGAMENTO DEL SISTEMA MINERARIO DOPO LA SUA CHIUSURA (1996)

Consideriamo quale volume di acqua entra nel sistema, nel periodo compreso fra la cessazione dell'eduzione (1996) e il momento del trabocco (2001), assumendo che nel sistema entri in modo costante la portata media di 14 l/sec, pari a 1.209,6 m³/giorno.

Il corpo delle miniere indica che l'eduzione è "cessata completamente" nel mese di aprile 1996 (presumibilmente 15 aprile 1996)

La domanda che si pone è: quale è il volume del sistema, considerato che il trabocco dalla quota + 413 è avvenuto il 14/4/2001.

Il periodo di interesse è: dal 15/04/96 al 14/04/2001 pari a giorni 1825.

Avendo considerato la portata di allagamento pari a 1209,60 m³/gg ne deriva

$1209,60 \times 1825 = m^3 2.207.520$ valore del tutto simile a quello stimato per altra via che pertanto viene assunto come volume di riferimento (2.210.000 m³).

5.4-TRABOCCO DALLA RAMPA DI RIBUDELLI NELL'ATTUALE SITUAZIONE DI REGIME

Nel piano della caratterizzazione è stata ricostruita l'evoluzione dei fenomeni che hanno portato al trabocco dal Ribudelli e che lo hanno seguito, fino ad arrivare ad una situazione di regime che si è raggiunta nel febbraio del 2004.

Gli elementi di interesse sono:

- i volumi dei vuoti del sistema minerario
- le portate in entrata Q1, pari a 0,325 l/sec, da quota -212; Q2 pari a 9 l/sec, da quota +38; Q3 pari a 5 l/sec, da quota +300 attualizzate rispettivamente a: Q1 = 0,325 l/sec; Q2 = 7 – 7,5 l/sec; Q3 = 1,6-2,2 litri/sec;
- la portata in uscita di trabocco QTOT pari a 14 l/sec, da quota +413 (trascurando Q1) attualizzata a 9,1 – 9,2 litri/sec

- i caratteri chimico fisici delle portate in entrata ed in uscita
- i tempi di colmamento e/o ricambio dei volumi
- le differenze fra i volumi di colmamento e i vuoti del sistema Merse-Campiano.

Il momento iniziale dell'allagamento si considera quello del 15/4/96 alla chiusura della miniera.

Essendo diversi i caratteri fisico chimici delle diverse acque, nella relazione R3 viene considerata, nei diversi volumi di scavo e nei diversi periodi, quale fosse la composizione delle miscele di acqua.

Considerando pari a 100 unità la portata totale QT e considerando che per questi calcoli si possa trascurare Q1, abbiamo $Q2 + Q3 = QT = 9+5 = 14 \text{ m}^3/\text{sec}$ da cui

$Q2 = 64\%$ di QTOT

$Q3 = 36\%$ di QTOT

La somma di $Q2+Q3$ nelle percentuali dette, si indica come "miscela A".

Dal febbraio del 2004 la situazione schematica di regime è quella rappresentata dallo schema T9 di Fig. 5, nella quale si vede che la venuta profonda del +38 Q2, a quota +300, si miscela con il drenaggio della ex Merse (Q3) e dopo circa un mese dalla miscelazione il mix esce dalla rampa di Ribudelli.

Le portate suddette, attualizzate al periodo iniziale del 2005, come meglio specificato nel capitolo 14.2 della relazione R4 Addendum, sono le seguenti:

$Q2 = 7 \div 7.5 \text{ l/sec}$

$Q3 = 2.1 \div 1.7 \text{ l/sec}$

$QTOT = 9.1 \div 9.2 \text{ l/sec}$

Pertanto la "miscela A attualizzata" può avere una composizione variabile di

$Q2 = \text{da } 76,1\% \text{ a } 82,4\%$

$Q3 = \text{da } 23,9 \text{ a } 17,6\%$.

Per le opportune considerazioni in Fig. 6 si rappresentano quali sono i caratteri del sistema nella situazione di progetto.

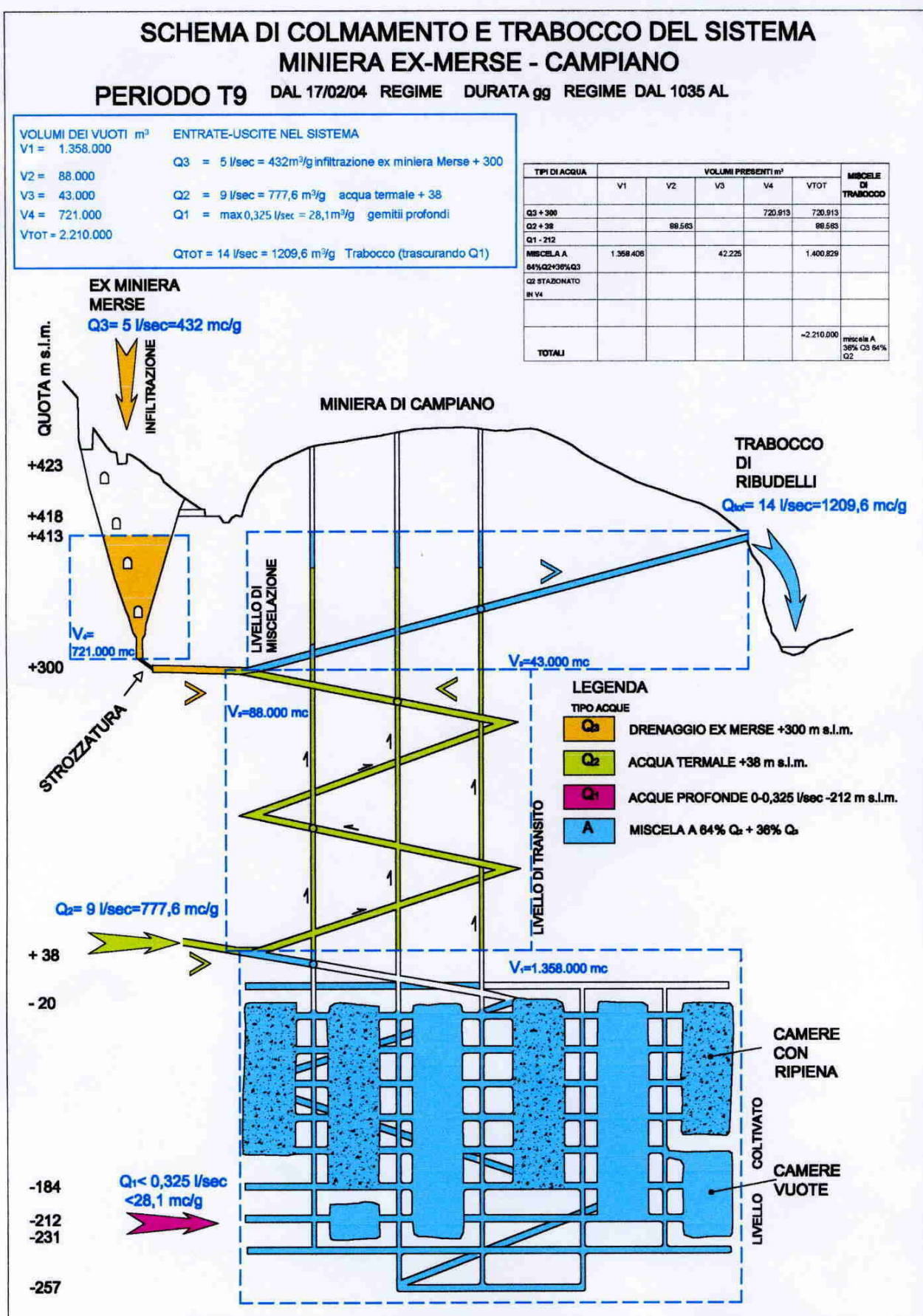


FIGURA 5

SCHEMA DI PROGETTO MINIERA EX-MERSE - CAMPIANO

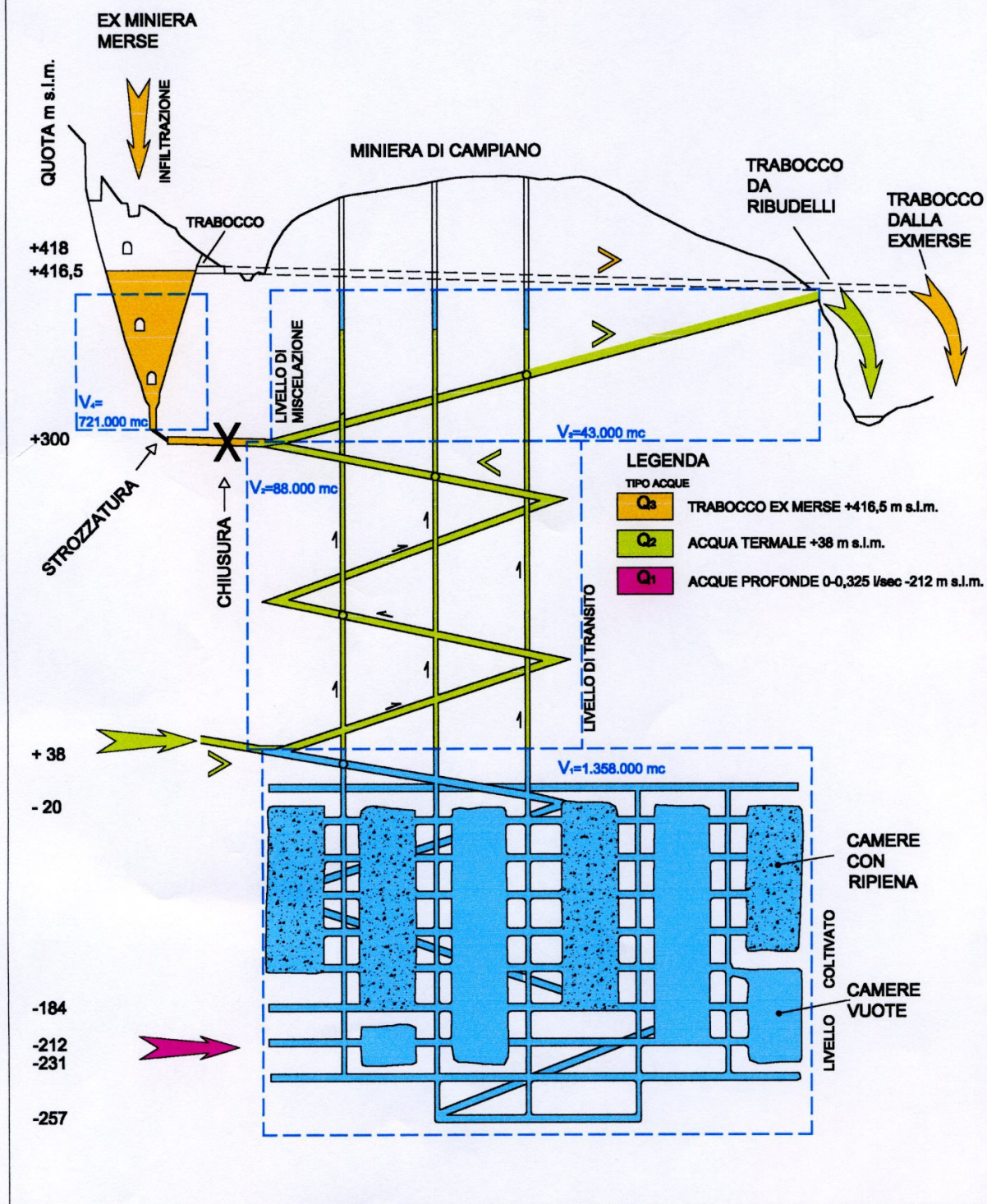


FIGURA 6

5.5-RICOSTRUZIONE DEGLI SCENARI DI SVUOTAMENTO E ALLAGAMENTO DELLA EX MINIERA DEL MERSE.

Dal punto di vista idraulico-idrogeologico la ex miniera del Merse è costituita da:

1) serie di gallerie pressochè orizzontali che avevano o potevano avere sbocco all'esterno nei due versanti Sud e Nord della valle principale del F. Merse ed alcune anche nella Valle del Mersino.

Tali gallerie erano poste circa a quote:

570 m s.l.m. - Lauria Sud

540 m s.l.m. - Lauria Sud e Eccelsa Nord

510 m s.l.m. - Giovanna Sud e Speranza Nord

480 m s.l.m. - Luigia Sud e Mariquita Nord

450 m s.l.m. - Elena Sud e Grazia Nord

2) Galleria di scolo

418 m s.l.m. con uscita a valle del P. Serpieri sul F. Merse e nello stesso Pozzo Serpieri.

3) Gallerie profonde senza sbocco all'esterno, alle quote 400 m s.l.m.; 370 m s.l.m.; 345 m s.l.m., 320 m s.l.m.. Le gallerie profonde (da 418 a 320) erano collegate tramite il Pozzo Serpieri; tutte le gallerie da quota 570 a quota 320 erano collegate con diverse discenderie distribuite lungo i 1800 m lineari, dall'estremo settore Sud, all'estremo settore Nord (**vedi schema idraulico della Miniera del Merse Tav. 9 e Fig. 7).**

5.5.1-STORIA - IDRUALICO IDROGEOLOGICA DELLA EX MINIERA DEL MERSE

La ex Miniera del Merse ha iniziato la sua attività alla fine dell'800 arrivando, prima della sua chiusura che avverrà nei primi anni del 900, fino alla massima profondità attuale (\approx quota +300 dal Pozzo Serpieri)

Durante l'attività della miniera, a quote inferiori al fondovalle furono trovate diverse venute di acqua termale che sparivano in alto via, via che l'escavazione di approfondimento procedeva, aparendo nei livelli via, via più profondi.

Prima che si verificassero le venute termali nella miniera del Merse, nel Bacino del Torrente Farmolla era presente una piccola sorgente termale detta di Acquacalda, posta a quota 475 m s.l.m.. Tale sorgente si esaurì in concomitanza delle venute calde in miniera.

All'epoca se ne dedusse che tale sorgente termale si esaurì perchè lo stesso sistema acquifero si scaricò nelle gallerie della miniera del Merse.

Prima dell'inizio dell'attività mineraria la piezometrica del sistema acquifero della faglia di Boccheggiano in condizioni naturali era posta a quota 475 m s.l.m..

Dalle misure di pressione effettuate nelle venute delle gallerie, si definì un livello piezometrico attorno a 425 m s.l.m.; evidentemente il livello piezometrico massimo raggiungibile era già stato modificato dalla rete di gallerie realizzata all'epoca.

Attualmente lo stesso sistema acquifero della faglia costituisce la venuta Q2 di circa 9 l/sec (attualizzata a $7.1 \div 7.2$ l/sec) nella miniera di Campiano, a quota +38; di tale sistema attuale non è noto il massimo livello piezometrico raggiungibile. Tale livello è stimato almeno attorno a 425 m s.l.m..

La miniera fu abbandonata, allagata nel 1910 e riattivata nella sua parte alta, partendo dalla galleria di scolo di quota 418, nel 1952. Furono coltivate a pirite le gallerie da +418 a +570 arrivando a scavare fino a brevi distanze dalla superficie topografica.

Nel 1977, quando si verificò la venuta dal +38, la Miniera del Merse risulta allagata fino a quota +423 che corrisponde grossomodo alla quota dell'alveo del F. Merse.

Da questa quota si svuotò completamente fino al fondo del Pozzo Serpieri attraverso percorsi beanti lungo la faglia di Boccheggiano ed immettendosi nella Rampa di Ribudelli, allora in escavazione a quota +38

Nel 1981 la miniera del Merse era nuovamente allagata, per ragioni di sicurezza fu realizzata la galleria a quota +300 dalla quale fu nuovamente drenata.

I condotti beanti lungo la faglia, evidentemente, si erano otturati.

Ha qualche interesse per la progettazione capire come ciò può essere accaduto. Lo scenario più probabile è il seguente.

Nella miniera del Merse, a causa degli sprofondamenti e relativi crepacci e fratture che interessano il versante sovrastante, durante intense piogge, possono arrivare nelle gallerie e nelle discenderie delle miniere grandi quantità di acqua di pioggia.

Se tali gallerie e discenderie sono vuote, l'acqua le può percorrere con grande velocità e turbolenza, ovvero con grande capacità di trasporto di sedimenti anche grossolani. Tali sedimenti possono essere rimasti incastrati in qualche punto dei condotti beanti alla base della miniera o lungo la faglia, determinando essi stessi un ostacolo per sedimenti via, via sempre più fini e costruendo una struttura tipo "filtro rovescio" che, di fatto, ha repentinamente interrotto o quasi interrotto il flusso verso il basso determinando il riallagamento della miniera del Merse.

L'interesse progettuale consiste nel fatto che, se è opportuno mantenere chiusi i condotti beanti lungo la faglia, si devono evitare contropressioni sul filtro rovescio, perchè una contropressione dal basso potrebbe allontanare il materiale fine riattivando il flusso. In altre parole, si deve evitare che il livello piezometrico presente nella ex Merse sia più basso del livello piezometrico della Campiano. Il determinarsi di questa condizione di livelli non corrisponde con certezza al riattivarsi del flusso nella faglia, ma corrisponde ad una rilevante probabilità che ciò possa accadere.

5.5.2-CARATTERI IDRAULICO IDROGEOLOGICI ATTUALI DELLA EX MINIERA DEL MERSE

Per la migliore compressione dei caratteri di interesse è utile considerare la planimetria dello schema idraulico rappresentato in Tavola 8; la sezione schematica rappresentata in Tavola 9; e i grafici di Tavola 11 oltre a quelli contenuti in allegato 6.

Le entrate idriche nella miniera sono costituite da:

- 1) acque di ruscellamento cadute a monte ed intercettate dalle fratture e dai crepacci della zona sprofondata
- 2) acque di infiltrazione delle acque direttamente piovute sull'area
- 3) acque del F. Merse infiltrate dall'alveo del Fiume

Le uscite idriche attuali dal sistema sono costituite unicamente dalla portata del +300 verso Campiano, posta al fondo del Pozzo Serpieri 5 l/sec. (valutati 1.7 ÷ 2.1 l/sec nel periodo iniziale del 2005)

L'uscita è interessata da una strozzatura che ne limita la portata (+300).

I volumi della miniera funzionano da volano idraulico variando il livello interno da 413.10 (quota di trabocco dalla Rampa di Ribudelli) a quota superiore anche di alcuni metri durante intensi periodi piovosi.

Con riferimento alla Tavola n. 5, l'area interessata dall'infiltrazione è pari a 419.000 m² di questa circa 58.000 m² è l'area di monte il cui ruscellamento è intercettato dalle fratture; 166.000 m² è l'area interessata da un'alta quota di infiltrazione; 195.000 m² è l'area interessata da moderata infiltrazione.

Il tasso di infiltrazione, con tutte le riserve del caso, può essere così valutato come valore medio, l'altezza media annuale delle precipitazioni dell'area è attorno a 1100 mm/anno, sull'intera superficie di 419.000 m² tale precipitazione corrisponde a 460.900 m³ di afflusso.

Se, in prima approssimazione si assume che l'infiltrazione (entrate idriche) nel sistema sia uguale alle uscite del +300, essendo la portata media annuale pari a 5 l/sec corrispondente a 158.000 m³ /anno; il rapporto 168.000/460.900 ≈ 34 è la percentuale della pioggia che entra nel sistema.

Può essere utile analizzare cosa avviene durante un evento piovoso; per questo abbiamo a disposizione i dati del breve periodo di monitoraggio nel quale è ben individuabile l'evento verificatosi dal 1/12/04 al 7/12/04 nel quale sono piovuti 154,8 mm, pari a un afflusso sull'area interessata di circa 71.000 m³, dei quali il 34% che corrisponde a circa 24.000 m³ si ipotizza costituisca l'entrata idrica nel sistema.

A fronte di questa entrata è stato registrato un incremento di livello nel Pozzo Serpieri, Δh , pari a circa 41 cm; quindi il volume di 24.000 m³ ha interessato una serie di vuoti che, a quelle quote, hanno una superficie complessiva pari a $S = V/\Delta h \approx 58.000 \text{ m}^2$. Se si considera che l'intera lunghezza in direzione, della miniera raggiunge i 1800 m lineari. Tale superficie corrisponde ad una larghezza di $58.000/1800 \approx 32$ metri.

Tale numero, forse sopravvalutato, è verosimile se si considera che i vuoti non riguardano solo la mineralizzazione, ma anche le gallerie di servizio esterne a questa.

Lo scenario ricostruito ha interesse progettuale oltre che come verifica dei volumi assunti nel modello, anche perchè evidenzia la presenza di estesi vuoti molto vicini alla superficie e quindi ancora importanti per i loro effetti sulla futura stabilità del sito.

5.5.3-PERCORSI IDRICI E QUALITA' DELLE ACQUE

Con riferimento ai grafici dell'allegato 6 e lo schema di Tavola 9 e di tavola 11.

Il breve periodo di monitoraggio effettuato nel Pozzo Serpieri con le due celle multiparametriche a quote diverse, centrando in pieno l'obiettivo per il quale era stato progettato, ha messo in evidenza nel dettaglio quali siano i meccanismi di ricarica e di transito delle acque di infiltrazione verso l'attuale uscita profonda attraverso il livello +300.

Gli sprofondamenti e i franamenti avvenuti nell'area hanno determinato l'interruzione di percorsi idrici che determinano, durante eventi piovosi, l'attivazione di percorsi diretti attraverso discenderie fra le parti alte della miniera (sopra +418) e i diversi livelli a quote inferiori. In questo modo può succedere che talora, acque relativamente "fresche", possono velocemente arrivare anche a livelli bassi del Pozzo Serpieri dai diversi livelli di gallerie. La lettura delle immagini evita una spiegazione lunga e macchinosa.

Lo schema idraulico attuale e quello di progetto sono rappresentati in Fig. 7.

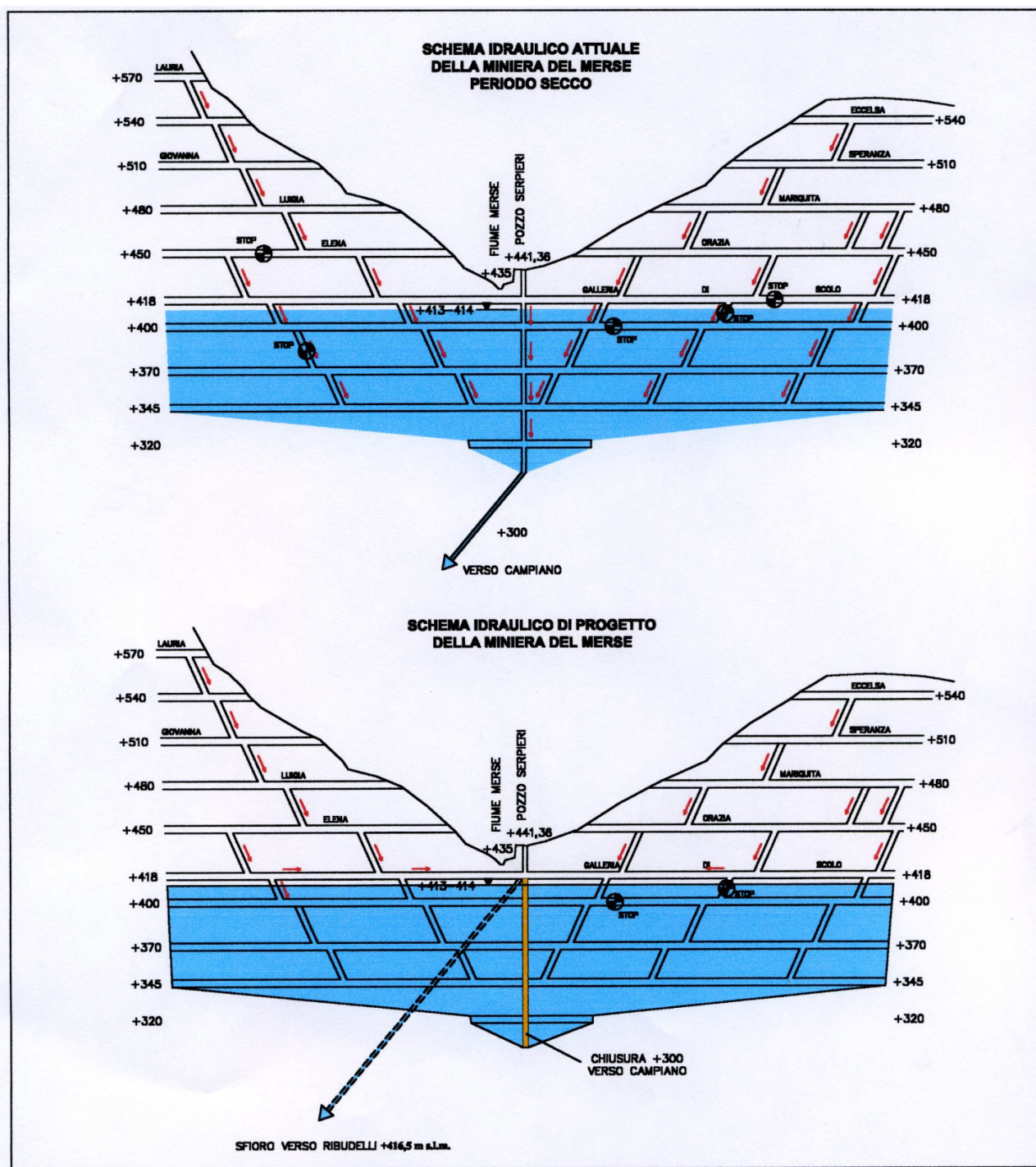


FIGURA 7

5.6-STABILITA' DELLE AREE MINERARIE

La stabilità delle aree minerarie ed in particolare dell'area della ex miniera del Merse, costituisce un problema in se e costituisce un problema anche per il progetto di bonifica, in quanto può mettere in crisi le opere ed i lavori di bonifica.

Le condizioni delle aree già interessate da sprofondamenti non possono essere ritenute stabilizzate per la presenza di grandi vuoti a bassa profondità e interessanti superfici più estese di quelle già sprofondate.

Il progetto di bonifica dovrà considerare con la necessaria attenzione le condizioni di stabilità descritte e rappresentate in Tavola n. 12.

Durante il periodo di lavoro si è rilevato un fenomeno che apparentemente può essere ritenuto poco rilevante, ma che il contrario può essere sintomo di future problematiche legate alla stabilità.

Nella breve discesa che collega la strada del Pozzo Serpieri, con il piazzale dove fuoriesce la galleria di servizio dello stesso pozzo si è verificata la presenza di un cedimento di piccolissime dimensioni in corrispondenza della verticale sulla galleria di scolo di quota +418. Tale cedimento, che determina un vuoto di pochi centimetri di diametro, è stato successivamente trovato cementato.

Sotto alla verticale interessata non è presente solo la galleria del +418, ma anche i vuoti di notevole dimensione che costituivano la colonna centrale del Merse nella coltivazione della miniera.

Come evidenziato in figura 8.

5.7-DISCARICHE MINERARIE E PIAZZALI

Nell'ambito dell'area perimetrata, sono presenti e note numerose discariche minerarie e piazzali realizzati con gli stessi materiali delle discariche.

Tali discariche, come è noto, producono dalla percolazione delle acque di pioggia; drenaggi acidi e devono essere oggetto di bonifica o di messa in sicurezza permanente. La loro ubicazione, delimitazione, e rapporti con l'alveo del F. Merse e del Ribudelli, unitamente agli altri caratteri di interesse, sono indicati nelle schede tecniche di appendice 3 e nella tavola n. 12.

5.8-ASPETTI GEOLOGICO-IDROGEOLOGICI: MODELLO AREA VASTA

L'elemento strutturale caratterizzante dell'area vasta è sicuramente la grande Faglia diretta di Boccheggiano, che affiora per oltre 10 km con direzione prevalente NW-SE, immersione verso Est, con inclinazione prossima ai 45° e rigetto stimabile in circa un chilometro.

Lungo di essa sono impostate le mineralizzazioni, da Fontalcinaldo-Ritorto all'estremo Ovest, alle miniere Merse-Campiano nella parte centrale, sino all'area mineraria di Baciolo-Botroni-Ballarino all'estremo Sud.

Questa struttura, pone a contatto il Flysch alloctono ligure, che costituisce il blocco ribassato posto a NE ("tetto" della faglia), con la Formazione filladica del Basamento, che costituisce il blocco posto a SO ("letto" della faglia); tali unità presentano permeabilità bassa-bassissima, tanto da poterle considerare nel complesso praticamente impermeabili.

Altro elemento strutturale caratterizzante è il ricoprimento da parte del Flysch alloctono ligure, dei termini carbonatici e anidritici della Serie Toscana; entrambe queste unità sormontano la Formazione filladica del Basamento.

Alla circolazione delle acque profonde nell'area vasta concorrono, schematicamente, i seguenti "sistemi idrogeologici":

- il Calcare Cavernoso, a causa della elevata capacità di infiltrazione e permeabilità per fessurazione, rappresenta l'acquifero principale dell'area, sede di importanti accumuli idrici, in parte edotti dalla Galleria di scolo di Boccheggiano. Nell'area vasta gli acquiferi nel Calcare Cavernoso interessano la porzione SO della struttura di Boccheggiano, la zona della Piana del Gabellino, l'area mineraria Vallebuia-Molignoni-Botroni-Baciolo-Ballarino, e la zona di Ciciano. Il livello piezometrico di questi acquiferi è di difficile definizione anche a causa del controllo delle gallerie minerarie drenanti la zona di monte. Tale livello si può stimare intorno alla quota 400 m slm nella zona di monte;
- la fascia di intensa fessurazione a letto della Faglia di Boccheggiano, ipotizzabile anche in corrispondenza delle altre linee tettoniche minori interessanti la Formazione filladica del Basamento;
- le zone di coltivazione prossime alla superficie, sia nella zona Nord che in quella sud della Miniera Merse, rappresentano aree ove l'infiltrazione delle acque meteoriche è estremamente facilitata, anche a causa dei franamenti sub-superficiali, le acque di infiltrazione, attraverso la galleria al livello +300 raggiungono la Miniera di Campiano;

- le strutture minerarie, che con la loro vasta rete di cavi e di gallerie minerarie, ed in particolare la Galleria di Scolo di Boccheggiano, continuano a realizzare il collegamento idraulico artificiale negli ammassi rocciosi a bassa-bassissima permeabilità naturale: tale sistema di drenaggio artificiale ha abbassato la falda nel Calcare Cavernoso di quasi 100 m.

L'infiltrazione e trasmissione di acqua, a livello di area vasta, non sono attesi attraverso la Formazione del Calcare Cavernoso – unico acquifero s.s. presente nell'area vasta – in quanto non è presente nella zona della Miniera Merse e Campiano. Gli unici "sistemi" in grado di "collegare idraulicamente l'area vasta" possono essere ricercati nella Faglia di Boccheggiano e nelle strutture minerarie; ma le indagini isotopiche effettuate dimostrano che non c'è collegamento fra questo e gli acquiferi carbonitici.

La Faglia di Boccheggiano potrebbe costituire una direttrice di collegamento idraulico in quanto è opinione comune che la fascia di intensa fessurazione, potente 5-20 m, che per una profondità di qualche centinaio di metri interessa la Formazione filladica del Basamento a letto della Faglia di Boccheggiano - al passaggio tra le filladi di letto e il corpo minerario - accompagni la faglia per tutta la sua estensione in direzione e quindi, può essere considerata un "acquifero" locale, nella massa filladica del Basamento.

Le più importanti ed interessanti venute in miniera di acque termali in corrispondenza della grande Faglia di Boccheggiano, delle quali non si conosce con precisione la roccia serbatoio, sono:

- la venuta a quota +38, attualmente interessante la Miniera di Campiano, che era probabilmente ubicata dove la faglia interseca l'alveo del Fiume Merse, subito accanto all'omonima miniera.
- la venuta allo scarico della Miniera Bagnolo a quota 455 m slm, a nord della Miniera Merse;
- la venuta allo scarico della Galleria Acqua Calda, nel bacino del Torrente Farmolla, ad una quota di 475 m slm (lo scarico è asciutto dai primi del 900, quando furono intercettate acque calde nella ex Miniera del Merse).

Le strutture minerarie, con la loro vasta rete di cavi e di gallerie minerarie, certamente continuano a svolgere il collegamento idraulico artificiale negli ammassi rocciosi a bassa-bassissima permeabilità naturale: tale sistema di drenaggio artificiale ha abbassato la falda nel Calcare Cavernoso di quasi 100 m.

La struttura di gran lunga più importante è la Galleria di Scolo di Boccheggiano, realizzata nei primi anni '50 al fine di drenare le falde acquifere dell'anticlinale interessata dai giacimenti, che raccoglie tutte le acque profonde interessate dalle passate attività minerarie, dalle aree a Nord (Campiano-Merse) a quelle più a Sud (Baciolo-Botroni-Ballarino).

La Galleria di scolo di Boccheggiano (sezione = 10 mq; lunghezza = 10744 m) termina certamente in corrispondenza del Pozzo Ballarino, in diversi documenti cartografici la galleria è rappresentata oltre il Pozzo Ballarino fino alla faglia di Boccheggiano in corrispondenza del T. Farmulla.

La Galleria di scolo di Boccheggiano attraversa formazioni rocciose praticamente impermeabili o a bassa permeabilità (l'orizzonte acquifero Calcare Cavernoso si trova al di sopra delle anidriti impermeabili), come dimostrato dal fatto che durante i lavori tali rocce sono state trovate praticamente sempre asciutte nel tratto attraversato dalla Galleria di Scolo.

E' interessante notare che le acque edotte tramite la Galleria di scolo di Boccheggiano (vedi analisi chimiche e isotopiche) pur derivando da situazioni minerarie molto simili a quelle

presenti nella ex Miniera del Merse (dove si formano drenaggi acidi) non presentano caratteri di acidità e contenuti di metalli simili alle acque della ex Merse.

Si ritiene che ciò possa essere dovuto all'azione benefica delle rocce carbonatiche (calcare cavernoso) ivi presenti. Questo elemento potrà essere utile nella futura fase di progetto.

La Galleria di scolo di Boccheggiano, insieme alle strutture minerarie da essa drenate, interessa il quadro conoscitivo, relativo alla bonifica della Miniera di Campiano, per altre due ragioni importanti:

- 1) il ruolo che tale struttura potrebbe avere nell'individuazione di un utilizzo futuro delle acque fuoriuscite dal Ribudelli (vedi appendice 1).
- 2) Gli effetti idrogeologici di una sua accidentale interruzione, in tutta l'area carbonatica e, assunto che la galleria raggiunga la faglia di Boccheggiano nel tratto più a monte, sulla stessa miniera di Campiano, potrebbero essere la risalita della falda a quote che possono raggiungere ≈ 380 m s.l.m., il che potrebbe determinare un aumento delle portate in uscita dal Ribudelli, o le variazioni della sua qualità. In ogni caso sembra molto opportuno garantire in futuro la funzionalità di questa galleria.

In sintesi lo schema essenziale del sistema idrogeologico interferente con l'area di bonifica sono:

- la Faglia di Boccheggiano che in origine era interessata da un corpo idrico termale con livello piezometrico a 475 che fuoriusciva in località Acquacalda e che oggi fuoriesce dalla miniera di Campiano a quota 410 dopo essersi unito a drenaggi acidi provenienti dalla Miniera del Merse prodotti dalla percolazione delle acque di pioggia;
- la litologia di letto e di tetto della faglia sostanzialmente impermeabile;
- i due acquiferi carbonatici di valle (Ciciano) e di monte (Gabellino), attualmente scollegati dalla faglia e con acque diverse;
- tutte le acque degli acquiferi in questione sono acque di pioggia che presumibilmente non superano l'età isotopica di 10 anni;
- l'acquifero carbonatico del Gabellino, attualmente sconnesso dalle miniere oggetto di bonifica, potrebbe essere ad esse connesso dopo la realizzazione delle ampie miniere di Botroni-Baciolo-Ballarino, se la loro galleria di scolo si otturasse;
- il piccolo acquifero in pressione che fuoriesce dal sondaggio minerario in riva al F. Merse a monte del Pozzo Serpieri, è l'unico diverso da tutti con età isotopica superiore a 50 anni.

6-OBIETTIVI GENERALI DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA, ALTERNATIVE CONSIDERATE E CRITERI UTILIZZATI PER LE SCELTE PROGETTUALI

- L'obiettivo generale degli interventi di bonifica è quello di riportare i caratteri di inquinamento dovuti alla pregressa attività mineraria nel sistema ex Merse-Campiano facente parte delle Concessioni Minerarie di Montieri e Boccheggiano, entro i limiti di legge.

Il problema più rilevante di inquinamento delle acque è costituito dal trabocco della Rampa di Ribudelli, a questo si aggiungono i drenaggi acidi prodotti dal percolamento degli ammassi di discarica delle acque di pioggia.

- Altri problemi connessi sono la stessa presenza di ammassi di discarica e la presenza di aree sprofondate.

Per quanto riguarda le acque un primo obiettivo è quello di ottimizzare la loro qualità e minimizzare la quantità, rendendole comunque compatibili con la loro destinazione finale anche tramite depurazione.

- La destinazione finale nell'ambito ristretto dell'area da bonificare è l'immissione nel T. Merse.
- Le stesse acque potrebbero, in una trattazione ampia di sistema, essere riutilizzate nei cicli industriali o per usi agricoli o potabili della fascia costiera Toscana, se collegate al sistema di gallerie di scolo minerario presenti, con particolare riferimento alla galleria di Boccheggiano. In questo caso una parte della depurazione potrebbe essere differita operando a monte e/o a valle dell'utilizzazione.

Nel progetto viene sviluppata la soluzione di ambito ristretto, in appendice 1 si accenna alle altre possibilità.

- Le alternative considerate per le diverse parti del problema vengono esposte nella trattazione di ogni singola parte.
- Le soluzioni sviluppate sono quelle che determinano prima di tutto minori oneri di gestione, poi minori oneri di realizzazione, garantendo comunque la necessaria efficacia ed efficienza secondo le norme di legge e secondo corretti e rigorosi criteri di tutela ambientale.

6.1-OTTIMIZZAZIONE DELLA QUALITA' E MINIMIZZAZIONE DELLA QUANTITA' DELL'ACQUA INQUINATA

Le acque interessate sono:

- 1) i drenaggi acidi di percolazione delle discariche
- 2) la fuoriuscita dalla Rampa di Ribudelli

6.1.1-DRENAGGI ACIDI DALLE DISCARICHE-OTTIMIZZAZIONE DELLE QUALITA'

Considerate le misure prese per ciò che attiene alle quantità e descritte di seguito, l'unico intervento sulla qualità dei drenaggi acidi delle discariche consiste nell'utilizzo di un granulato calcareo nel sistema di copertura.

6.1.2-DRENAGGI ACIDI DALLE DISCARICHE-MINIMIZZAZIONE DELLE QUANTITA'

La formazione e la successiva dispersione dei drenaggi acidi dalle discariche non è compatibile con le norme vigenti; i rilevamenti e le analisi precedentemente effettuate sulle discariche hanno messo in evidenza da un lato la presenza di drenaggi acidi fuoriuscenti alla base di diverse discariche dopo periodi piovosi, dall'altro la possibilità di eliminarli isolando idraulicamente le stesse discariche tramite coperture impermeabili. Seguendo l'obiettivo di evitare, per quanto possibile, costi di gestione post Bonifica, è stato previsto di evitare la

formazione e quindi la raccolta dei drenaggi acidi, realizzando la totale copertura impermeabile di tutti gli ammassi di discarica.

L'alternativa di mantenere la formazione dei drenaggi acidi raccogliendoli e depurandoli, oltre a presentare costi di esercizio non trascurabili, non risolve il problema della presenza degli sterili che oltre ad essere incompatibili con le norme, è spesso anche incompatibile con la presenza di un manto vegetale e antierosione.

6.1.3-FUORIUSCITA DI RIBUDELLI

La fuoriuscita della Rampa di Ribudelli, come è noto, è costituita dalla miscela di acque profonde (+38) e delle acque drenate dalla ex Merse che si uniscono alle acque profonde a quota +300.

Le due componenti sono notevolmente diverse:

- le acque profonde hanno una portata e dei caratteri chimico-fisici pressochè costanti. La portata attualizzata relativa al periodo iniziale del 2005 è stata valutata pari a $7 \div 7,5$ l/sec la loro qualità, seppure con incertezza, sembra in leggerissimo miglioramento. Non si sono individuate soluzioni che consentano di intervenire efficacemente né sulla qualità né sulla quantità. In ogni caso la portata di regime considerata nel dimensionamento degli impianti è, prudenzialmente, di 9 l/sec.
- le acque drenate della ex Merse tramite la galleria +300 hanno caratteri di inquinamento elevato e portate molto variabili che passano da quasi 0 a oltre 20 l/sec su queste acque è possibile intervenire sia sulla qualità che sulla quantità.

6.1.3.1-INTERVENTI SULLA QUALITÀ

La definizione dei volumi vuoti presenti nella ex Miniera del Merse e la relativa valutazione dei tempi medi di permanenza dell'acqua; unitamente ai primi risultati del sistema di monitoraggio al P. Serpieri ed in particolare il monitoraggio con le celle multiparametriche, come meglio descritto nella relazione R4 e nella Tavola 11, hanno messo in evidenza quanto segue:

- 1) vi è una diretta e rapida relazione fra le piogge e l'aumentare del livello nel P. Serpieri e quindi nelle gallerie e nei vuoti minerari della ex Miniera del Merse; il tempo di corrivazione è dell'ordine delle ore e dei giorni;
- 2) le acque di infiltrazione che interessano la ex Merse, prima di uscire verso Ribudelli attraverso la galleria di quota +300, permangono nei vuoti della ex Merse per periodi di anni;
- 3) nel lungo periodo di permanenza tali acque peggiorano sensibilmente la loro qualità, caricandosi di metalli pesanti, arsenico e divenendo drenaggi acidi di miniera con Ph notevolmente basso;
- 4) è sensibilmente migliore la qualità delle acque fresche di infiltrazione, che transitano nell'insaturo della miniera e arrivano nella parte superiore del P. Serpieri senza mescolarsi con le acque che permangono in basso. Tali acque hanno un pH decisamente più alto e contenuto di metalli e arsenico notevolmente minore.

In base alle osservazioni fatte, la soluzione progettuale prevede di raccogliere le acque della ex Merse subito prima del loro mescolamento con le acque profonde ivi presenti sfiorandole alla

base dell'insaturo (quota 416,5). Considerata la struttura della Miniera e l'attuale persorso delle acque, si prevede di chiudere la connessione fra le due miniere a quota +300.

Si prevede inoltre la realizzazione di un sistema di sfioro a caduta naturale a quota +416,5 e la cementazione del Pozzo Serpieri dalla base fino a poco sotto la galleria di scolo

In questo modo le acque presenti nella miniera ex Merse rimangono ferme dove sono, senza transitare nella Campiano attraverso la galleria +300 e senza mescolarsi alle nuove acque di infiltrazione che vengono sfiorate a quote superiori.

6.1.3.2-INTERVENTI SULLE QUANTITÀ

Le entrate nel sistema ex Merse possono essere così costituite

A) infiltrazione diretta dall'alveo del F. Merse in corrispondenza della faglia, della galleria +418 e della colonna centrale del Merse (vuoti minerari)

B) infiltrazione diretta delle acque di pioggia e di ruscellamento dei versanti interessati alla pregressa attività mineraria a quote superiori all'alveo del F. Merse. Tali versanti sono interessati alle fratture e sprofondamenti dovuti ai vuoti minerari presenti a piccola profondità

L'infiltrazione diretta dell'alveo verrà sostanzialmente eliminata impermeabilizzando l'alveo nel tratto interessato.

L'infiltrazione sui versanti verrà minimizzata saturando le fratture principali, eliminando le aree depresse da sprofondamenti, tramite colmamento e impermeabilizzazione e realizzando una efficiente rete di canali di drenaggio.

6.1.3.3-CARATTERI QUALITATIVI E QUANTITATIVI

I dati considerati, relativi alle venute dalle ex Merse sono i seguenti:

Portata variabile da 0 a oltre 20 l/sec con media attorno a 5 l/s.

I dati di progetto attesi sono:

Portata variabile da 0 per lunghi periodi a meno di 20 l/sec, media 1-2 l/sec.

6.1.3.4-ALTERNATIVE CONSIDERATE

La minimizzazione delle quantità è stata ritenuta una condizione comunque irrinunciabile e non sono state formulate alternative di merito; verranno sviluppate nelle fasi successive di progettazione, eventuali alternative sulle tecniche da utilizzare.

Relativamente alla qualità è stata considerata l'alternativa di non scollegare la ex Merse dalla Campiano, lasciando libera la galleria del +300, ciò sarebbe corrisposto a non intervenire sulla qualità e a mantenere unite le due principali componenti della fuoriuscita di Campiano.

La variabilità della portata della componente ex Merse e la sua migliore qualità prevista, sono stati elementi decisionali importanti.

6.2-MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLE AREE DI DISCARICA MINERARIA E DEGLI SPROFONDAMENTI

CRITERI GENERALI

I problemi ambientali determinati dalle discariche sono principalmente due: A) la produzione di drenaggi acidi dovuti alla percolazione delle acque di pioggia, B) la mancanza di un manto vegetale per la fitotossicità dei materiali.

Il primo problema verrà risolto con l'eliminazione della percolazione attraverso la deviazione del ruscellamento da monte e attraverso la loro copertura impermeabile, il secondo problema verrà risolto rendendo fertile il suolo di copertura.

I criteri generali di messa in sicurezza delle discariche sono i seguenti:

- 1) Le aree imbrattate di rifiuti o con limitate quantità di rifiuti vengono "bonificate s,s", per asportazione dei rifiuti
- 2) I rifiuti prodotti con le operazioni di cui al punto 1 vengono utilizzati prioritariamente per le sistemazioni morfologiche delle aree destinate alla messa in sicurezza permanente, con opportune misure di protezione
- 3) La messa in sicurezza permanente avverrà solo per le discariche grandi, mentre quelle di piccola dimensione verranno spostate in quelle grandi, o nelle zone sprofondate.
- 4) Le operazioni base di messa in sicurezza permanente consistono in:
 - Minimizzazione delle superfici interessate, con raccolta dei rifiuti sparsi o con spessori limitati
 - Realizzazione di una morfologia "conservativa" dell'ammasso raccordata con l'ambiente circostante
 - Opere di protezione/separazione dagli alvei fluviali
 - Opere di consolidamento
 - Opere di copertura impermeabile
 - Opere di sistemazione idraulica superficiale
 - Ricostruzione del manto vegetale e inserimento paesaggistico.
 - Sistemi di monitoraggio e controllo (se necessari)

Le aree sprofondate, dopo le opportune indagini geognostiche per valutare le condizioni di sicurezza nei lavori, verranno colmate con i materiali recuperati nella bonifica delle discariche, verrà formata una morfologia che consenta la sicura e rapida evacuazione delle acque di ruscellamento; verranno attrezzate con fossi e scoline stabili; verranno impermeabilizzate e verranno infine reinserite nel paesaggio con un opportuno manto vegetale.

7-DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA

Gli interventi di bonifica si possono distinguere in due parti principali:

- A) lavori ed opere atte a minimizzare e ottimizzare le fuoriuscite di acqua inquinata e a mettere in sicurezza permanente l'area.
- B) trattamento di depurazione delle fuoriuscite di acqua.

Le due parti sono sviluppate nei due successivi capitoli.

8-MINIMIZZAZIONE E OTTIMIZZAZIONE DELLE FUORIUSCITE DI ACQUE INQUINATE E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELL'AREA

Nella fase iniziale dei lavori deve essere completamente realizzato e messo in esercizio il sistema con i seguenti lavori ed opere:

- 1) Opere di sfioro del Pozzo Serpieri costituite da:
 - a) Pozzo 1
 - b) Pozzo 2
 - c) Pozzo 3
 - d) Opera di uscita
 - e) Galleria dal Pozzo Serpieri a P1 a P2 a P3 a opera di uscita, eseguita con microtunneller
- 2) Condotta di adduzione a caduta naturale o a sifone, dall'opera di uscita verso il Piazzale Ribudelli, completa di Bypass verso il F. Merse
- 3) Adeguamento e messa in sicurezza del Pozzo Serpieri
- 4) Adeguamento e messa in sicurezza dei tratti terminali della Galleria + 418.
- 5) Sistema di monitoraggio e controllo

POZZO 1

Con funzione di recupero del microtunneller

Simile al Pozzo 3

Con le seguenti dimensioni:

- diametro utile ϕ 2000 mm.
- quota piano campagna 435 m s.l.m.
- base dei pali o del rivestimento 412 m s.l.m.
- soletta di fondo 416 m s.l.m.
- la profondità del pozzo vuoto è 19 m l
- la profondità del rivestimento è 23 ml
- il pozzo è attrezzato in superficie con piccolo locale protetto, con energia elettrica, illuminazione, impianto di areazione, scale e ballatoi di servizio. sono state considerate tre alternative:

VERSIONE 1 convogliamento totale delle venute, comprese le punte, senza limitazioni di portata; in questo caso all'imbocco del microtunnel viene formato uno stramazzone tramite un muretto a quota + 416,50

VERSIONE 2 convogliamento totale delle venute con limitazione delle punte ed effetto volano della + 418; in questo caso l'imbocco del microtunnel è completamente tappato con tubo passante

VERSIONE 3 convogliamento controllato con bypass delle punte, senza effetto volano della + 418; in questo caso è simile alla versione 2 con quota dello stramazzone più alta e presenza di tubo passante.

L'alternativa considerata più opportuna è la n 3.

POZZO 2

- ad 1/3 della galleria di trasferimento delle acque di sfioro che va dal Pozzo 1 all'uscita a giorno, viene realizzato il pozzo di spinta per il Microtunneller, la spinta avverrà nelle due direzioni opposte: verso monte fino al pozzo 1 e verso valle fino al Pozzo 3;
- Il pozzo è posto sul versante destro del F. Merse, nella parte bassa del versante fra la strada statale e l'alveo;
- per la realizzazione del pozzo è necessario realizzare una strada di cantiere che rimarrà come strada di ispezione
- nella posizione di perforazione sarà necessario un piazzale di cantiere. Le dimensioni del piazzale sono di almeno 10 x 10 m.
- la sezione utile del pozzo è ϕ 3000 mm, il pozzo; in relazione ai risultati delle indagini geognostiche, verrà realizzato secondo una delle seguenti modalità:
 - a) escavazione diretta con miniescavatore munito di martellone e benna con asportazione dei materiali tramite gru, progressiva armatura con centine, reti e betoncino spruzzato e successiva formazione di rivestimento in cls armato;
 - b) perforazione di pali ϕ 60÷80 tangenti, lungo il perimetro, successivo svuotamento ed eventuale tirantatura intermedia dei pali

La parte inferiore sarà rinforzata per consentire il contrasto del microtunneller.

- la quota del PC è pari a 428 m s.l.m.
- la base dei pali o del rivestimento è 411 m s.l.m.
- la soletta di fondo è a 415,5 m s.l.m.
- la profondità del pozzo vuoto è pari a ml 13,5
- la profondità del rivestimento è di ml 17,5

Il pozzo è attrezzato con scale di accesso, copertura ed altre strutture di sicurezza.

POZZO 3

Simile al pozzo 1 con funzioni di recupero del microtunneller ϕ 2000

- quota piano campagna 442 m s.l.m.
- base dei pali o del rivestimento 411 m s.l.m.
- soletta di fondo 415 m s.l.m.
- la profondità del pozzo vuoto è 27 m l
- la profondità del rivestimento è 31 ml

OPERA DI USCITA

L'uscita a giorno della galleria sarà formata da una struttura di consolidamento che la renda stabile ed accessibile e che consenta di svolgere la funzione di contrasto per il microtunneller

- sarà collegata alla statale con pista percorribile.
- sarà realizzata per consentire anche la funzione di bypass di emergenza verso il F. Merse

8.1-GALLERIA DI TRASFERIMENTO DAL POZZO SERPIERI A P1; A P2; A P3; AL MANUFATTO DI USCITA

La galleria sarà realizzata con microtunnel spinto dal pozzo 2 e dall'opera di uscita, avrà sezione circolare formata tramite anelli prefabbricati ϕ 1400 mm in esterno, con giuntura stagna e caratteri idonei di resistenza alla compressione e alla corrosione; verrà internamente protetta con lamina in HDPE o altro rivestimento anticorrosione

8.2-CONDOTTA DI ADDUZIONE DAL MANUFATTO DI USCITA AL RIBUDELLI

Verrà piazzato un tubo in HDPE interrato con ϕ opportuno per la massima portata prevedibile, sarà munito di almeno una saracinesca iniziale a valle del Bypass in corrispondenza dell'opera di uscita.

Verrà posto in fossa dopo la formazione di un tracciato lungo il versante, funzionerà a pelo libero e/o a sifone

8.3-ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DEI TRATTI TERMINALI DELLA GALLERIA +418

- USCITA A VALLE IN RIVA SINISTRA DEL F. MERSE

La 418, prudenzialmente deve essere chiusa nella sua uscita a valle, o meglio deve essere messa in sicurezza e attrezzata con una tubazione di emergenza e con un piezometro.

Le operazioni necessarie sono:

- il manufatto di uscita della galleria viene consolidato e viene abbattuto il muro di chiusura
- la galleria viene messa in sicurezza con strutture di cantiere, (centine, reti, betoncino ecc) per almeno i primi 50 ml ed in ogni caso fino alla profondità alla quale corrisponde lo spessore del terreno sovrastante di almeno 30-50 metri
- è possibile che debbano essere rimosse delle parti franate
- dalla posizione più interna consolidata vengono inseriti verso l'interno 2-3 tubi ϕ 100 - 200 in acciaio inox muniti di fessure drenanti, per la profondità massima possibile e comunque non inferiore a 15 metri;
- viene realizzato un muro di chiusura attraversato dai tubi e da altri fori
- si forma una camera consolidata a valle del muro, formando un rivestimento adeguato e un secondo muro attraversato da un unico tubo collegato con l'esterno della galleria
- il tubo verrà attrezzato con piezometro, bypass e saracinesca per il controllo della piezometrica interna e potrà servire come scarico di emergenza nel caso che il sistema Serpieri colassi o si otturi, portando la piezometrica a quote superiori a +418.

- TRATTO TERMINALE DI ENTRATA NEL SERPIERI DELLA GALLERIA DI SCOLO (+ 418,38)

Il tratto terminale della + 418 che collega il P. Serpieri ai due tratti Sud e Nord della stessa 418, nonchè lo stesso incrocio con i due tratti, devono essere messi in sicurezza per garantire il funzionamento.

Per questo, dopo la realizzazione della galleria di sfioro e la messa in sicurezza del P. Serpieri si effettuano i seguenti lavori

- ispezione della galleria e sua progressiva messa in sicurezza con attrezzatura di cantiere, per una lunghezza di 70 metri oltre ad altri 15 metri lungo il settore Sud e il settore Nord della galleria
- consolidamento definitivo del tratto e/o posa di idonea tubazione che garantisca l'efficienza del collegamento anche in caso di franamento della galleria

8.4-ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DEL P. SERPIERI

Le opere ed i lavori di adeguamento e messa in sicurezza del P. Serpieri verranno eseguiti dopo la realizzazione e la messa in esercizio del sistema di sfioro e sono i seguenti:

- 1) consolidamento e messa in sicurezza di un'area attorno al Pozzo con realizzazione di soletta in cls armato;
- 2) realizzazione di una struttura in cls armato per il consolidamento del Boccapozzo;
- 3) eliminazione e recupero del materiale di copertura del Pozzo;
- 4) indagine televisiva fino al fondo pozzo eventualmente con l'aiuto di un tubo guida nella parte alta e intermedia;
- 5) cementazione e impermeabilizzazione del Pozzo fino a quota 405;
- 6) realizzazione di soletta di fondo portante;
- 7) consolidamento delle pareti del Pozzo da quota 405 al Boccapozzo.

8.5-CHIUSURA DELLA GALLERIA + 300

- la galleria + 300 congiunge la rampa di Campiano alla zona di faglia in prossimità del Pozzo Serpieri
- la distanza fra la rampa ed il pozzo Serpieri è di circa 380 ml, la galleria ha una lunghezza di circa 240 metri
- alla progressiva circa 215 ml dalla rampa diparte una galleria laterale verso nord ovest che si articola in diversi bracci uno dei quali arriva a circa 80 metri dal P. Serpieri
- il collegamento idraulico fra le due miniere avvenne dal braccio principale della +300 attraverso dei fori di sonda orientati verso il Serpieri, ma non si può escludere che avvenga anche dalla galleria laterale connessa alla faglia di Boccheggiano
- l'eventuale chiusura di detti fori di sonda non garantisce con certezza l'interruzione del collegamento idraulico perchè questo potrebbe continuare attraverso la galleria laterale che si avvicina al Serpieri e che comunica in vari punti con la faglia di Boccheggiano
- per chiudere con certezza la comunicazione fra le due zone è opportuno operare sulla + 300 nei suoi primi 200 metri, tratto che comprende la zona interessata dai tornanti della strada di collegamento della statale con il piazzale di Campiano e Boccheggiano.
- la strada a tornanti interessa la verticale della galleria in 3 punti nei quali, iniziando da quello a quota più bassa, gli spessori di roccia che separa la strada dalla galleria sono circa ml 185; ml 200 ml 220.
- per sigillare il passaggio del + 300 non è sufficiente chiudere la galleria, è necessario cementare anche il suo intorno presumibilmente fratturato per l'effetto dell'uso di esplosivo nello scavo

- la chiusura della galleria + 300 deve avvenire dopo che è in esercizio il sistema di sfioro del Pozzo Serpieri

le operazioni necessarie sono le seguenti:

- individuazione delle 3 verticali corrispondenti al tracciato della strada a tornanti, tramite documenti tecnici reperibili e metodi topografici
- formazione di un piccolo cantiere di lavoro sulla verticale di chiusura e/o deviazione del traffico attraverso un percorso alternativo della strada di Ribudelli/Campiano (da adeguare)
- perforazione del primo foro con ϕ 110 - 200 in relazione alle necessità di precisione in considerazione della profondità da raggiungere di circa 200 metri, da effettuarsi a carotaggio continuo
- perforazione a distruzione di nucleo di altri fori lungo la strada da ambedue i lati distanziati di circa 5 metri fino ad intercettare la galleria aiutandosi allo scopo anche con prospezioni geofisiche in foro e verifiche con telecamera.
- una volta intercettata la galleria i fori dovranno proseguire per circa 10 metri di profondità; inoltre la galleria deve essere affiancata dai due lati da altri fori dei quali il più distante sia ad almeno 10 metri dalla parete laterale della galleria
- nel foro che ha intercettato la galleria dopo il suo allargamento fino a ϕ 200 viene calata una telecamera (con opportuni tempi di attesa per rendere limpida l'acqua e/o immissione di flocculanti) per verificare lo stato della galleria
- vengono realizzati altri due fori di gettata ϕ 200
- viene iniettato dai fori I e III, calcestruzzo fluido, a media pressione, monitorando dal foro II ed attendendo il periodo necessario alla presa
- dopo la presa viene iniettato cemento denso a pronta presa con pressione superiore dal foro II fino a rifiuto
- dopo la presa i tre fori di iniezione vengono rforati a tutta altezza e si effettua una prova di tenuta, se le perdite sono consistenti si inietta dai tre fori cemento e sabbia fine a pressione medio alta fino a rifiuto o comunque, in caso di mancato rifiuto, per un volume pari a 5 - 10 m di lunghezza della galleria
- si attende la presa, si riperforano i tre fori di iniezione si verificano gli altri fori ripristinandoli eventualmente
- si attrezzano tutti i fori con tubi valvolati e si inietta boiaccia di cemento al alta pressione
- dopo il tempo di presa si eseguono le operazioni di collaudo tramite riperforazione del foro centrale nel quale si effettuano prove di tenuta all'altezza della galleria
- al termine si reinietta il foro di collaudo con tubo valvolato e boiaccia di cemento.

8.6-ADEGUAMENTO E CONSOLIDAMENTO DELLA RAMPA DI RIBUDELLI

- l'attuale rampa di Ribudelli è chiusa tramite muro di cemento armato, attrezzato con tubo dal quale fuoriescono le venute interne; alle spalle del muro, a breve distanza, è presente un muretto con quota sommitale pari a 413,10 m s.l.m. che determina la quota di sfioro del sistema
- la quota di sfioro, onde evitare possibili riattivazioni della circolazione idrica tramite la faglia di Boccheggiano, deve permanere inferiore alla quota dell'acqua nella miniera ex Merse; è tuttavia utile ai fini impiantistici aumentare per quanto possibile la quota di sfioro

- considerato che il livello minimo raggiungibile dalla miniera ex Merse è attorno a 416 m s.l.m. dopo la sua sistemazione, considerato che è opportuno trasferire a caduta naturale o a sifone la venuta del P. Serpieri verso il Piazzale Ribudelli,; si può aumentare la quota di sfioro della Rampa fino a 415 m s.l.m. ovvero circa 2 metri sopra all'attuale
- la stabilità del sistema Rampa/sistema di sfioro/versante sopra il piazzale di Ribudelli, al momento è buona, ma in lunghi periodi la stabilità della galleria e del versante in prossimità dell'uscita a giorno potrebbe deteriorarsi, è necessario quindi rendere il sistema, compreso il versante, più sicuro. Per le necessità e le ragioni dette si prevedono questi lavori ed opere di progetto da effettuarsi dopo la chiusura del + 300 per evitare interferenze problematiche durante le fasi di cantiere:
- completo abbattimento del muro di chiusura terminale della Rampa di Ribudelli
- attivazione di un sistema di pompaggio da cantiere con le pompe, piazzate su di un pontone galleggiante, da porre sullo specchio d'acqua dentro la galleria
- progressivo abbattimento del livello nella galleria per circa 70 metri di distanza dall'uscita
- abbattimento del muretto che funge da stramazzone e progressivo consolidamento e messa in sicurezza provvisoria della galleria fino alla distanza indicata
- messa in opera di due tubazioni con ϕ non inferiore a 300 di acciaio inox dall'uscita della Rampa fino alla distanza voluta oltre la quale le tubazioni, rese filtranti tramite fessure saranno spinte nella galleria sotto il livello dell'acqua per almeno 20 metri
- messa in opera, all'interno dei due tubi, di due pompe collegate con proprio tubo rigido estraibile dall'entrata della galleria, ed eliminazione del sistema di pompaggio galleggiante
- mantenimento in esercizio del nuovo sistema interno di pompaggio fino a lavori avvenuti
- per un tratto di almeno 20 metri di galleria in corrispondenza della massima distanza raggiunta dall'entrata, formazione di 4 raggere di fori di iniezione profondi 10-20 metri distanziate di 5 metri
- iniezione ad alta pressione di opportuna boiaccia di cemento nei fori, per la formazione di una fascia impermeabile e consolidata
- getto di un muro di cemento nella galleria in corrispondenza della fascia consolidata
- dopo il periodo di presa cessazione del pompaggio e collaudo della tenuta
- eventuale colmamento/intasamento con cls magro e clasti grossolani del rimanente tratto di galleria fino all'uscita
- il sistema di trabocco, in un primo momento, dovrebbe essere regolabile da quota 412 a quota 416.

8.7-INTERVENTI DA ESEGUIRE PER LA BONIFICA E L'ADEGUAMENTO DELL'ALVEO DEL F. MERSE

Le interferenze dell'alveo del F. Merse con il problema della bonifica sono principalmente le seguenti:

- 1) rischio di sprofondamento nel tratto in corrispondenza dei lavori minerari superficiali: galleria + 418 e colonna centrale del Merse, corrispondenti alla zona di faglia
- 2) infiltrazione dall'alveo verso la ex Merse in corrispondenza del tratto interessato dalla Faglia di Boccheggiano
- 3) interferenza delle discariche minerarie con l'alveo, (talora lo stesso alveo è impostato nelle discariche minerarie), con relativa immissione in alveo di drenaggi acidi e movimentazione di clasti inquinanti in forma di sedimenti fluviali

SPROFONDAMENTI

Il problema del rischio di sprofondamento dell'alveo è comune anche alla strada statale per la presenza dei cavi minerari relativi alla "colonna centrale del Merse" che si spingono in vicinanza della superficie e per la presenza della galleria di scolo di quota +418.

Allo stato attuale non è chiaro se vi siano pericoli di sprofondamento, ne quale sia l'area precisamente interessata. Il presente progetto preliminare prevede la necessità di effettuare le indagini geognostiche con prove in foro e prelievo di campioni per definire compiutamente tale pericolo.

I sondaggi saranno utili anche per i lavori di minimizzazione delle infiltrazioni verso la ex miniera dall'alveo del F. Merse.

- In relazione ai risultati delle indagini potranno essere attrezzati alcuni sondaggi con sensori per il monitoraggio futuro
- il tratto interessato è di circa 70 metri verso valle partendo da 10 metri a monte della confluenza con il fosso che drena la zona sud della miniera.

INFILTRAZIONE

Verrà verificato lo stato del subalveo del F. Merse e se del caso dovrà essere reso impermeabile dal ponte della strada per il Pozzo Serpieri fino a circa 50 metri oltre l'affluente di riva destra che drena il settore sud della miniera; lo stesso affluente verrà impermeabilizzato dalla confluenza per 50 metri verso monte.

I lavori necessari consistono in:

- A) sondaggi geognostici con prove in situ di cui al punto precedente
- B) eventuale spostamento del materasso alluvionale, suo controllo per verificarne la natura e se del caso accatastamento per il suo riutilizzo o, in alternativa, messa in sicurezza in una delle discariche minerarie limitrofe da bonificare
- C) impermeabilizzazione del fondo che, in relazione al suo stato verrà ottenuto in alternativa con: iniezioni in foro; sutura di fratture, e gettate di calcestruzzo con immediato ricoprimento con clasti molto grossolani ammorsati nel calcestruzzo alla cui base viene posta una guaina bituminosa
- D) ricostruzione dell'alveo a quota superiore, mantenuto stabile tramite soglie in calcestruzzo
- E) bonifica delle sponde e loro consolidamento tramite muri, gabbioni o scogliere in relazione alla eventuale necessità di isolare eventuali accumuli di materiali inquinanti

INTERFERENZA CON DISCARICHE

Le discariche esistenti che interferiscono con l'alveo dovranno essere eliminate dall'alveo tramite la sua ripulitura ed il loro accatastamento nelle discariche censite e delle quali è prevista la loro messa in sicurezza, se del caso tali discariche potranno essere separate tramite opere di consolidamento delle sponde come descritto al punto precedente

L'interferenza con le discariche riguarda in modo discontinuo il tratto di alveo dal ponte per il pozzo Serpieri fino a valle della discarica delle roste, per una lunghezza di circa 1800 metri.

8.8-BONIFICA DEL SISTEMA ALVEO-PIANURA FLUVIALE DEL FIUME MERSE, DAL PIAZZALE RIBUDELLI AL GUADO PER LURIANO A VALLE DELLE VENE DI CICIANO

Gli effetti inquinanti dei materiali presenti in alveo e sulle sponde dell'area mineraria, nonché quelli derivanti dalla fuoriuscita di acqua, sono stati analizzati fino al guado per Luriano oltre le Vene di Ciciano; lo stesso tratto potrà essere interessato dagli effetti dei lavori di bonifica che verranno eseguiti del tratto interessato dalle discariche.

E' necessario prevedere, dopo la bonifica del tratto minerario, l'eliminazione di eventuali accumuli di materiali inquinanti ed il ripristino di condizioni stabili il più possibile prossime a quelle naturali.

Tale obiettivo verrà raggiunto con tecniche di ingegneria naturalistica e limitatissimi movimenti di sedimenti senza che questo determini crisi nella dinamica del sistema alveo/pianura fluviale del Fiume Merse.

Particolare attenzione verrà riservata per le Vene di Ciciano ed in particolare alla struttura di attingimento al servizio dell'acquedotto di Chiusdino.

8.9-INFRASTRUTTURE PER LA MINIMIZZAZIONE DELL'INFILTRAZIONE SUI VERSANTI RELATIVI ALLA EX MINIERA DEL MERSE: SETTORI NORD E SUD

Le infrastrutture regimatorie necessarie, sia per rendere stabili le superfici con particolare riguardo a quelle delle discariche e delle aree sprofondate, sia per minimizzare l'infiltrazione nella ex miniera, sono costituite da fossi o da strade fosso. I fossi sono resi stabili con opportuni rivestimenti e attrezzati con caditoie e pozzetti per la interconnessione fra di loro e per la dissipazione dell'energia. Per quanto possibile i fossi e le strade fosso coincideranno con le viottole esistenti.

Gli interventi di regimazione e di rimodellazione delle zone sprofondate delle discariche, nonché quelli di impermeabilizzazione e protezione superficiale delle stesse, sono molto consistenti.

Tutti i lavori previsti seguono come principio ordinatore il massimo rispetto possibile della vegetazione esistente e la successiva ricostituzione di un idoneo manto vegetale nelle aree dei lavori.

I lavori delle singole discariche o aree sprofondate, sono indicati nelle schede tecniche relative contenute in appendice 3. In questo capitolo si tratta dei lavori regimatori generali non contenuti nelle schede tecniche e relativi ai versanti interessati dalla ex miniera del Merse.

SETTORE NORD

La raccolta ed il convogliamento delle acque di pioggia e di ruscellamento del settore NORD avverrà tramite due strade fosso principali, una a monte della nicchia di distacco, corrispondente alla faglia di Boccheggiano e una a valle della zona mineraria. Tali strutture in parte scaricheranno verso il F. Merse, poco a valle del P. Serpieri ed in parte sul T. Mersino.

Nella zona compresa fra le due strutture verranno formati due sistemi di canali con struttura ad Y come meglio indicato in Tav. 12.

Le fratture connesse ai cedimenti o agli sprofondamenti saranno sigillate con argilla e/o bentonite e protette da un granulato grossolano e da fossi evacuatori.

Il canale di monte ha una lunghezza totale di ml 1270 dei quali ml 780 drenanti verso il Merse e ml 500 verso il Mersino. Il canale di valle ha una lunghezza totale di ml 790 dei quali ml 380 drenanti verso il F. Merse e ml 410 verso il Mersino. Il reticolo ad Y che drena verso il Merse misura ml 560, mentre quello che drena verso il Mersino misura ml 660. La lunghezza totale dei canali/strade fosso è di ml 3280. Le fratture da suturare assommano a ml 800.

SETTORE SUD

I versanti del settore SUD sono molto pendenti, la sistemazione e impermeabilizzazione delle aree di discarica e di sprofondamento necessita dello spostamento e rifacimento dell'alveo del Torrente che l'attraversa; necessita inoltre della formazione di una strada fosso a monte.

Il tratto di alveo da spostare e ricostruire è pari a ml 280.

La strada fosso da realizzare nel settore di monte del versante è pari a ml 600.

8.10-MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLE AREE DI DISCARICA MINERARIA, DEI PIAZZALI MINERARI E DEGLI SPROFONDAMENTI

La zona da bonificare comprende 20 aree problematiche costituite da discariche, piazzali e sprofondamenti.

Tali aree sono rappresentate in Tavola n. 12 . In appendice 3 sono riportate le schede tecniche descrittive di ogni area. Nella tabella che segue sono indicati i caratteri salienti e i lavori di messa in sicurezza necessari per le aree.

TABELLA RIASSUNTIVA DEGLI ELEMENTI TECNICI DESCRITTIVI DELLE AREE DI DISCARICA E DI SPROFONDAMENTO

AREA	SUP m ²	VOLUMI AMMASSO		VOLUMI SPROFONDAMENTO		PERIMETRO		LAVORI ED OPERE TIPO									
		da m ³	a m ³	da m ³	a m ³	di monte ml	di valle ml	a	b	c	d	e	f	g	h	i	l
A	9.500	50.000	80.000			300	250	x	x	x	x	x	x	x	x		
B	2.500	5.000	8.000			200	200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
C	5.500	25.000	35.000			200	150	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
D	35.000	140.000	280.000			900	650	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
E	20.000	40.000	60.000	800	1.000	1.000	500	x	x	x	x	x	x	x	x		x
F	40.000	120.000	200.000			800	400	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
G	3.000	4.000	10.000				100	x	x	x	x	x	x	x	x		
H	7.500	2.000	5.000	2.000	4.000	250	100	x	x	x	x	x	x	x	x		
I	800	100	200	500	1.000	100	50	x	x	x	x	x	x	x	x		
L	5.500	30.000	40.000			100	200	x	x	x	x	x	x	x	x		
M	10.000	40.000	60.000			250	150	x	x	x	x	x	x	x	x		
N	11.000	1.000	1.000			400	100	x		x			x		x		
O	4.700	14.000	19.000			200	130	x	x	x	x	x	x	x	x		
P	10.000	40.000	60.000			200	250	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Q	10.000			10.000	40.000	500	50	x	x	x	x	x	x	x	x		x
R	500			2.000	4.000	450	50	x	x	x	x	x	x	x	x		
S	2.000			7.000	10.000	500		x	x	x	x	x	x	x	x		
T	3.800	8.000	15.000			200	150	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
U	20.000					450	450	x		x				x	x		
V	4.500					150	200	x		x	x		x	x	x	x	
TOT. 20	205.800	519.100	873.195	22.302	60.000	7.250	4.130										
MEDIA	10.290	64.606	58.213	3.717	10.000	362	206										

Le colonne indicate con lettere minuscole indicano le tipologie di lavoro previste per la loro messa in sicurezza permanente, come sotto specificato. a) rilievi e caposaldi; b) disboscamento e decespugliamento; c) recupero di materiali sparsi; d) modifiche morfologiche; e) strade-fosso e scoline f) copertrure impermeabili g) coperture impermeabili ed antierosione; h) ricostituzione del verde; i) opera di separazione dagli alvei fluviali l) realizzazione di nuovi canali.

L'analisi della tabella evidenzia che delle 20 aree 12 sono discariche, 3 sono discariche che insistono sopra a sprofondamenti, 3 sono zone sprofondate senza discarica e due sono piazzali minerari.

La superficie totale interessata è di oltre 20 ettari.

I volumi totali di discarica, non semplicemente determinabili, possono variare da un minimo di circa 500.000 m³ ad un massimo di circa 900.000 m³.

I volumi di sprofondamento da ripristinare per eliminare contropendenze sono stimati da un minimo di circa 20.000 m³ a un massimo di circa 60.000 m³.

9-TRATTAMENTO DELLE ACQUE

9.1-INTRODUZIONE

La separazione dei drenaggi provenienti dalle miniere Campiano e Merse, eseguita mediante l'intercettazione della galleria di collegamento tra i due sistemi minerari, comporta da un lato la diminuzione della portata in uscita dalla rampa di Ribudelli ed un miglioramento dal punto di vista qualitativo delle acque stesse, in quanto ad esse saranno appunto detratti i drenaggi fortemente inquinati provenienti dalla miniera Merse; d'altro anche i drenaggi della miniera Merse, i quali saranno condotti a gravità dal pozzo Serpieri al piazzale Ribudelli, saranno di "migliore" qualità, in quanto non compieranno quel lungo percorso che attualmente effettuano passando per la miniera di Campiano e disporranno quindi di un minore tempo di permanenza all'interno del sistema per la promozione di tutte quelle reazioni chimiche che portano all'acidificazione ed al generale peggioramento delle caratteristiche qualitative delle acque.

Gli interventi descritti permettono di ridurre la quantità di acque da trattare e di migliorarne più o meno significativamente le caratteristiche chimiche, rimane comunque un certo quantitativo residuo di acqua da trattare prima di essere immesso nei ricettori idrici superficiali nel rispetto della normativa vigente DLgs.152/99 e smi.

9.2-CARATTERIZZAZIONE DEI DRENAGGI ACIDI DI MINIERA

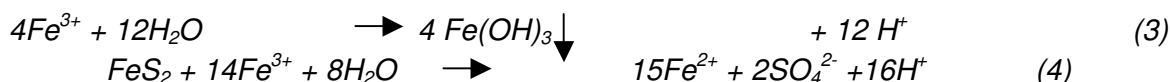
9.2.1-MECCANISMO DI FORMAZIONE DI UN DRENAGGIO ACIDO DI MINIERA

Un drenaggio acido di miniera (AMD, Acid Mine Drainage) è generalmente caratterizzato da un basso pH e da un'alta concentrazione di metalli pesanti: la formazione di tale flusso è influenzata dalla geologia, dalla idrogeologia e dalla metodologia di coltivazione di ogni miniera. La generazione del drenaggio acido avviene quando i solfuri si trovano esposti ad ossigeno ed acqua, secondo la seguente reazione complessiva:



Tale reazione avviene seguendo quattro step di reazione ben precisi:





La reazione (1) prevede l'ossidazione della pirite da parte dell'ossigeno: essa è ossidata a ione solfato ed è rilasciato lo ione ferro bivalente: tale reazione genera due moli di acidità (H^+) per mole di pirite ossidata.

La reazione (2) realizza l'ossidazione dello ione ferroso a ione ferrico, la quale consuma una mole di acidità per mole di ione ferroso ossidato. La presenza di alcuni batteri consente di aumentare il tasso di conversione del ferro bivalente a ferro trivalente: tale reazione dipende fortemente dal pH, procedendo lentamente per valori di pH acidi (2-3), e procedendo molto più velocemente (qualche ordine di grandezza in più) a valori di pH vicini a 5.

La reazione (3) prevede l'idrolisi del ferro, nella quale si ha la rottura della molecola di acqua per la creazione di idrossido ferrico: per ogni mole di ione ferrico reagite si formano 3 moli di acidità.

Molti metalli sono capaci di essere sottoposti ad idrolisi: la formazione di idrossido ferrico è dipendente dal pH, infatti esso inizia a precipitare già per valori di pH maggiori di 3.5, mentre al di sotto di tale valore esso non si forma.

La quarta reazione rappresenta una ulteriore ossidazione di pirite da parte dello ione ferrico, il quale è generato secondo la sequenza di reazioni (1) e (2).

Questo sistema di reazioni è ciclico, nel senso che si ripete fin tanto che sono disponibili pirite e ioni di ferro trivalente ed avviene velocemente.

9.2.2-COMPOSIZIONE CHIMICO FISICA E QUANTIFICAZIONE

Per quanto riguarda le caratteristiche chimico fisiche delle acque che fuoriescono attualmente dalla rampa di Ribudelli, nonché alle simulazioni effettuate mediante eduazione dal Fornello 3 e dal Pozzo Serpieri, si rimanda al Piano di Caratterizzazione approvato.

In relazione alla separazione idraulica tra la miniera di Campiano e la miniera Merse che si intende attuare mediante la chiusura della galleria di quota +300, si considera che il contributo di portata media da attribuire alla miniera di Campiano sia di 7 l/s, mentre quella da attribuire alla miniera Merse sia di 3 l/s.

9.3-L'IMPIANTO DI TRATTAMENTO ESISTENTE

9.3.1-DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Il sistema di trattamento dell'acqua in uscita dalla ex miniera di Campiano è stato realizzato in condizioni di somma urgenza nell'Agosto del 2001, per far fronte alla fuoriuscita di acqua inquinata che si era manifestata a partire dall'Aprile ed è stato nel tempo soggetto ad interventi di miglioramento e di ottimizzazione ed attualmente è composto dalle seguenti fasi di processo (vedere anche elaborati grafici tav. n. 18-19):

- Fase di ossidazione (parziale);
- Fase di alcalinizzazione;
- Fase di aggiunta reagenti per la flocculazione;

- Fase di sedimentazione;
- Fase di disidratazione dei fanghi (filtropressatura).

All'uscita dalla miniera l'acqua è controllata attraverso la misura di portata (FT1), di temperatura (TT1) e di conducibilità (CT1) ed è convogliata attraverso una canaletta di adduzione, di lunghezza pari a 62 m circa (dall'uscita della miniera al fosso Ribudelli), a sezione trapezoidale avente una larghezza della base di fondo e della base superiore rispettivamente di 0.6 e 1 m ed una profondità di 0.55 m, verso l'impianto di trattamento: alcuni metri prima del punto di intercettazione e deviazione del flusso verso l'impianto, nella canaletta viene dosata acqua ossigenata per consentire una ossidazione parziale del ferro presente, dalla forma Fe^{2+} a quella Fe^{3+} ; scopo di tale trattamento è quello di permettere un processo di sedimentazione più efficace, per una migliore flocculazione e coagulazione dei fiocchi di idrossido ferrico.

L'acqua ossigenata, fornita in soluzione al 35%, viene stoccata in apposito serbatoio in acciaio inossidabile della capacità di 5 m³ (SO1) ed il dosaggio viene effettuato mediante due pompe dosatrici PD5 e PD6, funzionanti una di riserva all'altra, comandate dal sistema automatico di gestione dell'impianto che rielabora la portata di H_2O_2 da dosare in base alla quantità di acqua da trattare (quest'ultimo valore viene acquisito dal sistema di controllo mediante il misuratore di portata FT1 posizionato sulla tubazione in uscita dalla galleria). Entrambe le pompe sono dotate di un sistema di allarme, il quale in caso di malfunzionamento o blocco della pompa al momento in servizio, attiva quella di riserva ed avverte l'operatore del guasto per mezzo di un segnale di allarme.

Dopo la fase di ossidazione parziale l'acqua entra all'interno dei due pozzetti di reazione P1 e P2, aventi dimensioni di 1.5 x 1.5 x 2.0 metri (lunghezza, larghezza, profondità), entrambi dotati di agitatore (MX1 ed MX2), nei quali avviene l'alcalinizzazione dell'acqua ed il dosaggio dei reagenti flocculanti.

Nel primo pozzetto infatti viene aggiunta una soluzione di soda al 30% in modo da basificare l'acqua fino ad un pH vicino a 9.0, mentre nel secondo pozzetto avviene il dosaggio di una soluzione di polielettrolita. Il raggiungimento di condizioni alcaline e l'aggiunta del polielettrolita facilitano la formazione di fiocchi degli idrossidi (soprattutto ferrico) dei metalli presenti nell'acqua e consentono una drastica diminuzione dei tempi per la successiva sedimentazione.

La soluzione di soda caustica al 30% è stoccata all'interno di due serbatoi comunicanti tra loro (SS1 ed SS2), ciascuno della capacità di 20 m³, per un volume di stoccaggio complessivo di 40 m³.

Il dosaggio avviene mediante l'utilizzo di due pompe dosatrici PD1 e PD2, funzionanti una di riserva all'altra, comandate dal sistema elettronico di gestione dell'impianto. Il sistema mantiene il pH di lavoro intorno al valore di set-point impostato (attualmente il set-point è impostato a pH 9.0) aumentando o diminuendo la portata delle pompe dosatrici in funzione del pH. Il controllo del pH avviene mediante una sonda (pHT12), posizionata all'interno del primo pozzetto di reazione, e collegata al sistema di controllo.

Il valore del set-point di lavoro è stato impostato in modo da garantire sia l'abbattimento di tutti i metalli presenti (Arsenico, Cadmio, Cromo, Manganese, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Alluminio, Cobalto, Bario, Vanadio, Boro) sia una migliore sedimentazione dell'idrossido di ferro; inoltre eventuale ferro non ossidato alla forma Fe^{3+} , precipita come idrossido ferroso.

I dati analitici di caratterizzazione delle acque in ingresso ed uscita dal trattamento evidenziano rendimenti di abbattimento elevati, superiori al 99.8% per il ferro e generalmente superiore al 90% per gli altri metalli e conseguentemente le acque scaricate presentano valori di concentrazione dei metalli tali da rispettare i limiti di cui al DLgs. 152/99 e smi.

Poiché il dosaggio della soda è fondamentale ai fini della reazione di precipitazione, sono stati previsti dei sistemi di sicurezza che assicurano in ogni caso l'afflusso della stessa al pozzetto di reazione: infatti in caso di fuori servizio della pompa dosatrice principale, il sistema di controllo procede all'avviamento della pompa di riserva, segnalando il guasto con apposito allarme. In caso di fermata o mancato avvio della pompa dosatrice di riserva, il sistema avvia subito una pompa di emergenza (PDE) installata sulla stessa linea delle altre due e, nel caso in cui anche quest'ultima presentasse problemi, viene aperta una elettrovalvola (posta su una linea indipendente e comunicante direttamente con i serbatoi di stoccaggio) che garantisce l'afflusso di soda nel pozzetto di reazione.

Per quanto riguarda la fase di flocculazione, il polielettrolita viene fornito in polvere e preparato in soluzione presso l'apposito impianto di polipreparazione, avente capacità standard di produzione pari a 2000 l/h: quest'ultimo effettua la miscelazione del polielettrolita in polvere con acqua ad una percentuale stabilita. La dissoluzione avviene in un dissolutore (D) avente un volume utile di 1400 l, composto da tre vasche distinte dotate di mixer (MX7-8-9) da 180 W, con passaggio della soluzione da una vasca all'altra per stramazzo. Una volta giunta nella terza vasca, la soluzione viene inviata, tramite pompa di sollevamento (PC3), ad un serbatoio di stoccaggio intermedio della capacità di 10 m³ (SP1).

Le pompe dosatrici del polielettrolita, analogamente a quelle dell'acqua ossigenata, sono due (PD3-4), funzionanti una di riserva all'altra, comandate dal sistema elettronico di gestione dell'impianto che rielabora la portata da dosare in base alla quantità di acqua in ingresso all'impianto. Come le altre sono dotate di un sistema di controllo ed allarme che in caso di fuori servizio di una delle due automaticamente attiva quella di riserva e segnala il blocco all'operatore mediante segnale. Il polielettrolita viene dosato come soluzione in concentrazione pari al 3%.

L'acqua in uscita dal pozzetto di reazione P2 giunge, tramite due tubazioni interrato intercettabili mediante due paratoie manuali (PT2-3), ai due bacini di sedimentazione (VS1-2) nei quali avviene la precipitazione degli idrossidi metallici, con la separazione delle due fasi solido-liquido. I due bacini di sedimentazione sono a pianta rettangolare (con angoli smussati), di circa 180 m³ di volume utile idraulico ciascuno, scavati nel terreno e rivestiti di apposito telo impermeabilizzante: in tali vasche avviene la sedimentazione dei fiocchi di fango e l'uscita delle acque chiarificate dal lato opposto rispetto a quello di alimentazione.

Le acque chiarificate in uscita dai due bacini di sedimentazione sono avviate al pozzetto di campionamento P3, dotato di sonda di misurazione del pH, prima dello scarico nel Ribudelli.

Quota parte delle acque in transito nel pozzetto P3 sono sollevate da una autoclave verso un serbatoio di stoccaggio, per il riutilizzo interno dell'impianto (come acqua di dissoluzione per il polielettrolita, acqua di lavaggio, etc.).

Il sistema di sedimentazione prevede il funzionamento alternato dei due bacini: quando una vasca è nella fase di ricezione dell'acqua, l'altra viene svuotata dal fango accumulatosi sul fondo nella fase precedente, con operazione che attualmente è fatta manualmente dall'operatore il quale sposta la tubazione di aspirazione muovendosi lungo il bordo vasca, mediante l'utilizzo di una motopompa (PF7) che lo invia a tre vasche di stoccaggio per il successivo invio alla fase di disidratazione.

Le tre vasche di accumulo dei fanghi estratti dalla sedimentazione sono in carpenteria metallica, dotate di un mixer di agitazione ciascuna, da 0.75 kW, delle quali due hanno una capacità di 18 m³ ed una 30 m³: le tre vasche servono ad omogeneizzare il fango e soprattutto da accumulo per l'invio alla sezione di disidratazione meccanica.

Da tali vasche i fanghi sono pompati tramite due pompe a due unità di filtropressatura mobili, nelle quali il fango viene disidratato fino ad un tenore del 28% in secco: una macchina è costituita da 80 piastre, aventi dimensioni di 1200 x 1200 mm, con pompa di carico del tipo mohno da 11 kW, mentre l'altra macchina è costituita da 60 piastre, aventi dimensioni 1000 x 1000 mm, con pompa di carico del tipo a pistoncini da 5,5 kW.

Il fango esce dalle due apparecchiature sotto forma di pannello compatto, il quale una volta scaricato dalle tele filtranti è frantumato e trasportato mediante sollevatori a coclea in un apposito cassone di stoccaggio per il successivo invio allo smaltimento come rifiuto non pericoloso.

Le acque di risulta in uscita dalle filtropresse sono inviate in testa all'impianto: la loro basicità permette di diminuire il dosaggio di soda nel pozzetto P1.

L'impianto è alimentato elettricamente mediante propria fornitura in BT da 30 kW ed è inoltre dotato di gruppo elettrogeno di emergenza della potenza di 40 kVA, marca CGM gruppi elettrogeni, modello 40F, alimentato a gasolio.

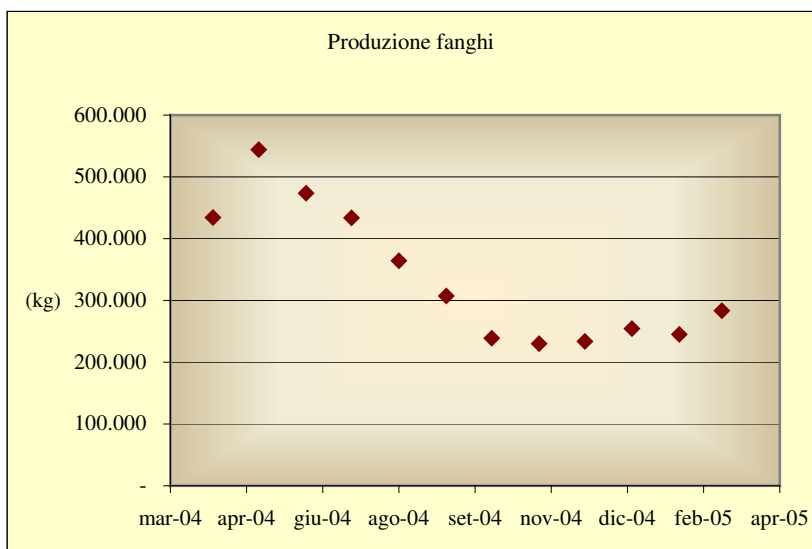
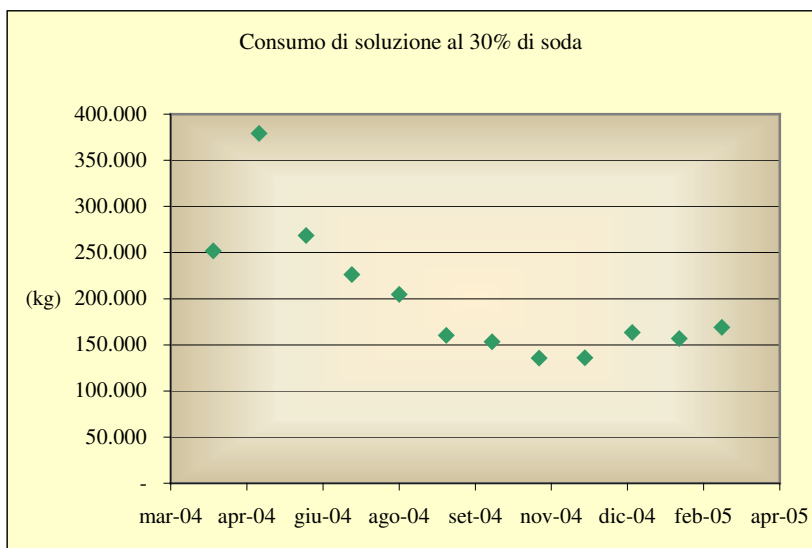
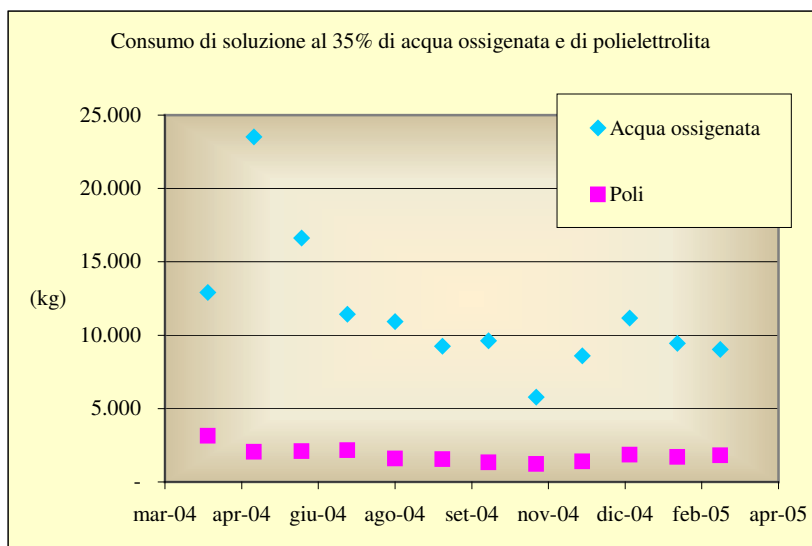
L'impianto è completamente automatizzato mediante sistema centralizzato di acquisizione e permette inoltre il controllo remoto dei dati, nonché quello di livello del pozzo Serpieri; il sistema attualmente installato ha una architettura con soluzione distribuita (DCS) con livello di supervisione e controllo (SCADA + HMI) ed un livello di acquisizione – automazione – regolazione di impianto (STAR + RTU).

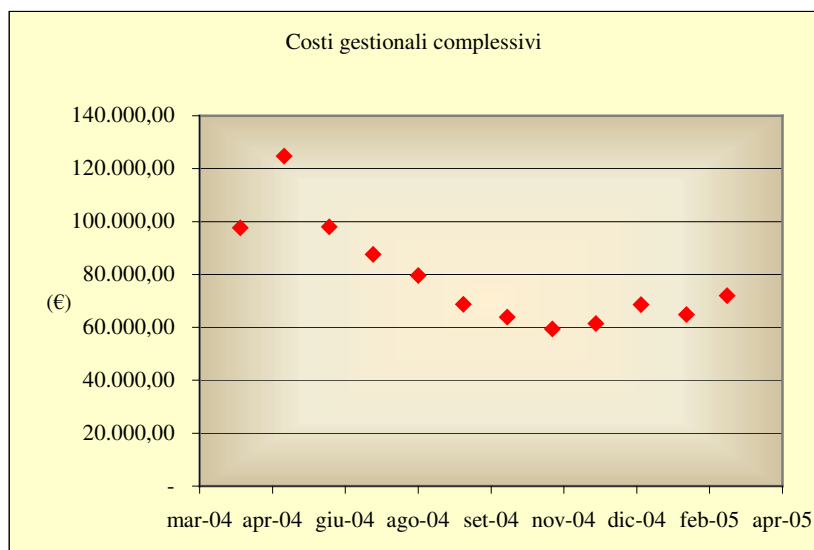
9.3.2-ASPETTI GESTIONALI

L'impianto di trattamento provvisorio comporta dei costi dovuti principalmente all'utilizzo di reattivi chimici ed allo smaltimento dei fanghi, oltre alle spese del personale ed ai costi di energia elettrica.

Dal 1 aprile 2004 al 31 marzo 2005 il costo gestionale complessivo sostenuto è stato pari a 946.700,00 € circa; di seguito si riporta una tabella riepilogativa su base mensile relativa ai quantitativi dei reattivi consumati, dei fanghi smaltiti e dei costi sostenuti:

<i>Mese</i>	<i>Soluzione al 35% di acqua ossigenata (kg)</i>	<i>Soluzione al 30% di soda (kg)</i>	<i>Polielettrolita (kg)</i>	<i>Fanghi smaltiti (kg)</i>	<i>Costo mensile (€)</i>
ANNO 2004					
<i>Aprile</i>	12.920	251.800	3.150	434.380	97.639,13
<i>Maggio</i>	23.510	379.080	2.050	544.090	124.719,12
<i>Giugno</i>	16.620	268.560	2.100	473.800	98.044,74
<i>Luglio</i>	11.430	226.240	2.150	433.750	87.566,85
<i>Agosto</i>	10.920	204.570	1.600	364.070	79.591,26
<i>Settembre</i>	9.260	160.280	1.550	307.230	68.710,44
<i>Ottobre</i>	9.620	153.460	1.325	238.790	63.941,64
<i>Novembre</i>	5.790	135.600	1.225	230.160	59.446,84
<i>Dicembre</i>	8.600	136.120	1.400	233.660	61.509,60
ANNO 2005					
<i>Gennaio</i>	11.160	163.460	1.850	254.620	68.638,76
<i>Febbraio</i>	9.440	156.730	1.700	245.020	64.879,22
<i>Marzo</i>	9.040	169.020	1.800	283.260	72.015,40
TOTALE	138.310	2.404.920	21.900	4.042.830	946.703,00





Come è possibile notare dai precedenti dati i consumi dei reattivi ed il quantitativo dei fanghi smaltiti assumono un valore massimo in corrispondenza dei mesi di Aprile – Maggio – Giugno ed assumono un valore minimo nei mesi di Ottobre – Novembre – Dicembre: a tali fluttuazioni sono ovviamente correlati dei maggiori o minori costi gestionali rispettivamente.

La variabilità temporale dei dati è da imputarsi fondamentalmente alle variazioni di portata del drenaggio acido da trattare in uscita dalla miniera di Campiano: la portata idraulica aumenta fino ad un valore di 15 l/s con punte di 18-20 l/s per effetto delle precipitazioni, mentre la portata diminuisce fino ai minimi valori di circa 8 l/s nella stagione estiva ed autunnale.

Occorre precisare che la colonna relativa al costo mensile di gestione tiene conto anche degli oneri dovuti all'impiego di personale di servizio, presente in impianto con 2 addetti, per otto ore al giorno, per sette giorni settimanali.

Il fango è classificato come rifiuto speciale non tossico nocivo, codice CER 190814, e può essere smaltito in una discarica di II categoria, attualmente è smaltito presso la discarica Centro Servizi Ambiente s.p.a. di Terranuova Bracciolini (AR).

Dal 09 novembre 2004, data di installazione del misuratore elettromagnetico di portata delle acque in uscita dalla miniera di Campiano, è possibile avere anche la misura della quantità totale di acqua trattata, che al 02 maggio 2005 risulta pari a 140.770 m³, è da rilevare come nel periodo dal 9-11-2004 al 27-12-2004 è stata effettuata una sperimentazione con eduazione dal fornello 3, a portata pressoché costante di circa 4 l/s; pertanto la portata in uscita dalla rampa di Campiano, dove è ubicato il misuratore di portata elettromagnetico si è conseguentemente ridotta; le acque edotte dal fornello 3 sono state riportate nella canaletta subito a valle del misuratore di portata e misurata con le altre, ed in seguito sottoposta a trattamento.

Pertanto si può stimare che il quantitativo di acqua uscita dalla miniera nel periodo dal 1-1-2005 al 31-3-2005 sia stato di 77.050 m³, raffrontando tale valore con il costo gestionale del periodo pari a € 205.533,38 si ottiene un costo di 2,67 €/m³, il valore è specifico del periodo preso a riferimento e pertanto soggetto a variazioni, in special modo in estate ed in autunno, periodi corrispondenti ad una diminuzione di portata di acqua in uscita dalla miniera.

9.4-DESCRIZIONE DELLE DIVERSE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE

Per quanto esposto in precedenza risulta necessario valutare le diverse opzioni ad oggi tecnicamente disponibili per ottimizzare i trattamenti da effettuare con l'obiettivo, ove sia necessario di ottenere scarichi in acque superficiali, di raggiungere i limiti di accettabilità previsti dal DLgs 152/99 e successive modifiche ed integrazioni, avendo nello specifico come recettore il Fosso Ribudelli, che recapita nel Fiume Merse. D'altra parte l'impianto attuale realizzato in condizioni di somma urgenza, da un punto di vista depurativo raggiunge comunque ottimali valori di abbattimento dei metalli, ma presenta una serie di operazioni svolte manualmente (aspirazione del fango), che soprattutto nel periodo invernale mettono a dura prova il personale, inoltre le unità di filtrazione sono di tipo mobile, piazzate su rimorchio, in generale pertanto si rilevano difficoltà operative connesse soprattutto al periodo invernale nel quale si sono registrate anche temperature di -14°C .

L'impianto attualmente ha come output più significativo il fango da smaltire presso impianti di discarica autorizzata per rifiuti non pericolosi; nel presente progetto preliminare si intende effettuare una ampia analisi delle diverse soluzioni impiantistiche possibili, con l'obiettivo generale di contenere i costi di gestione e di riutilizzare le apparecchiature già attualmente costituenti l'impianto provvisorio.

Le soluzioni impiantistiche studiate ed individuate per il presente progetto preliminare in oggetto sono classificabili in tre distinte categorie, differenziate tra loro per il diverso grado di recupero (parziale o nullo) di materiali o energia: le ipotesi contrassegnate con la lettera "A" sono quelle che non prevedono alcun recupero, quelle contrassegnate dalla lettera "B" rappresentano quelle in cui si ha un recupero parziale di prodotti, mentre quelle contrassegnate dalla lettera "C" sono quelle che prevedono anche un recupero di energia termica.

Il dimensionamento degli impianti proposti è stato effettuato a partire da una portata idraulica di progetto di acqua da trattare pari a 10 l/s: sono stati in seguito verificati i dimensionamenti per una portata transitoria pari a 15 l/s ed una portata di punta pari a 20 l/s. In ogni caso in ingresso agli impianti proposti trova collocazione una stazione di misurazione di alcuni parametri chimico fisici (pH, temperatura, conducibilità, concentrazione di solfati e portata) dell'acqua da trattare; inoltre è predisposta una sezione di equalizzazione del carico idraulico ed inquinante, opportunamente bypassabile in caso di necessità: essa è costituita da una vasca di accumulo dotata di pompe di rilancio.

Di seguito si riportano le varie ipotesi progettuali individuate mentre i relativi schemi di flusso sono riportati nella tav. n.20; trattasi evidentemente di descrizioni generali, in quanto l'obiettivo di questa analisi è quello di confrontare tra loro le diverse opzioni impiantistiche, quella che sarà la soluzione prescelta verrà successivamente sviluppata in dettaglio.

9.4.1-IPOTESI A1

Nel caso A1 l'acqua in ingresso all'impianto viene sottoposta ad un primo trattamento di ossidazione: in una vasca agitata viene dosata una soluzione di acqua ossigenata (H_2O_2) al 35% per ossidare il Fe^{2+} a Fe^{3+} ; tale operazione tende ad acidificare ulteriormente l'acqua portando il valore di pH dai 3.8-4 (valore medio in uscita dalla miniera) a 2.6 circa. In tali condizioni il Fe^{3+} tende in parte a precipitare, ma una sostanziale quantità di esso rimane in

soluzione: per questo una seconda sezione della vasca di ossidazione prevede un dosaggio di soluzione di soda (NaOH) al 30% per rialzare il pH a valori intorno a 4.5-5.

Il precipitato di $\text{Fe}(\text{OH})_3$ appare di colore rosso ed è finissimo: per favorire la sua precipitazione si aggiunge una soluzione di polielettrolita cationico forte.

L'acqua di miniera viene in entrambi i casi inviata direttamente alla sezione di desolfatazione, che consiste in un due vasche adiacenti, dotate di agitatore: nella prima vasca viene dosato idrossido di bario solido ($\text{Ba}(\text{OH})_2$) per la precipitazione del solfato di bario (BaSO_4) col fine di eliminare i solfati dalle acque.

Dato che il suddetto dosaggio innalza il valore di pH fino a 11-12, nella vasca successiva avviene la correzione del pH fino ad un valore di 9 circa, mediante l'aggiunta di acido cloridrico 30% della soluzione.

Successivamente le acque procedono verso la sezione di flocculazione, costituita da una vasca agitata nella quale avviene il dosaggio di una sospensione di polielettrolita cationico, preparata con un apposito impianto dissolutore.

Il flusso giunge quindi ad un pozzetto ripartitore di portata che alimenta le due vasche di sedimentazione, a pianta rettangolare, dotate di carroponete del tipo va e vieni e di pozzetti di accumulo e rilancio del fango verso i successivi trattamenti. Tali vasche sono dimensionate sulla portata di 14 l/s in maniera tale da poter trattare l'intero flusso di progetto in ingresso, compreso il ricircolo delle acque dei fanghi, anche in caso di fermo di una di esse.

I solidi che sedimentano in dette vasche sono accumulati nei pozzetti di rilancio del fango, mentre le acque chiarificate escono dalle apposite canalette di sfioro e si avviano verso le successive sezioni di trattamento.

La portata in uscita dalla sedimentazione giunge alla sezione di correzione del pH, mediante aggiunta di una soluzione al 30% di HCl, all'occorrenza bypassabile.

Il flusso di acqua viene quindi avviato alla sezione di filtrazione e di scambio ionico mediante una stazione di sollevamento dotata di due pompe una di riserva all'altra.

La sezione di filtrazione su quarzite e su carboni attivi consente la cattura dei solidi e delle sostanze nocive per il corretto funzionamento della successiva sezione a scambio ionico.

La sezione di filtrazione su resine a scambio ionico consente la cattura di ioni metallici (metalli pesanti ed arsenico) eventualmente ancora presenti in soluzione: tale sezione costituisce quindi un trattamento di affinazione delle acque pronte allo scarico.

La batteria di filtri con resine a scambio ionico è costituito da tre unità funzionanti "a girare", ovvero con due filtri in serie in funzione ed il terzo in rigenerazione, e così via (sia per le resine selettive per i metalli pesanti che per l'arsenico).

La rigenerazione di un filtro avviene secondo un preciso procedimento di lavaggio temporizzato ed articolato in cinque fasi:

- lavaggio in controcorrente con acqua demineralizzata;*
- lavaggio acido con soluzione di acido cloridrico (HCl) al 7%;*
- lavaggio di spostamento con acqua demineralizzata;*
- lavaggio basico con soluzione di soda (NaOH) al 5%;*
- lavaggio finale con acqua demineralizzata.*

Le acque di lavaggio, provenienti sia dallo scambio ionico che dal trattamento di addolcimento, descritto più avanti, vengono raccolte nella vasca di accumulo lavaggi, nella quale è previsto un dosaggio di soluzione di soda per la neutralizzazione, e sono in seguito inviate alla sezione di trattamento fanghi.

Nella vasca di accumulo lavaggi vengono monitorati il livello ed il pH della soluzione, viene inoltre misurata la portata inviata al trattamento fanghi.

Si prevede di recuperare la soluzione acida dell'ultima fase del lavaggio, quindi più "pulita", ed inviarla ad una serbatoio di accumulo per poi reimmetterla nella sezione di acidificazione; allo stesso modo la soluzione di lavaggio basica dell'ultima fase del lavaggio verrà ricircolata all'occorrenza nella sezione di flocculazione.

Dopo il passaggio in un pozzetto di analisi, in cui vengono misurati conducibilità, pH, il flusso proveniente dalla sezione a scambio ionico viene in parte inviato direttamente allo scarico ed in parte inviato ad una vasca di sollevamento e da qui avviato ad un trattamento di addolcimento, al fine di ottenere acqua demineralizzata, la quale viene stoccata in una vasca di accumulo e poi riutilizzata per il processo, nelle fasi seguenti:

- dissoluzione del polielettrolita per la flocculazione;*
- lavaggio delle filtropresse (sezione di disidratazione dei fanghi);*
- lavaggio delle resine a scambio ionico e preparazione delle soluzioni diluite di HCl e NaOH.*

I fanghi estratti dalla sezione di sedimentazione ed i reflui della sezione di accumulo lavaggi sono dapprima sottoposti ad un trattamento di ispessimento, quindi vengono disidratati mediante due filtropresse, operanti in parallelo, ed inviati allo smaltimento finale.

Sia i surnatanti provenienti dall'ispessitore che i reflui in uscita dalle filtropresse vengono accumulati in una vasca di equalizzazione, dotata di misuratori di pH e livello, e vengono ricircolati in testa al trattamento, cioè alla sezione di ossidazione se questa è presente, oppure alla sezione di desolfatazione se non è prevista la fase iniziale di ossidazione.

9.4.2-IPOTESI A2

Il trattamento previsto in questo caso differisce da quello precedentemente descritto per la presenza di una preliminare sezione di trattamento delle acque acide di miniera con sistema passivo di trattamento costituito da barriera permeabile reattiva, la quale promuove la desolfatazione e la simultanea precipitazione dei metalli come solfuri, con un conseguente innalzamento del valore di pH: nel caso in esame si fa riferimento ad una barriera realizzata con compost e calcare, anche se sono possibili soluzioni alternative, come ad esempio quella che prevede la realizzazione di una barriera composta da calcare e ferro zero valente (Fe⁰).

Si prevede di realizzare due barriere reattive separate una per l'acqua in uscita dalla miniera di Campiano e l'altra per l'acqua in uscita dalla miniera Merse, in quanto è possibile attendere che l'acqua in uscita dalla miniera di Campiano possa nel tempo migliorare le sue caratteristiche fino al punto tale che con il trattamento con barriera reattiva sia tale da essere scaricato nel Ribudelli.

Per i dettagli delle caratteristiche funzionali ed operative delle barriere permeabili reattive (PRB) si rimanda allo specifico capitolo successivamente riportato.

L'acqua in uscita da questo trattamento attraversa un pozzetto di analisi, in cui vengono misurati pH, temperatura, conducibilità e concentrazione dei solfati.

In base alla bontà delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque trattate dalla barriera si può optare per lo scarico diretto nel corpo recettore oppure all'invio delle stesse all'impianto di trattamento a valle, identico nelle sezioni a quello descritto nella precedente ipotesi di progetto, ma di taglia più contenuta per il minor carico inquinante in ingresso, in questo caso il trattamento chimico fisico costituisce comunque una sicurezza da attivare ove necessario ed in relazione alle caratteristiche delle acque che saranno ottenute dopo il trattamento con le barriere reattive.

9.4.3-IPOTESI B1

Tale ipotesi progettuale prevede il recupero ed il riutilizzo dell'idrossido ferrico e del solfato di bario prodotti. La sezione di ossidazione del ferro, uguale a quella vista in precedenza, è seguita da una fase di sedimentazione per la precipitazione del idrossido ferrico; il precipitato, inviato alla sezione di ispessimento per diminuirne il tenore di acqua nel solido, è avviato ad una filtrazione realizzata mediante filtro a tamburo sottovuoto, nella quale il solido forma un pannello filtrante, il quale viene lavato con acqua demineralizzata per sostituire le acque madri contenenti i metalli con acqua pulita ed elevarne così il grado di purezza.

Il materiale risultante dalla filtrazione, costituito essenzialmente da $\text{Fe}(\text{OH})_3$ è quindi destinato al riutilizzo; i fluidi risultanti dalle operazioni di sedimentazione, ispessimento e filtrazione sono immessi in una vasca di sollevamento e sottoposti ai trattamenti successivi, di seguito descritti, oppure inviati direttamente alla sezione di precipitazione metalli, di cui si parla più avanti.

Successivamente le acque contenenti ancora i metalli pesanti sono avviate alla sezione di filtrazione su quarzite e carboni attivi e alla sezione di scambio ionico, dalla quale esce un'acqua contenente per lo più solfati; le acque di lavaggio provenienti dalla sezione di filtrazione e scambio ionico contenenti metalli pesanti, sono convogliate alla sezione di precipitazione metalli.

L'acqua passa quindi alla sezione di desolfatazione, analoga a quella vista nella precedente ipotesi progettuale, nella quale sono dosati idrossido di bario ($\text{Ba}(\text{OH})_2$) per la precipitazione dei solfati presenti in soluzione, acido cloridrico (HCl) per la correzione del pH e polielettrolita anionico per favorire la precipitazione; due vasche di sedimentazione in parallelo consentono la precipitazione del solfato di bario.

Il materiale sedimentato viene filtrato con un filtro a tamburo sottovuoto per ottenere solfato di bario da destinare al riutilizzo, mentre il liquido filtrato viene immesso in una vasca di equalizzazione e rilanciato in testa alla sezione di desolfatazione.

Le acque chiarificate uscenti dalle vasche di sedimentazione giungono alla sezione di acidificazione, nella quale eventualmente si corregge il pH mediante l'aggiunta di una soluzione di acido cloridrico.

Successivamente una sezione di sollevamento permette di rilanciare le acque verso una ulteriore sezione di filtrazione e di scambio ionico di affinazione. Le acque di lavaggio di questa sezione a scambio ionico seguono lo stesso percorso già visto e vengono convogliate alla sezione di precipitazione dei metalli.

Per questa seconda sezione a scambio ionico si prevede di recuperare la soluzione acida dell'ultima fase del lavaggio, quindi più "pulita", ed inviarla ad una vasca di accumulo per poi reimmetterla nella sezione di acidificazione; la soluzione di lavaggio basica sarà invece interamente inviata alla sezione di precipitazione dei metalli.

Dopo il passaggio in un pozzetto di analisi, in cui vengono misurati pH, temperatura, conducibilità, e concentrazione di solfati, il flusso proveniente dalla sezione a scambio ionico viene in parte inviato direttamente allo scarico ed in parte inviato ad una vasca di sollevamento e da qui avviato ad un trattamento ad osmosi inversa, al fine di ottenere acqua demineralizzata, la quale viene stoccata in una vasca di accumulo e poi riutilizzata per il processo, nelle fasi seguenti:

- dissoluzione del polielettrolita per la flocculazione, nelle sezioni di ossidazione e di precipitazione dei metalli;
- lavaggio dei filtri a tamburo per il recupero del ferro e del solfato di bario;

- lavaggio delle due sezioni con resine a scambio ionico, sia da sola che addizionata di HCl o NaOH.
- lavaggio delle filtropresse (sezione di disidratazione dei fanghi);
Il materiale filtrato risultante dal processo di filtrazione ad osmosi inversa viene inviato alla sezione di precipitazione dei metalli.
La sezione di precipitazione dei metalli come accennato in precedenza raccoglie i flussi provenienti da:
 - sedimentazione, ispessimento e filtrazione per il recupero del ferro;
 - lavaggio delle resine a scambio ionico (entrambe le sezioni);
 - lavaggio dei filtri ad osmosi inversa.

La precipitazione avviene in una vasca in cui vengono aggiunti soda ed una soluzione di polielettrolita, dopodiché il liquido viene fatto sedimentare in un'apposita vasca di decantazione; l'acqua chiarificata viene reimpressa nella sezione di acidificazione che precede il secondo trattamento a scambio ionico, mentre il sedimentato viene sottoposto a trattamenti di ispessimento e disidratazione, ed il fango ottenuto viene inviato in discarica. I reflui provenienti dalla disidratazione e dall'ispessimento sono raccolti in una vasca di equalizzazione e ricircolati nella vasca di reazione per la precipitazione dei metalli.

9.4.4-IPOTESI B1BIS

Diversamente dall'ipotesi precedente in questa si procede con la precipitazione dei metalli pesanti successivamente alla sezione di ossidazione del ferro e prima della sezione di desolfatazione: rispetto al caso precedente cambia la metodologia di intercettazione dei metalli pesanti, in quanto prima era effettuato mediante filtrazione su resine a scambio ionico.

La precipitazione dei metalli avviene in una vasca nella quale sono aggiunti soda ed una soluzione di polielettrolita, dopodiché il liquido viene fatto sedimentare in due vasche in parallelo; l'acqua chiarificata è sottoposta alle successive fasi di trattamento (recupero del solfato di bario come nell'ipotesi precedente e affinazione dello scarico mediante filtrazione e scambio ionico), mentre il sedimentato è inviato a trattamenti di ispessimento e disidratazione prima del definitivo smaltimento.

9.4.5-IPOTESI B2

Tale ipotesi progettuale risulta uguale alla ipotesi B1 ad eccezione dell'ubicazione della sezione ad osmosi inversa, per la quale se ne prevede il funzionamento sull'intera portata di progetto in ingresso all'impianto, successivamente alla sezione di scambio ionico di intercettazione dei metalli pesanti.

Tale posizione nello schema impiantistico permette di produrre un ingente quantità di acqua da destinare al riutilizzo, ed avviare alla sezione di desolfatazione un flusso di acqua ad alta concentrazione in solfati per la produzione di solfato di bario.

9.4.6-IPOTESI C

In questa ultima ipotesi si intende effettuare sia un recupero del ferro presente in soluzione, sia un recupero termico all'interno del ciclo di trattamento.

L'acqua di miniera in uscita da Campiano, che ha una temperatura di circa 30° in testa al trattamento, attraversa la solita sezione di ossidazione e recupero dell'idrossido ferrico; in uscita da essa è inviata alla sezione di filtrazione e di scambio ionico per l'intercettazione dei metalli pesanti e successivamente è avviata alla sezione ad osmosi inversa per la produzione di acqua da riutilizzo.

Le acque di lavaggio delle resine e le acque saline uscenti dall'osmosi inversa sono convogliate in una vasca di accumulo e da qui avviate verso una sezione di concentrazione con compressione meccanica del vapore, previo aumento di temperatura attraverso lo scambio di calore con l'acqua calda uscente dalla miniera.

L'acqua riscaldata giunge ad un reboiler ed entra nel concentratore, nel quale vaporizza in parte a causa della propria temperatura e del grado di vuoto all'interno di tale apparecchiatura: il vapore prodotto è sottoposto a compressione meccanica per aumentarne la temperatura, per poter essere utilizzato come fluido caldo del reboiler.

Il liquido concentrato è avviato al cristallizzatore: al suo ingresso in tale apparecchiatura esso vaporizza ulteriormente data la più bassa pressione presente. Il vapore prodotto è avviato al condensatore di testa, mentre il liquido contenente i cristalli procede verso una centrifuga per la separazione solido-liquido.

9.4.7-SCELTA DEL SISTEMA DI TRATTAMENTO

Sulle basi delle ipotesi progettuali si è provveduto alla quantificazione economica preliminare degli interventi nonché ad una prima valutazione dei costi gestionali i quali sono riportati di seguito, rilevando come la soluzione che più esalta l'utilizzo della risorsa idrica, una volta resa idonea per l'utilizzo industriale è l'ipotesi C, che tuttavia presenta un costo impiantistico elevato stimato in circa 7,4 M€, nonché nella necessità di realizzare idonei sistemi di distribuzione dell'acqua agli utilizzatori che non sono prossimi all'impianto di trattamento.

Le ipotesi di tipo B, più interessanti determinano costi impiantistici comunque elevati a fronte di un recupero economico sostanzialmente associato al solfato di bario e per talune di esse anche di avviare acqua al riutilizzo.

Le ipotesi del tipo A sono quelle che ad oggi sembrano le più praticabili, in particolare l'ipotesi A2 sulla quale l'elemento chiave è la barriera reattiva permeabile, infatti una buona resa della stessa permette di abbattere sensibilmente (si ipotizza almeno un 50%) i solfati ed i metalli pesanti. Inoltre la separazione dei flussi idrici che caratterizzano le miniere Merse e Campiano e la loro caratterizzazione chimico fisica permette di ipotizzare che le acque della miniera Campiano potranno nel tempo essere idonee per lo scarico dopo trattamento in barriera reattiva.

L'impianto chimico fisico viene comunque previsto per far fronte alle peggiori situazioni possibili, portata media 10 l/s con caratteristiche tipiche del drenaggio acido, come se i trattamenti passivi posti a monte fossero fuori esercizio, tale tipo di approccio, di fatto sovradimensiona la componente impiantistica che costituisce comunque elemento di sicurezza; tuttavia i costi impiantistici sono nel caso in questione di importanza secondaria rispetto ai costi gestionali.

Le ipotesi di ottenere un abbattimento degli inquinanti del 50% nelle barriere reattive si presenta cautelativo rispetto alle effettive possibilità delle stesse secondo quanto reperibile in letteratura in situazioni analoghe, e pertanto è da attendersi che i costi gestionali preventivati siano ancora inferiori.

IPOTESI IMPIANTISTICA A1 - COSTI GESTIONALI

CHEMICALS

Quantitativi consumati

Acqua ossigenata 35%	520,4kg/d
Soluzione di soda 30% per controllo pH	49,8kg/d
Polielettrolita cationico	5,2kg/d
Idrossido di bario ottoidrato	6526,7kg/d
Acido cloridrico 30% per controllo pH	1886,1kg/d
Polielettrolita anionico	17,3kg/d
Soluzione di soda 30% per resine	1024,0kg/d
Acido cloridrico 30% per resine	1792,0kg/d

Costi unitari chemicals

Acqua ossigenata 35%	€ 0,28€/kg
Soluzione di soda 30%	€ 0,098€/kg
Polielettrolita cationico	€ 2,52€/kg
Idrossido di bario ottoidrato	€ 0,60€/kg
Acido cloridrico 30%	€ 0,004€/kg
Polielettrolita anionico	€ 2,52€/kg

Costi totali

Acqua ossigenata 35%	€ 145,71€/d
Soluzione di soda 30%	€ 105,23€/d
Polielettrolita cationico	€ 13,10€/d
Idrossido di bario ottoidrato	€ 3.916,02€/d
Acido cloridrico 30%	€ 14,71€/d
Polielettrolita anionico	€ 43,60€/d
Totale	€ 4.238,38€/d

SMALTIMENTO FANGO

Quantità fango disidratato prodotto	19,8t/d
Costo di smaltimento del fango	€ 90,00€/t
Totale	€ 1.782,00€/d

ENERGIA ELETTRICA

Energia elettrica consumata giornalmente	672,6kWh/d
Costo unitario energia elettrica	€ 0,12€/kWh
Costo energia elettrica	€ 80,71€/d

TELECONTROLLO

Spesa budgetaria annua	€ 2.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per telecontrollo	€ 5,48€/d

PERSONALE

Costo giornaliero operatore	€ 175,00€/d
Numero operatori	2
Costo giornaliero totale	€ 350,00€/d

ATTIVITA' DI MANUTENZIONE ORDINARIA

Quota budgetaria annua	€ 50.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per manutenzione ordinaria	€ 136,99€/d

ATTIVITA' DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA

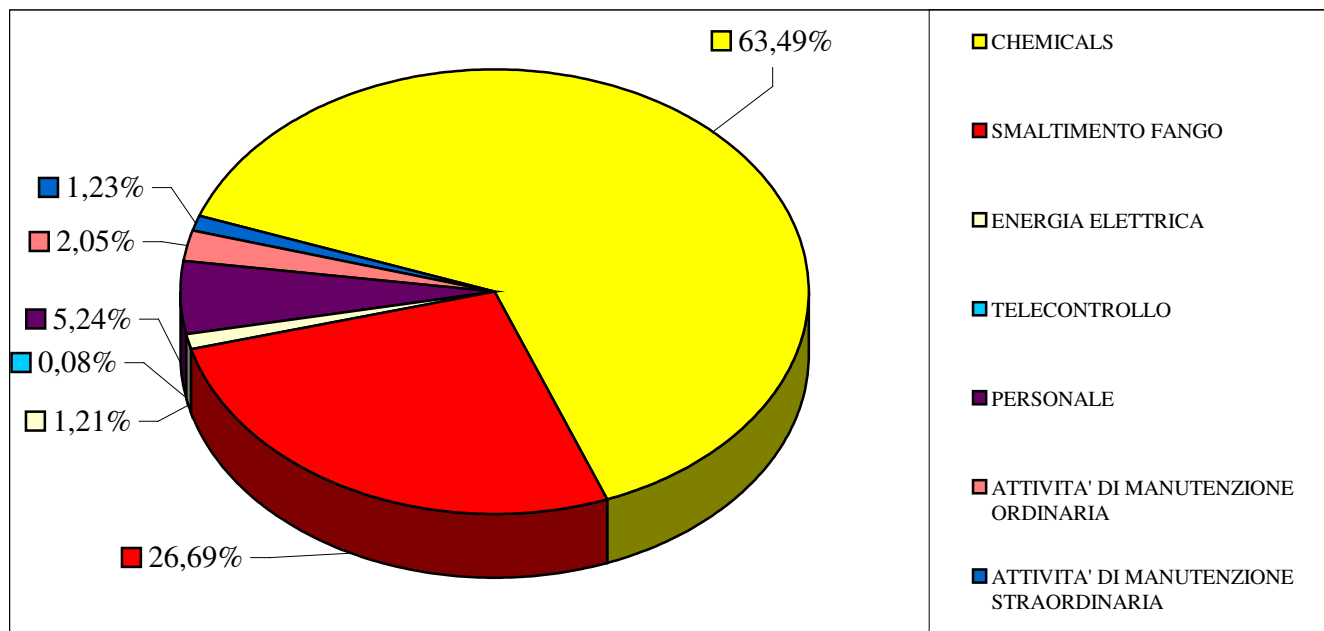
Quota budgetaria annua	€ 30.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per manutenzione ordinaria	€ 82,19€/d

RIEPILOGO COSTI GESTIONALI

CHEMICALS	€ 4.238,38€/d
SMALTIMENTO FANGO	1782,00€/d
ENERGIA ELETTRICA	€ 80,71€/d
TELECONTROLLO	€ 5,48€/d
PERSONALE	€ 350,00€/d
ATTIVITA' DI MANUTENZIONE ORDINARIA	€ 136,99€/d
ATTIVITA' DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA	€ 82,19€/d
TOTALE	€ 6.675,75€/d
	€ 200.272,39€/mese
	€ 2.436.647,41€/anno

COSTO TRATTAMENTO

Portata acqua in ingresso al trattamento	10l/s	864m ³ /d
Costo trattamento	€ 7,73€/m ³	

**IPOTESI IMPIANTISTICA A2 - COSTI GESTIONALI****CHEMICALS****Quantitativi consumati**

Acqua ossigenata 35%	260,2kg/d
----------------------	-----------

Soluzione di soda 30% per controllo pH	24,9kg/d
Polielettrolita cationico	2,6kg/d
Idrossido di bario ottoidrato	2128,3kg/d
Acido cloridrico 30% per controllo pH	1257,4kg/d
Polielettrolita anionico	8,6kg/d
Soluzione di soda 30% per resine	1024,0kg/d
Acido cloridrico 30% per resine	1792,0kg/d

Costi unitari chemicals

Acqua ossigenata 35%	€ 0,28€/kg
Soluzione di soda 30%	€ 0,098€/kg
Polielettrolita cationico	€ 2,52€/kg
Idrossido di bario ottoidrato	€ 0,60€/kg
Acido cloridrico 30%	€ 0,004€/kg
Polielettrolita anionico	€ 2,52€/kg

Costi totali

Acqua ossigenata 35%	€ 72,86€/d
Soluzione di soda 30%	€ 102,79€/d
Polielettrolita cationico	€ 6,55€/d
Idrossido di bario ottoidrato	€ 1.276,98€/d
Acido cloridrico 30%	€ 12,20€/d
Polielettrolita anionico	€ 21,67€/d
Totale	€ 1.493,05€/d

SMALTIMENTO FANGO

Quantità fango disidratato prodotto	7,0t/d
Costo di smaltimento del fango	€ 90,00€/t
Totale	€ 630,00€/d

ENERGIA ELETTRICA

Energia elettrica consumata giornalmente	672,6kWh/d
Costo unitario energia elettrica	€ 0,12€/kWh
Costo energia elettrica	€ 80,71€/d

TELECONTROLLO

Spesa budgettaria annua	€ 2.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per telecontrollo	€ 5,48€/d

PERSONALE

Costo giornaliero operatore	€ 175,00€/d
Numero operatori	2
Costo giornaliero totale	€ 350,00€/d

ATTIVITA' DI MANUTENZIONE ORDINARIA

Quota budgettaria annua	€ 50.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per manutenzione ordinaria	€ 136,99€/d

ATTIVITA' DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA

Quota budgettaria annua	€ 30.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per manutenzione ordinaria	€ 82,19€/d

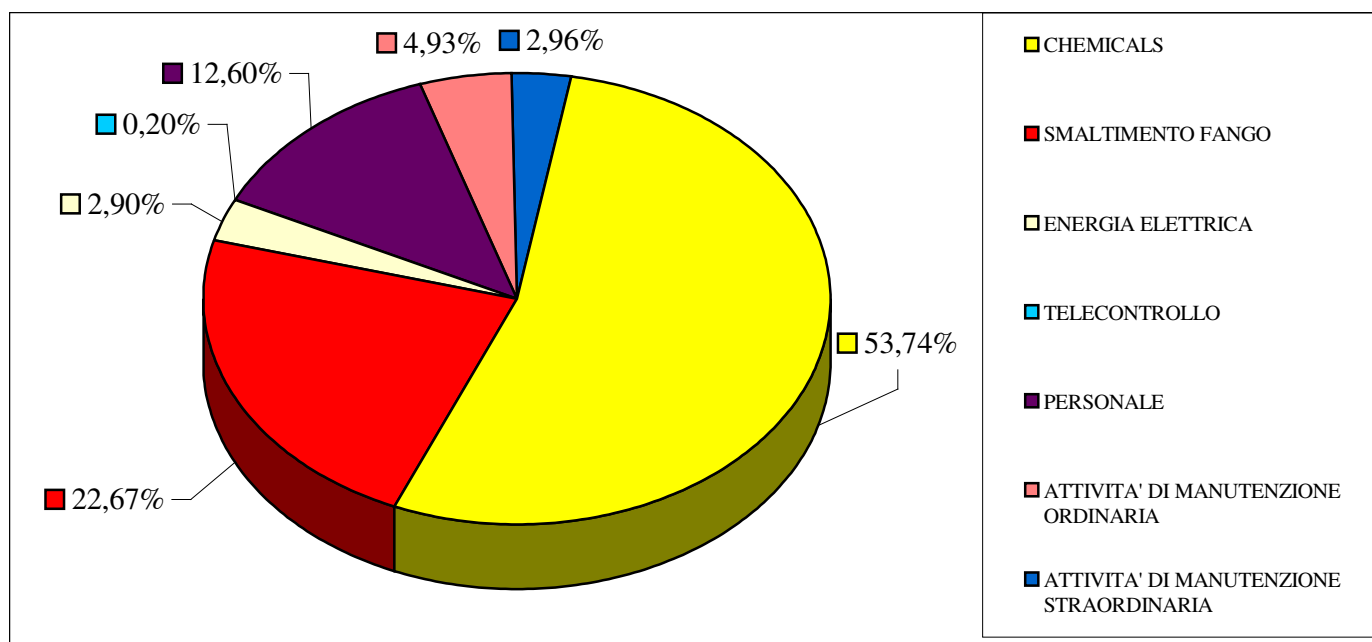
RIEPILOGO COSTI GESTIONALI

CHEMICALS	€ 1.493,05€/d
SMALTIMENTO FANGO	630€/d
ENERGIA ELETTRICA	€ 80,71€/d
TELECONTROLLO	€ 5,48€/d
PERSONALE	€ 350,00€/d
ATTIVITA' DI MANUTENZIONE ORDINARIA	€ 136,99€/d
ATTIVITA' DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA	€ 82,19€/d
TOTALE	€ 2.778,42€/d
	€ 83.352,58€/mese
	€ 1.014.123,06€/anno

COSTO TRATTAMENTO

Portata acqua in ingresso al trattamento	10l/s	864m ³ /d
Costo trattamento	€ 3,22€/m ³	

Si è ipotizzato di utilizzare solamente idrossido di bario, tale ipotesi è cautelativa in quanto utilizzando anche la calce (ed in alternativa la soda) si hanno dei costi inferiori visti complessivamente tra i risparmi conseguibili sui chemicals e sugli smaltimenti dei fanghi.

**IPOTESI IMPIANTISTICA B1 - COSTI GESTIONALI****CHEMICALS****Quantitativi consumati**

Acqua ossigenata 35%	520,4kg/d
Soluzione di soda 30% per controllo pH	49,8kg/d
Polielettrolita cationico	5,2kg/d
Soluzione di soda 30% per precipitazione metalli	1243,2kg/d
Idrossido di bario ottoidrato	8796,9kg/d
Acido cloridrico 30% per controllo pH	2514,8kg/d
Polielettrolita anionico	17,3kg/d
Soluzione di soda 30% per resine	2048,0kg/d

Acido cloridrico 30% per resine	3548,0kg/d
---------------------------------	------------

Costi unitari chemicals

Acqua ossigenata 35%	€ 0,28€/kg
Soluzione di soda 30%	€ 0,098€/kg
Polielettrolita cationico	€ 2,52€/kg
Idrossido di bario ottoidrato	€ 1,00€/kg
Acido cloridrico 30%	€ 0,004€/kg
Polielettrolita anionico	€ 2,52€/kg

Costi totali

Acqua ossigenata 35%	€ 145,71€/d
Soluzione di soda 30%	€ 327,42€/d
Polielettrolita cationico	€ 13,10€/d
Idrossido di bario ottoidrato	€ 8.796,90€/d
Acido cloridrico 30%	€ 24,25€/d
Polielettrolita anionico	€ 43,60€/d
Totale	€ 9.350,98€/d

SMALTIMENTO FANGO

Quantità fango disidratato prodotto	1,34t/d
Costo di smaltimento del fango	€ 90,00€/t
Totale	€ 120,60€/d

ENERGIA ELETTRICA

Energia elettrica consumata giornalmente	896,0kWh/d
Costo unitario energia elettrica	€ 0,12€/kWh
Costo energia elettrica	€ 107,52€/d

TELECONTROLLO

Spesa budgettaria annua	€ 2.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per telecontrollo	€ 5,48€/d

PERSONALE

Costo giornaliero operatore	€ 175,00€/d
Numero operatori	2
Costo giornaliero totale	€ 350,00€/d

ATTIVITA' DI MANUTENZIONE ORDINARIA

Quota budgettaria annua	€ 40.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per manutenzione ordinaria	€ 109,59€/d

ATTIVITA' DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA

Quota budgettaria annua	€ 50.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per manutenzione ordinaria	€ 136,99€/d

RIEPILOGO COSTI GESTIONALI

CHEMICALS	€ 9.350,98€/d
SMALTIMENTO FANGO	120,6€/d
ENERGIA ELETTRICA	€ 107,52€/d
TELECONTROLLO	€ 5,48€/d
PERSONALE	€ 350,00€/d

ATTIVITA' DI MANUTENZIONE ORDINARIA	€ 109,59€/d
ATTIVITA' DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA	€ 136,99€/d
TOTALE	€ 10.181,16€/d
	€ 305.434,68€/mese
	€ 3.716.121,94€/anno

RICAVO PRODUZIONE IDROSSIDO FERRICO

Produzione giornaliera di idrossido ferrico al 65% in secco	707,1 kg/d
Quota corrisposta dalla vendita di idrossido ferrico	€ 0,10 €/kg
Ricavo giornaliero per la produzione di idrossido ferrico	70,71€/d

RICAVO PRODUZIONE SOLFATO DI BARIO

Produzione giornaliera di solfato di bario al 70% in secco	9323,4 kg/d
Quota corrisposta dalla vendita di solfato di bario	€ 0,50 €/kg
Ricavo giornaliero per la produzione di solfato di bario	4661,7€/d

RICAVO TOTALE

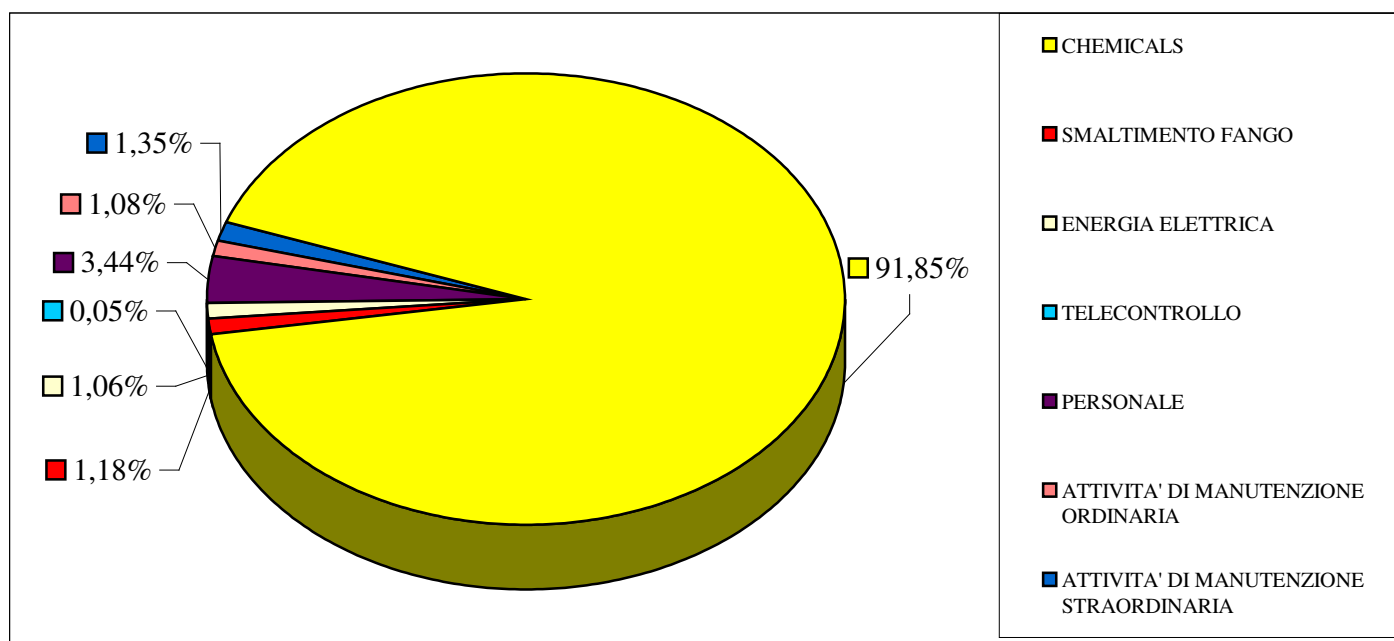
giornaliero	4732,41€/d
mensile	141972,30€/mese
annuale	1727329,65€/anno

UTILE TOTALE

giornaliero	-5448,75€/d
mensile	-163462,38€/mese
annuale	-1988792,29€/anno

COSTO TRATTAMENTO

Portata acqua in ingresso al trattamento	10l/s	864m ³ /d
Costo trattamento (compreso ricavi)	€ 6,31€/m ³	
Costo trattamento (escluso ricavi)	€ 11,78€/m ³	

**IPOTESI IMPIANTISTICA B1bis - COSTI GESTIONALI**

CHEMICALS***Quantitativi consumati***

Acqua ossigenata 35%	520,4 kg/d
Soluzione di soda 30% per controllo pH	49,8 kg/d
Polielettrolita cationico	5,2 kg/d
Soluzione di soda 30% per precipitazione metalli	1243,2 kg/d
Idrossido di bario ottoidrato	8796,9 kg/d
Acido cloridrico 30% per controllo pH	2514,8 kg/d
Polielettrolita anionico	17,3 kg/d
Soluzione di soda 30% per resine	1024,0 kg/d
Acido cloridrico 30% per resine	1792,0 kg/d

Costi unitari chemicals

Acqua ossigenata 35%	€ 0,28€/kg
Soluzione di soda 30%	€ 0,098€/kg
Polielettrolita cationico	€ 2,52€/kg
Idrossido di bario ottoidrato	€ 1,00€/kg
Acido cloridrico 30%	€ 0,004€/kg
Polielettrolita anionico	€ 2,52€/kg

Costi totali

Acqua ossigenata 35%	€ 145,71€/d
Soluzione di soda 30%	€ 227,07€/d
Polielettrolita cationico	€ 13,10€/d
Idrossido di bario ottoidrato	€ 8.796,90€/d
Acido cloridrico 30%	€ 17,23€/d
Polielettrolita anionico	€ 43,60€/d
Totale	€ 9.243,61€/d

SMALTIMENTO FANGO

Quantità fango disidratato prodotto	1,34 t/d
Costo di smaltimento del fango	€ 90,00€/t
Totale	€ 120,60€/d

ENERGIA ELETTRICA

Energia elettrica consumata giornalmente	896,0 kWh/d
Costo unitario energia elettrica	€ 0,12€/kWh
Costo energia elettrica	€ 107,52€/d

TELECONTROLLO

Spesa budgettaria annua	€ 2.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per telecontrollo	€ 5,48€/d

PERSONALE

Costo giornaliero operatore	€ 175,00€/d
Numero operatori	3
Costo giornaliero totale	€ 525,00€/d

ATTIVITA' DI MANUTENZIONE ORDINARIA

Quota budgettaria annua	€ 80.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per manutenzione ordinaria	€ 219,18€/d

ATTIVITA' DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA

Quota budgettaria annua	€ 50.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per manutenzione ordinaria	€ 136,99€/d

RIEPILOGO COSTI GESTIONALI

CHEMICALS	€ 9.243,61€/d
SMALTIMENTO FANGO	120,6€/d
ENERGIA ELETTRICA	€ 107,52€/d
TELECONTROLLO	€ 5,48€/d
PERSONALE	€ 525,00€/d
ATTIVITA' DI MANUTENZIONE ORDINARIA	€ 219,18€/d
ATTIVITA' DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA	€ 136,99€/d
TOTALE	€ 10.358,37€/d
	€ 310.751,07€/mese
	€ 3.780.804,70€/anno

RICAVO PRODUZIONE IDROSSIDO FERRICO

Produzione giornaliera di idrossido ferrico al 65% in secco	707,1 kg/d
Quota corrisposta dalla vendita di idrossido ferrico	€ 0,10 €/kg
Ricavo giornaliero per la produzione di idrossido ferrico	70,71 €/d

RICAVO PRODUZIONE SOLFATO DI BARIO

Produzione giornaliera di solfato di bario al 70% in secco	9323,4 kg/d
Quota corrisposta dalla vendita di solfato di bario	€ 0,50 €/kg
Ricavo giornaliero per la produzione di solfato di bario	4661,7 €/d

RICAVO TOTALE (*)

giornaliero	4732,41 €/d
mensile	141972,30 €/mese
annuale	1727329,65 €/anno

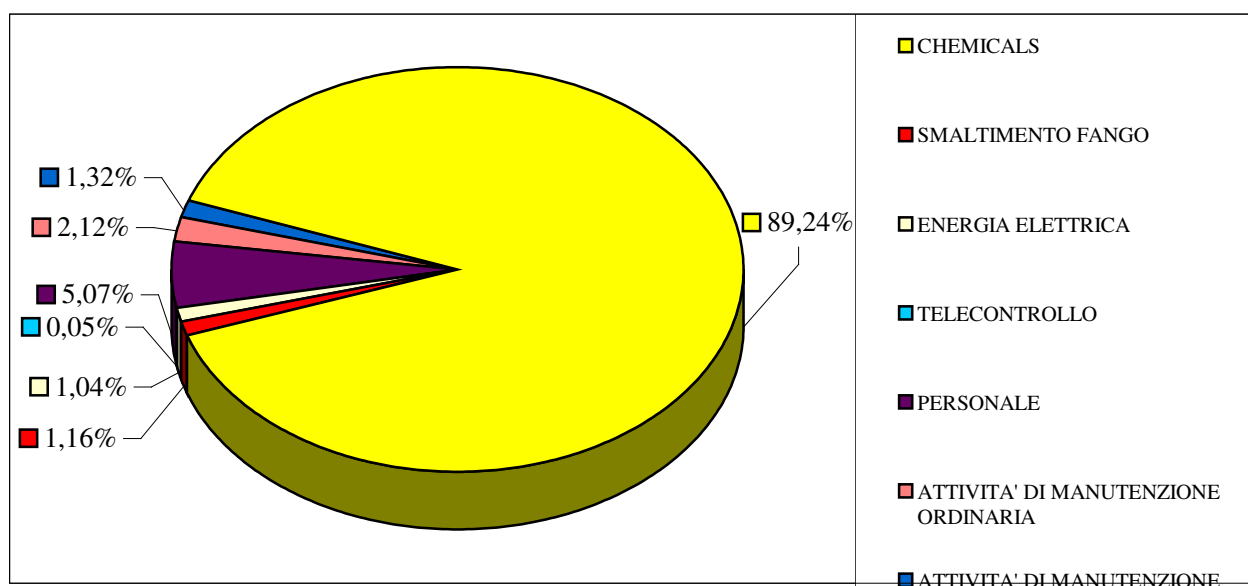
UTILE TOTALE

giornaliero	-5625,96 €/d
mensile	-168778,77 €/mese
annuale	-2053475,05 €/anno

COSTO TRATTAMENTO

Portata acqua in ingresso al trattamento	10l/s	864m ³ /d
Costo trattamento (compreso ricavi)	€ 6,51€/m ³	
Costo trattamento (escluso ricavi)	€ 11,99€/m ³	

(*) Non è quantificato il ricavo derivante dalla vendita dell'acqua di riutilizzo.



IPOTESI IMPIANTISTICA B2 - COSTI GESTIONALI

CHEMICALS

Quantitativi consumati

Acqua ossigenata 35%	520,4kg/d
Soluzione di soda 30% per controllo pH	49,8kg/d
Polielettrolita cationico	5,2kg/d
Soluzione di soda 30% per precipitazione metalli	1243,7kg/d
Idrossido di bario ottoidrato	8796,9kg/d
Acido cloridrico 30% per controllo pH	503,0kg/d
Polielettrolita anionico	3,5kg/d
Soluzione di soda 30% per resine	2048,0kg/d
Acido cloridrico 30% per resine	3584,0kg/d

Costi unitari chemicals

Acqua ossigenata 35%	€ 0,28€/kg
Soluzione di soda 30%	€ 0,098€/kg
Polielettrolita cationico	€ 2,52€/kg
Idrossido di bario ottoidrato	€ 1,00€/kg
Acido cloridrico 30%	€ 0,004€/kg
Polielettrolita anionico	€ 2,52€/kg

Costi totali

Acqua ossigenata 35%	€ 145,71€/d
Soluzione di soda 30%	€ 327,47€/d
Polielettrolita cationico	€ 13,10€/d
Idrossido di bario ottoidrato	€ 8.796,90€/d
Acido cloridrico 30%	€ 16,35€/d
Polielettrolita anionico	€ 8,82€/d
Totale	€ 9.308,35€/d

SMALTIMENTO FANGO

Quantità fango disidratato prodotto	1,34t/d
Costo di smaltimento del fango	€ 90,00€/t
Totale	€ 120,60€/d

ENERGIA ELETTRICA

Energia elettrica consumata giornalmente	896,0kWh/d
Costo unitario energia elettrica	€ 0,12€/kWh
Costo energia elettrica	€ 107,52€/d

TELECONTROLLO

Spesa budgettaria annua	€ 2.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per telecontrollo	€ 5,48€/d

PERSONALE

Costo giornaliero operatore	€ 175,00€/d
Numero operatori	3
Costo giornaliero totale	€ 525,00€/d

ATTIVITA' DI MANUTENZIONE ORDINARIA

Quota budgettaria annua	€ 80.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per manutenzione ordinaria	€ 219,18€/d

ATTIVITA' DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA

Quota budgettaria annua	€ 50.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per manutenzione ordinaria	€ 136,99€/d

RIEPILOGO COSTI GESTIONALI

CHEMICALS	€ 9.308,35€/d
SMALTIMENTO FANGO	120,6€/d
ENERGIA ELETTRICA	€ 107,52€/d
TELECONTROLLO	€ 5,48€/d
PERSONALE	€ 525,00€/d
ATTIVITA' DI MANUTENZIONE ORDINARIA	€ 219,18€/d
ATTIVITA' DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA	€ 136,99€/d
TOTALE	€ 10.423,11€/d
	€ 312.693,45€/mese
	€ 3.804.436,92€/anno

RICAVO PRODUZIONE IDROSSIDO FERRICO

Produzione giornaliera di idrossido ferrico al 65% in secco	707,1kg/d
Quota corrisposta dalla vendita di idrossido ferrico	€ 0,10 €/kg
Ricavo giornaliero per la produzione di idrossido ferrico	70,71€/d

RICAVO PRODUZIONE SOLFATO DI BARIO

Produzione giornaliera di solfato di bario al 70% in secco	9303,6kg/d
Quota corrisposta dalla vendita di solfato di bario	€ 0,50 €/kg
Ricavo giornaliero per la produzione di solfato di bario	4651,8€/d

RICAVO TOTALE (*)

giornaliero	4722,51€/d
mensile	141675,30€/mese
annuale	1723716,15€/anno

UTILE TOTALE

giornaliero	-5700,60€/d
mensile	-171018,15€/mese
annuale	-2080720,77€/anno

COSTO TRATTAMENTO

Portata acqua in ingresso al trattamento

10l/s

864m³/d

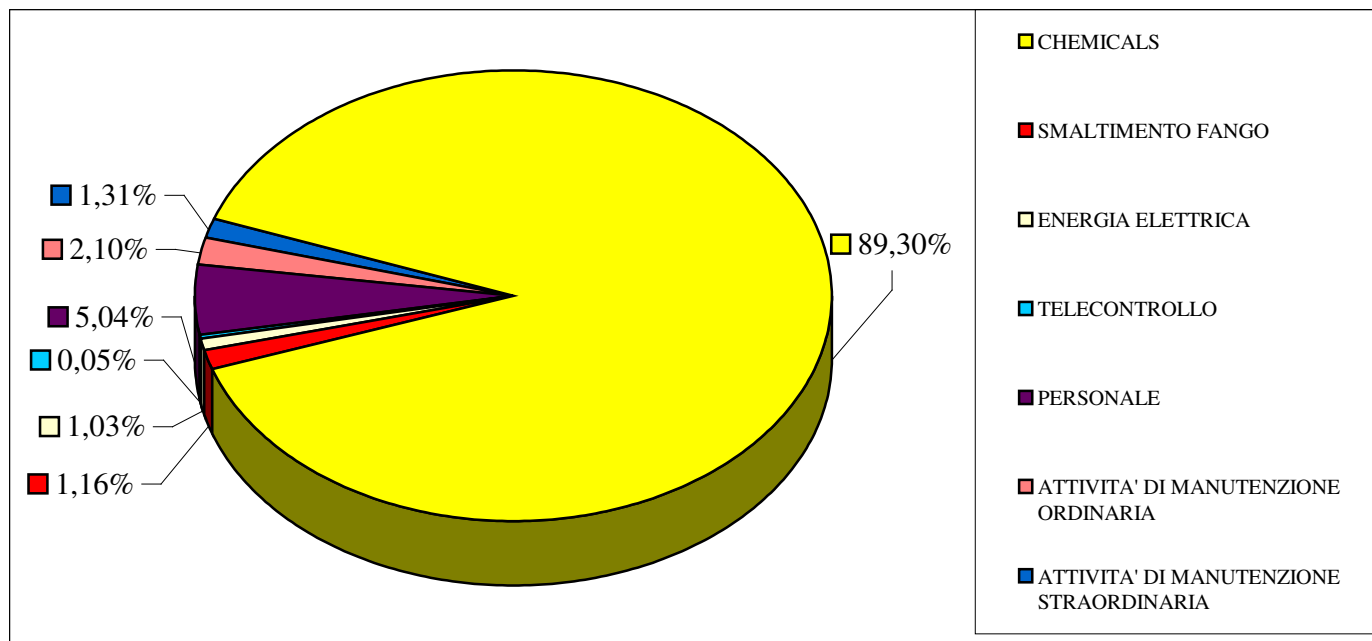
Costo trattamento (compreso ricavi)

€ 6,60€/m³

Costo trattamento (escluso ricavi)

€ 12,06€/m³

(*) Non è quantificato il ricavo derivante dalla vendita dell'acqua di riutilizzo.

**IPOTESI IMPIANTISTICA C - COSTI GESTIONALI****CHEMICALS*****Quantitativi consumati***

Acqua ossigenata 35%	520,4kg/d
Soluzione di soda 30% per controllo pH	49,8kg/d
Polielettrolita cationico	5,2kg/d
Soluzione di soda 30% per resine	1024,0kg/d
Acido cloridrico 30% per resine	1792,0kg/d

Costi unitari chemicals

Acqua ossigenata 35%	€ 0,28€/kg
Soluzione di soda 30%	€ 0,098€/kg
Polielettrolita cationico	€ 2,52€/kg
Acido cloridrico 30%	€ 0,004€/kg

Costi totali

Acqua ossigenata 35%	€ 145,71€/d
Soluzione di soda 30%	€ 105,23€/d
Polielettrolita cationico	€ 13,10€/d
Acido cloridrico 30%	€ 7,17€/d
Totale	€ 271,22€/d

SMALTIMENTO FANGO

Quantità fango disidratato prodotto

1 t/d

Costo di smaltimento del fango	€ 90,00€/t
Totale	€ 90,00€/d

ENERGIA ELETTRICA

Energia elettrica consumata giornalmente	3676,2kWh/d
Costo unitario energia elettrica	€ 0,12€/kWh
Costo energia elettrica	€ 441,14€/d

TELECONTROLLO

Spesa budgettaria annua	€ 2.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per telecontrollo	€ 5,48€/d

PERSONALE

Costo giornaliero operatore	€ 175,00€/d
Numero operatori	3
Costo giornaliero totale	€ 525,00€/d

ATTIVITA' DI MANUTENZIONE ORDINARIA

Quota budgettaria annua	€ 80.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per manutenzione ordinaria	€ 219,18€/d

ATTIVITA' DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA

Quota budgettaria annua	€ 50.000,00€/anno
Giorni lavorativi	365
Costo giornaliero per manutenzione ordinaria	€ 136,99€/d

RIEPILOGO COSTI GESTIONALI

CHEMICALS	€ 271,22€/d
SMALTIMENTO FANGO	90€/d
ENERGIA ELETTRICA	€ 441,14€/d
TELECONTROLLO	€ 5,48€/d
PERSONALE	€ 525,00€/d
ATTIVITA' DI MANUTENZIONE ORDINARIA	€ 219,18€/d
ATTIVITA' DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA	€ 136,99€/d
TOTALE	€ 1.689,00€/d
	€ 50.670,13€/mese
	€ 616.486,55€/anno

RICAVO PRODUZIONE IDROSSIDO FERRICO

Produzione giornaliera di idrossido ferrico al 65% in secco	707,1 kg/d
Quota corrisposta dalla vendita di idrossido ferrico	€ 0,10 €/kg
Ricavo giornaliero per la produzione di idrossido ferrico	70,71€/d

RICAVO TOTALE (*)

giornaliero	70,71€/d
mensile	2121,30€/mese
annuale	25809,15€/anno

UTILE TOTALE

giornaliero	-1618,29€/d
mensile	-48548,83€/mese
annuale	-590677,40€/anno

COSTO TRATTAMENTO

Portata acqua in ingresso al trattamento

10l/s

864m³/d

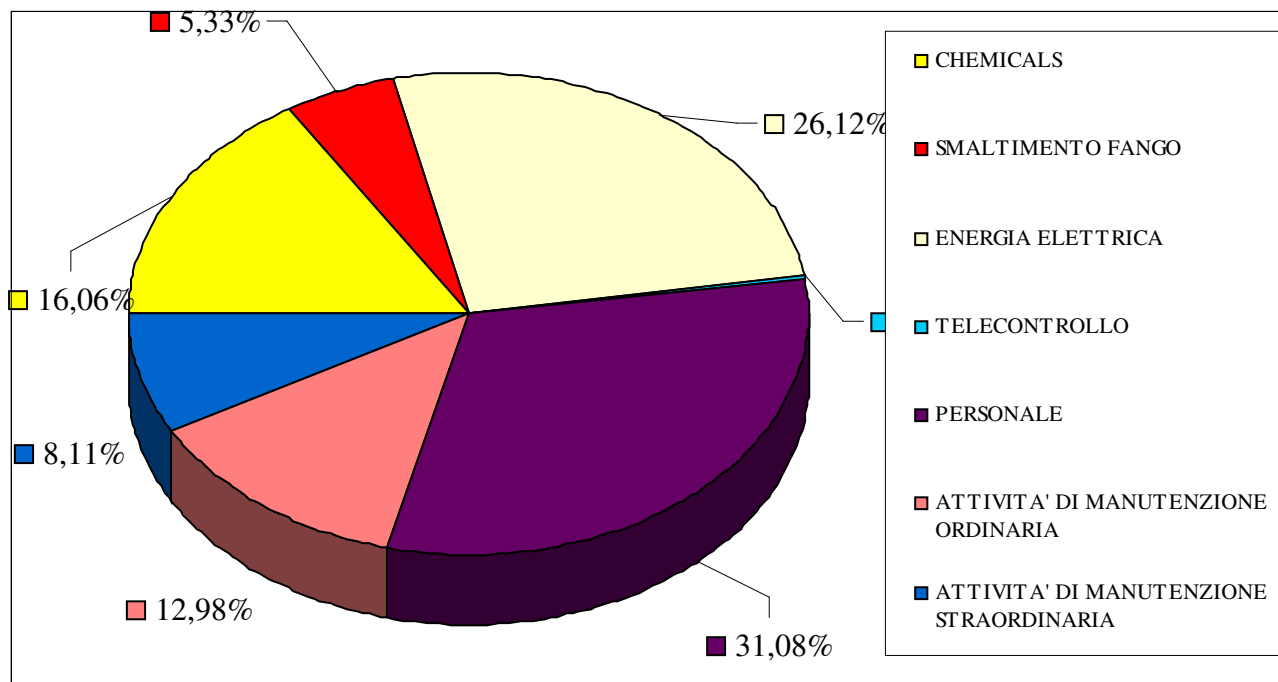
Costo trattamento (compreso ricavi)

€ 1,87€/m³

Costo trattamento (escluso ricavi)

€ 1,95€/m³

(*) Non è quantificato il ricavo derivante dalla vendita dell'acqua di riutilizzo.



9.5-SPERIMENTAZIONE E PROVE DI LABORATORIO

Al fine di caratterizzare le principali reazioni chimiche coinvolte nei processi evidenziati nelle ipotesi progettuali definite nel precedente capitolo, nonché di quantificare le relative rese e le velocità di reazione, sono state condotte delle prove di laboratorio su campioni del drenaggio acido in uscita dalla miniera di Campiano.

La fase iniziale ha previsto l'analisi di un campione di drenaggio acido per determinarne le caratteristiche chimico fisiche, sulle quali sono stati definiti i dosaggi dei vari reattivi. I valori più significativi evidenziati dalle analisi sono stati i seguenti:

<i>Parametro</i>	<i>Valore</i>	<i>Unità di misura</i>
<i>Conducibilità</i>	<i>3700</i>	<i>$\mu\text{S}/\text{cm}^2$</i>
<i>pH</i>	<i>3,9</i>	<i>-</i>
<i>Fe²⁺</i>	<i>510</i>	<i>mg/l</i>
<i>SO₄⁻</i>	<i>3100</i>	<i>mg/l</i>
<i>Cu</i>	<i>1,06</i>	<i>mg/l</i>
<i>Zn</i>	<i>90</i>	<i>mg/l</i>
<i>Pb</i>	<i>0,25</i>	<i>mg/l</i>

In seguito sono state condotte cinque prove, successivamente descritte, che hanno prodotto campioni denominati dalle lettere A, B, C, D ed E.

Campione A

La prima prova è stata condotta prendendo in esame un campione da un litro di drenaggio acido, al quale è stata addizionata una dose stechiometrica di acqua ossigenata (H_2O_2) al 35%, cioè 0,65 ml per promuovere l'ossidazione del Fe^{2+} a Fe^{3+} . A seguito di tale operazione il pH della soluzione è passato da 3.9 a 2.6, per effetto dell'ossidazione del ferro e per la precipitazione di quota parte di idrossido ferrico.

A tale valore di pH è stato evidenziato come solo circa 300 mg/l di ione Fe^{3+} precipitano come idrossido, mentre i rimanenti 200 mg/l rimangono in soluzione.

Per massimizzare la resa di precipitazione si sono quindi aggiunti alla soluzione 0,3 ml di soda (NaOH) 6M, portando così il pH su valori di circa 5.

Al fine di favorire la fase di flocculazione e precipitazione sono stati inoltre aggiunti 6 mg di polielettrolita cationico forte: tale dosaggio ha consentito di ottenere un solido con fiocchi più grandi e soprattutto di diminuire il tempo caratteristico di decantazione.

Il precipitato ottenuto presenta un colore rosso-arancio, non compatto: tale precipitato risulta prevalentemente costituito da $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (idrossido ferrico).

La reazione di ossidazione con acqua ossigenata ha presentato una cinetica molto lenta: tale questione viene presa in considerazione in fase di progettazione, mettendo a disposizione un volume atto a garantire un tempo minimo di ritenzione idraulica di almeno 15-20 minuti.

Campione B

Il secondo test è stato condotto prelevando un litro di surnatante derivato dalla prova effettuata precedentemente (campione A), contenente principalmente i metalli pesanti in soluzione ed i solfati; ad esso è stata addizionata la quantità stechiometrica di idrossido di bario 8-idrato ($\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), necessaria per far precipitare i solfati, e precisamente 10 g/l di $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Il pH della soluzione è notevolmente aumentato per il dosaggio di detta base forte ed è passato così a valori intorno a 12.

In seguito è stata aggiunta una dose di 20 mg di polielettrolita anionico forte per favorire l'addensamento e la coagulazione del solido.

Il precipitato ottenuto è di colore bianco, si presenta a grana fine e compatto, sedimenta con molta facilità.

L'analisi del surnatante rimanente ha dato i seguenti risultati:

<i>Parametro</i>	<i>Valore</i>	<i>Unità di misura</i>
Fe^{2+}	0,27	mg/l
<i>Cu</i>	0,06	mg/l
<i>Zn</i>	0,06	mg/l
<i>Pb</i>	n.r. ¹	mg/l

Il precipitato contiene oltre al solfato di bario anche tutti gli altri metalli precipitati come idrossidi; in particolare l'arsenico sotto forma di arseniato di bario.

A tali valori di pH l'alluminio è presente in soluzione in quanto trattasi di anfotero (precipita in un intervallo intorno a pH 8-9: per valori esterni a tale intervallo esso si presenta in soluzione).

Campione C

Anche in questa prova si è partiti da un campione di un litro di surnatante prelevato dal campione A ottenuto con il primo test: anche in questo caso è stata addizionata la quantità stechiometrica di idrossido di bario 8-idrato ($Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$), necessaria per far precipitare i solfati, e precisamente 10 g/l di $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$.

In questa prova, a differenza della precedente, è stato condotto un contemporaneo tamponamento dell'innalzamento di pH del campione: a tale scopo si sono aggiunti 2 ml di soluzione di HCl al 37%; al termine dell'operazione il pH della soluzione si è stabilizzato a circa 8.

Infine è stata aggiunta una dose di 20 mg di polielettrolita anionico forte per favorire la coagulazione e quindi la precipitazione del solido formatosi.

Il precipitato ottenuto è di colore grigio chiaro, si presenta a grana molto fine e compatto.

L'analisi del surnatante ha dato i seguenti risultati:

<i>Parametro</i>	<i>Valore</i>	<i>Unità di misura</i>
<i>Zn</i>	3,38	mg/l
Gli altri parametri sono risultati sostanzialmente identici alla precedente prova.		

Campione D

La quarta prova è stata condotta a partire da un campione di un litro di drenaggio acido di miniera tal quale, a cui sono stati addizionati:

- 10 g di idrossido di bario 8-molare ($Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$);
- 1 ml di soluzione di HCl al 37% (ovvero contemporaneo tamponamento della soluzione fino a pH 10);
- 25 mg di polielettrolita anionico forte.

¹ Non rilevabile.

Si è ottenuto un precipitato di colore grigio-verde nel quale sono presenti tutti gli idrossidi dei metalli ed il solfato di bario.

Campione E

La quinta prova è stata condotta a partire da un campione di un litro di drenaggio acido di miniera tal quale, a cui sono stati addizionati:

- 0,65 ml di acqua ossigenata (H_2O_2) al 35%;
- 10 g di idrossido di bario 8-molare ($Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$);
- 1 ml di soluzione di HCl al 37% (ovvero contemporaneo tamponamento della soluzione fino a pH 10);
- 25 mg di polielettrolita anionico forte.

Si è ottenuto un precipitato di colore rossastro.

Considerazioni finali

Le cinque prove precedentemente descritte hanno evidenziato una precipitazione pressoché totale del ferro sottoforma di idrossido ferrico o idrossido ferroso (a seconda se era stata eseguita l'ossidazione con acqua ossigenata), dei solfati e di tutti gli altri metalli: i fanghi prodotti nei campioni C, D ed E, in termini di solido secco, risultano essere pari a 5-7 g secco per litro di acqua trattata: in tal caso considerando una portata di drenaggio acido di 10 l/s, ovvero di 36 m³/h, si ha una produzione di fanghi valutabile tra i 4.320 ed i 6.048 kg secco giornalieri.

Si evidenzia anche la precipitazione pressoché totale dell'arsenico contenuto nel drenaggio acido (sono state rilevate concentrazioni di arsenico dell'ordine di 2-10 ppb).

I cloruri immessi tramite l'acido cloridrico per il tamponamento delle soluzioni, nel caso peggiore di passaggio da pH 12 a pH 8.5, hanno portato ad un innalzamento della concentrazione degli stessi fino a 600 mg/l circa, valore ben al di sotto della soglia limite definita dal DLgs. 152/99.

9.6-LE BARRIERE PERMEABILI REATTIVE (PRB)

Le barriere permeabili reattive (PRB) rappresentano una delle più innovative tecnologie per il trattamento di drenaggi acidi di miniera: esse fanno parte dei cosiddetti metodi passivi di trattamento, in quanto non necessitano di manutenzione e non comportano costi gestionali aggiuntivi, consentendo quindi un sostanziale contenimento dei costi.

Tale tecnologia, sviluppatasi soprattutto negli anni novanta in Canada e negli Stati Uniti, è nata come trattamento degli acquiferi subsuperficiali inquinati da composti organici (BTX), da composti organoclorurati (PCE, TCE) e successivamente ha trovato applicazione anche per il trattamento dei drenaggi acidi di miniera (AMD).

9.6.1-PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il flusso idrico inquinato attraversa una barriera ubicata o in una trincea scavata nel sottosuolo o in una vasca superficiale appositamente predisposta, nel caso in cui si tratti di drenaggio subsuperficiale o superficiale.

I processi chimico fisici che avvengono all'interno della barriera consentono di degradare, immobilizzare o adsorbire il contaminante presente nelle acque che la attraversano.

Generalmente il tipo di trattamento passivo realizzato con le barriere non necessita di impianti fuori terra, presenta una relativa semplicità costruttiva e di messa in opera ed una possibilità di trattare diversi tipi di inquinanti provenienti da sorgenti puntuali o diffuse.

Esistono diversi tipi di configurazione di barriera reattiva: le più comuni sono quelle che prevedono una barriera reattiva rettilinea disposta ortogonalmente alla direzione di avanzamento del flusso idrico inquinato ed ubicata in trincea, la quale non provoca una sostanziale alterazione del campo di flusso naturale e quella che prevede un assetto del tipo "funnel and gate" nel quale si ha la collocazione di particolari setti di delimitazione del flusso a bassa permeabilità che realizzano una specie di imbuto (funnel) per indirizzare le linee di flusso verso la barriera reattiva (gate), predisposta sempre ortogonalmente ad esso e di minore lunghezza.

Per il trattamento di AMD sono state studiate tecnologie diverse a seconda del tipo di refluo da trattare, come i sistemi di fitodepurazione (lagune aerate ed anaerobiche) per il trattamento mediante particolari specie vegetali, i canali aerati con calcare per favorire la precipitazione degli idrossidi e l'innalzamento del pH, i letti di calcare anossici (Anoxic Limestone Drains, ALD) i quali permettono di aumentare il pH senza ossidare i metalli e prevenire quindi la passivazione del calcare.

Una delle soluzioni più interessanti è quella che prevede la realizzazione di una vera e propria vasca reattiva nella quale inviare le acque da trattare, opportunamente progettata per favorire il decorso di opportune reazioni chimiche promosse dallo sviluppo di una specifica biomassa e dalla presenza di reagenti specifici per innalzare il pH (calcare).

9.6.2-MATERIALI REAGENTI

Le barriere reattive permeabili fino ad oggi studiate e realizzate prevedono l'impiego di diversi materiali reagenti a seconda delle sostanze o elementi inquinanti da neutralizzare.

I materiali da utilizzare come riempimento delle barriere reattive devono permettere di ottenere cinetiche di reazione o di adsorbimento il più elevate possibile (in generale la reattività aumenta all'aumentare della superficie specifica di scambio del materiale), devono garantire una certa stabilità temporale nelle prestazioni richieste, devono essere disponibili e ad un costo accettabile, deve rispettare determinati valori di permeabilità idraulica da stabilire in fase di progettazione ed infine deve essere ambientalmente compatibile, nel senso che non deve costituire fonte di ulteriore inquinamento nell'area di utilizzo.

I materiali utilizzati per la maggiore sono il ferro zero valente, i metalli zero valenti in genere, i sistemi bimetallici, le zeoliti, i carboni attivi, i carbonati, gli idrossidi di calcio, la ditionite di sodio, la torba.

Le barriere a ferro zero valente sono per lo più indicate per il trattamento di acquiferi contaminati da composti organoalogenati (ad esempio tetracloroetilene e tricloroetilene), ma anche da metalli pesanti e solfati.

Diverse tipologie di barriere utilizzano il calcare come sostanza alcalinizzante nei confronti dei drenaggi acidi di miniera, i quali presentano valori molto bassi di pH.

La tipologia di barriera che interessa di più ai fini della progettazione in questione, e molto indicata per quei drenaggi acidi di miniera caratterizzati da un'alta concentrazione di solfati, è quella rappresentata dalle barriere reattive costituite da un substrato organico e da uno strato di calcare ed altri inerti (ghiaia, sabbia,...): tali barriere infatti, in particolari condizioni operative (ambiente anaerobico), promuovono lo sviluppo e la crescita di una specifica biomassa capace

di promuovere reazioni di abbattimento dei solfati e conseguentemente realizzare un processo di abbattimento per precipitazione dei metalli.

Queste barriere utilizzano come substrato organico compost vegetale, letame animale, fieno, legno: il calcare è utilizzato come agente alcalinizzante, mentre altri inerti come ghiaia e sabbie a diversa granulometria consentono di ottimizzare i valori di permeabilità idraulica del mezzo richiesti.

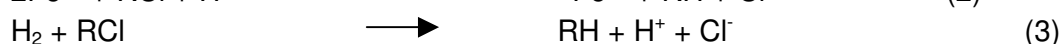
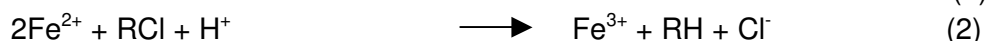
9.6.3-CONTAMINANTI TRATTABILI

Il ferro zero valente è capace di trattare molte specie inquinanti, quali gli organoalogenati (i più comuni dei quali tetraclorometano, triclorometano, tribromometano, esacloroetano, tetracloroetano, tetracloroetilene, tricloroetilene, cloruro di vinile, tricloropropano, dicloropropano), i metalli (cromo, nickel, uranio, tecnezio, ferro, manganese, selenio, rame, cobalto, cadmio, zinco) ed alcuni contaminanti anionici (solfati, nitrati, fosfati, arsenico): esso non tratta alcuni contaminanti quali il diclorometano, il cloroetano, il clorometano, i BTEX, il cloro ed il perclorato.

Le barriere utilizzando calcare permettono di innalzare il pH delle acque e favorire la precipitazione e quindi l'abbattimento degli idrossidi metallici, soprattutto presenti nei drenaggi acidi di miniera. L'utilizzo di ALD quindi permette di trattare acque acide contenenti metalli pesanti: l'utilizzo di barriere compost-calcare in condizioni anaerobiche consente di trattare acque acide contenenti metalli e solfati.

9.6.4-MECCANISMI DI DEGRADAZIONE

Le barriere a ferro zero valente promuovono reazioni di ossidoriduzione che riducono i composti organoalogenati a idrocarburi, con l'eliminazione di ioni cloruro, secondo le seguenti reazioni:



Le barriere reattive permeabili dedicate al trattamento dei drenaggi acidi di miniera, in condizioni anaerobiche, realizzano lo sviluppo e la crescita di una biomassa composta principalmente da batteri solfato-riduttori (SRB, sulfate-reducing bacteria) i quali promuovono la desolfatazione delle acque secondo la seguente reazione:



La massa batterica infatti utilizza il substrato organico come fonte di carbonio per il metabolismo e gli ioni solfato come accettori di elettroni: la precedente reazione comporta la creazione di idrogeno solforato ed una contemporanea alcalinizzazione delle acque attraverso la produzione di ioni idrogenocarbonato.

Tale alcalinizzazione delle acque accompagnata ad un contemporaneo innalzamento del pH dovuto alla presenza del calcare favorisce la precipitazione degli idrossidi dei metalli pesanti.

Inoltre la formazione di idrogeno solforato promuove la precipitazione dei solfuri metallici particolarmente insolubili, secondo la seguente relazione:



ed in particolare si ha la formazione di pirite secondo la relazione:



Dalle precedenti relazioni discende come il rateo di riduzione dei solfati controlli pertanto quello di precipitazione dei metalli ed in particolare del ferro.

Va sottolineato il fatto che la mancanza di ossigeno non permette l'ossidazione del Fe^{2+} a Fe^{3+} e quindi non consente la passivazione del calcare da parte del ferro trivalente.

9.6.5-PROBLEMATICHE CONNESSE ALLE PRB

Casi di studio riportati in letteratura hanno dimostrato come sia alta l'efficienza di abbattimento dei solfati e dei metalli pesanti presenti nei drenaggi acidi di miniera, mediante l'utilizzo di barriere permeabili reattive costituite da substrato organico e calcare: di seguito è riportato uno di essi.

Acquifero inquinato da drenaggio acido di miniera, Sudbury, Ontario (1995).

Applicazione: PRB con carbonio organico, ad intercettare una falda acquifera inquinata.

Acqua in ingresso alla PRB:

- Alcalinità: 50 mg/l come CaCO_3 ;
- pH compreso tra 4.0 e 6.0;
- Solfati: 2400-3800 mg/l;
- Ferro: 740-1000 mg/l;
- Nickel: 10 mg/l.

Barriera composta da 40% in volume di compost, 40% di foglie secche, 19% di frammenti di legno, 1 % di calcare. Tali materiali sono stati mescolati in rapporto 1:1 con ghiaia ricca in carbonati.

Acqua in uscita dalla PRB:

- Alcalinità: 600-2000 mg/l come CaCO_3 ;
- pH: 6-7.0;
- Solfati: 100-2000 mg/l;
- Ferro: 1-90 mg/l;
- Nickel: 0.1 mg/l.

Negli anni di monitoraggio delle acque trattate è stata osservata una variazione temporale del tasso di riduzione dei solfati e dei metalli dovuto a variazioni di portata idraulica, all'instaurarsi di flussi preferenziali all'interno della barriera ed ai cambiamenti climatici, soprattutto di temperatura.

L'aumento di portata idraulica, correlata essenzialmente con gli eventi meteorici, instaura un regime non stazionario all'interno della barriera, con la creazione di zone caratterizzate da un tempo di permanenza minore rispetto ad altre: solitamente le zone centrali della barriera risentono maggiormente dell'aumento di portata e sono quelle in cui la velocità di attraversamento aumenta, andando conseguentemente a diminuire il tempo di permanenza, mentre le zone laterali e di confine risentono di una velocità di attraversamento minore con conseguente tempo di ritenzione idraulico maggiore.

Tale fenomeno va a diminuire gli abbattimenti delle specie inquinanti perché la velocità del flusso passante nella zona centrale della barriera non consente lo sviluppo completo delle reazioni chimiche sopra citate. Inoltre il fenomeno tende anche ad impoverire le zone centrali rispetto a quelle periferiche nel substrato organico ed a creare canali preferenziali di attraversamento che di fatto bypassano volumi di barriera reattiva.

Per limitare i fenomeni idraulici citati si devono prevedere accorgimenti particolari in fase di realizzazione delle barriere, quali la correzione di permeabilità dei vari strati filtranti andando ad agire sulla composizione percentuale del riempimento, ad esempio andando ad aumentare il rapporto percentuale compost – ghiaia nella parte centrale della sezione di passaggio del fluido per diminuirne la permeabilità idraulica e diminuendo lo stesso rapporto nelle zone periferiche, per consentire di avere un profilo di velocità trasversale il più uniforme possibile.

Anche la variabilità stagionale delle temperature va ad incidere sui rendimenti del trattamento, in quanto influenza l'attività batterica, favorendone la crescita e lo sviluppo in condizioni di clima caldo – temperato e rallentandone il metabolismo nei periodi invernali più rigidi. Per tale motivo si sono verificati anche dimezzamenti nei rendimenti di trattamento tra i periodi estivi ed i periodi invernali.

La vita della barriera reattiva risulta pertanto fortemente condizionata dalla durata delle caratteristiche di permeabilità e reattività della stessa.

9.7-SOLUZIONE PROGETTUALE PRESCELTA

9.7.1-PREMESSA

La tipologia impiantistica individuata nella precedente analisi viene sviluppata e dettagliata nel presente capitolo e come rilevabile nel seguito si è optato per riutilizzare il più possibile le apparecchiature e gli stoccaggi esistenti che vengono quasi tutti inseriti nel nuovo progetto, anche in termini di opere elettriche e di sistema di automazione, l'attuale sistema di neutralizzazione e le vasche di sedimentazione rimangono a disposizione per far fronte ad eventuali necessità o disservizi sulla nuova linea.

Il processo di trattamento previsto per il trattamento dei due drenaggi acidi sopra citati si basa in primis sull'utilizzo di una tecnologia costituita dalle barriere reattive permeabili (PRB) ed in secondo luogo sull'adozione di un processo di depurazione di tipo chimico fisico.

I due flussi sono alimentati ad un sistema PRB, composto da sezioni a diverso materiale reattivo, il quale promuove sia la crescita e lo sviluppo di una biomassa capace, in condizioni anossiche, di ridurre significativamente i solfati presenti nelle acque inquinate (batteri solfatoriduttori), che un significativo abbattimento della concentrazione dei metalli pesanti: inoltre anche il valore di pH si innalza sensibilmente.

In uscita dalla sezione con barriere reattive sono presenti pozzetti di campionamento per analizzare le caratteristiche chimico fisiche delle acque trattate: nel caso in cui i parametri presentino dei valori ancora maggiori rispetto ai limiti previsti dal DLgs. 152/99 per lo scarico in acque superficiali, allora le acque sono avviate al successivo impianto di trattamento di tipo chimico fisico, nel quale si procede alla depurazione ed all'affinamento delle acque nel rispetto della normativa vigente.

Tale assetto impiantistico che prevede appunto un trattamento primario con PRB ed un trattamento finale di tipo chimico fisico, permette di minimizzare il quantitativo di reattivi chimici da utilizzare in quest'ultima fase con un evidente vantaggio sia in termini economici che in termini ambientali per la minore produzione di fanghi, con conseguente minor traffico veicolare per lo smaltimento degli stessi, nonché per l'approvvigionamento dei chemicals necessari al processo.

9.7.2-SEZIONE DI TRATTAMENTO CON BARRIERE REATTIVE (PRB)

Di seguito si riporta la descrizione funzionale dell'intero sistema di trattamento previsto (si rimanda agli elaborati grafici tav. n. 21-22-23-24-25-26-27).

Il drenaggio acido in uscita dalla miniera di Campiano giunge a gravità sul piazzale di Ribudelli, tramite tubazione sulla quale è installato il misuratore di portata (FT1) ed una serie di strumenti per la misurazione del pH (pHT1), temperatura (TT1), conducibilità (CT1) e concentrazione dei solfati (ST1). I misuratori di portata, pH, temperatura e conducibilità sono quelli attualmente installati all'uscita dalla galleria della miniera di Campiano.

Detta tubazione di adduzione prevede tre stacchi, uno per l'alimentazione alla barriera PRBa, il quale prevede un misuratore di portata (FT3a) al quale risulta asservita una valvola di regolazione di portata (VR1a); un secondo stacco, sul quale è installato un misuratore di portata (FT3b) a cui risulta asservita una valvola di regolazione di portata (VR1b), che consente di inviare l'acqua direttamente nella canaletta di adduzione delle acque in impianto bypassando del tutto o in parte il trattamento su PRB.

Un terzo stacco consente di inviare la portata di punta eventualmente in arrivo verso la vasca di equalizzazione (VEI), come dettagliato più avanti.

La barriera reattiva (PRBa) risulta realizzata sotto forma di vasca in cemento armato, avente un volume utile di carico idraulico di 49 x 13.6 x 6 m (lunghezza, larghezza e profondità), tale da garantire un tempo di permanenza delle acque pari a 6 giorni sul valore di portata di 2.5 l/s (portata equivalente ad un terzo di quella complessivamente in arrivo dalla miniera Campiano).

Nella fase di avvio si avrà una portata in ingresso alla barriera di 2.5 l/s circa: durante tale periodo si procederà con la messa a regime del sistema e con il monitoraggio della potenzialità ed il rendimento di abbattimento del sistema; la portata restante pari a 4.5 l/s circa sarà inviata direttamente all'impianto di trattamento chimico fisico, tramite la canaletta di adduzione.

Nel caso in cui tutta la portata di 7 l/s fosse inviata nella barriera reattiva, il volume messo a disposizione garantirà un tempo idraulico di permanenza pari a 2 giorni.

Il dimensionamento della barriera reattiva PRBa (ed anche PRBb) è effettuato sulla base della letteratura specifica utilizzando un indice di porosità $n=0.3$ e valutando alla portata di progetto di 2.5 l/s una durata di efficienza della barriera di 15 anni.

I suddetti valori di portata sono garantiti dalle catene di misura e regolazione previste (FT3a-VR1a e FT3b-VR1b).

L'ingresso delle acque da trattare avviene tramite distributore a canaletta disposto nel senso della larghezza della vasca.

La barriera è suddivisa longitudinalmente in due comparti, al fine di garantire una certa flessibilità operativa del sistema: infatti l'apertura o la chiusura di specifiche paratoie consente di bypassare una delle due metà della barriera reattiva.

La barriera risulta essere composta da tre sezioni, una iniziale composta da sabbia e ghiaia per la omogeneizzazione del flusso, una seconda di reazione realizzata con compost e calcare per la crescita della biomassa solfatoriduttrice ed una ultima parte composta da ghiaia per trattenere i solidi sospesi ed i batteri.

La parte superiore della vasca deve essere a tenuta, sia per impermeabilizzare la barriera reattiva nei confronti delle acque meteoriche, sia per favorire l'instaurarsi di condizioni anossiche all'interno della vasca favorenti lo sviluppo e la crescita della biomassa necessaria per la desolfatazione, che per minimizzare la dispersione termica; pertanto al di sopra dello strato di materiale reattivo della barriera, viene posto il doppio telo in HDPE dello spessore di 2 mm, da saldare al bordo della struttura in c.a., detto telo avrà andamento tale da permettere di

portare le acque meteoriche all'esterno, superiormente allo stesso sarà posto del terreno vegetale dello spessore variabile 30-50 cm che potrà costituire supporto per piantumazione di cespugli e semina a prato.

Occorre inoltre osservare come l'alta temperatura del drenaggio acido in uscita da Ribudelli, variabile dai 30 ai 32°C, consenta di mantenere all'interno della PRB una temperatura favorevole alla crescita ed allo sviluppo della biomassa, anche nei mesi invernali più rigidi.

Il drenaggio acido della miniera del Merse, prelevato dal pozzo Serpieri è condotto a gravità, tramite apposita tubazione in Pead provvista di misuratore di portata (FT2), nel piazzale antistante la galleria della miniera Campiano. Inoltre il sistema prevede una stazione di pompaggio, ubicata presso il pozzo Serpieri, per eseguire una periodica operazione di flussaggio delle acque all'interno della suddetta tubazione, in modo rimuovere eventuali depositi.

Di seguito al misuratore di portata è installata la strumentazione per la misurazione del pH (pHT2), della temperatura (TT2), della conducibilità (CT2) e della concentrazione dei solfati (ST2).

Detta tubazione prevede tre stacchi, il primo di alimentazione alla barriera che prevede un misuratore di portata (FT4a) al quale risulta asservita una valvola di regolazione di portata (VR2a); un secondo stacco dotato di misuratore di portata (FT4b) al quale risulta asservita una valvola di regolazione (VR2b), consente di inviare l'acqua direttamente nella canaletta di adduzione delle acque in impianto, bypassando di fatto il trattamento su PRB.

Un terzo stacco consente di inviare eventuali portate di punta in arrivo verso la vasca di equalizzazione (VEI).

In seguito le acque sono alimentate alla barriera reattiva (PRBb) anch'essa realizzata sotto forma di vasca in cemento armato, avente un volume idraulico utile di 27 x 10.8 x 6 m (lunghezza, larghezza e profondità), tale da garantire un tempo di permanenza delle acque pari a 6 giorni sul valore di portata di 1 l/s (portata equivalente ad un terzo di quella complessivamente in arrivo dalla miniera Merse).

Nella fase di avvio si avrà una portata in ingresso alla barriera di 1 l/s circa: durante tale periodo si procederà con la messa a regime del sistema e con il monitoraggio della potenzialità ed il rendimento di abbattimento del sistema; la portata restante pari a 2 l/s circa sarà inviata direttamente all'impianto di trattamento chimico fisico.

Nel caso in cui tutta la portata di 3 l/s fosse inviata nella barriera reattiva, il volume messo a disposizione garantirà un tempo idraulico di permanenza pari a 2 giorni.

Detti valori di portata sono garantiti dalle catene di misura e regolazione predisposte (FT4a-VR2a e FT4b-VR2b).

Per quanto riguarda le modalità geometriche e costruttive di tale barriera rimangono valide le considerazioni fatte per la precedente barriera PRBa.

Per ogni barriera reattiva, le acque in uscita sono convogliate tramite una canaletta di scarico verso un pozzetto (PA e PD) nel quale sono installati gli strumenti per la misura del pH (pHT3/4), della conducibilità (CT3/4) e della concentrazione dei solfati (ST3/4): la comparazione dei valori in uscita dalle due barriere rispetto a quelli indicati dai misuratori in ingresso consente di stimare l'efficienza di abbattimento dei due sistemi in termini di riduzione dei solfati e di alcalinizzazione del pH. I suddetti pozzetti servono anche per il prelievo di campioni da analizzare.

Le acque in uscita dai due pozzetti PA e PD, nel caso in cui i parametri chimico fisici delle acque in uscita dalle due PRB rispettino i limiti previsti dalla vigente normativa, sono avviate al pozzetto PC per essere avviate allo scarico, previo passaggio nel pozzetto di campionamento

finale di uscita impianto P3, dotato di strumentazione per la misurazione del pH (pHT11), della conducibilità (CT5) e della concentrazione dei solfati (ST6).

Questo punto di campionamento si rende necessario in quanto punto finale prima dell'immissione nel recettore costituito dal corpo idrico superficiale.

Nel caso in cui le acque in uscita dalle barriere reattive non soddisfino i limiti imposti dal DLgs. 152/99, esse sono inviate dai pozzetti PB e PE direttamente nella canaletta di adduzione di alimentazione all'impianto di trattamento chimico fisico, mediante apertura di apposite valvole di intercettazione motorizzate.

9.7.3-SEZIONE DI TRATTAMENTO DI TIPO CHIMICO FISICO

Le acque in uscita dalla sezione di trattamento con barriere reattive, nel caso in cui non rispettino i limiti definiti dal DLgs. 152/99 per lo scarico in acque superficiali, sono avviate alla successiva fase di trattamento di tipo chimico fisico per l'abbattimento del ferro, dei solfati e di tutti gli altri metalli eventualmente presenti, al fine di ottemperare alla vigente normativa.

Come accennato in precedenza, alla fase di trattamento chimico fisico è avviata anche una specifica quota parte di acque direttamente in arrivo dalle due miniere.

Tale trattamento è ottenuto mediante la realizzazione di un nuovo impianto che va ad integrare apparecchiature e sezioni già presenti nell'impianto provvisorio, col fine di potenziare le fasi depurative e per introdurre nuove sezioni di abbattimento ed affinamento del refluo.

L'impianto di trattamento è articolato nelle seguenti sezioni:

accumulo ed equalizzazione della portata;

- ossidazione;
- precipitazione e desolfatazione primaria;
- acidificazione e desolfatazione secondaria;
- flocculazione;
- sedimentazione;
- filtrazione;
- acidificazione;
- scambio ionico;
- controllo e correzione pH;
- scarico e campionamento acque;
- addolcimento e stoccaggio acqua riutilizzo;
- ispessimento ed accumulo fanghi;
- disidratazione meccanica fanghi;
- equalizzazione e ricircolo acque di risulta linea fanghi.

9.7.4-ACCUMULO ED EQUALIZZAZIONE DELLA PORTATA

Come accennato in precedenza la portata di acqua in ingresso all'impianto presenta una variabilità stagionale correlata agli eventi meteorici: comunque tale valore mostra una variazione abbastanza lenta nel tempo (ordine dei giorni) e quindi il sistema di trattamento ben si autoregola in base al flusso istantaneo in ingresso. Nel recente passato però si sono verificati sbalzi consistenti nel valore della portata in uscita dalla miniera, della durata temporale di

qualche decina di minuti, creando alcune difficoltà al sistema di dosaggio dei reagenti asserviti al controllo di pH.

A tale scopo è stato previsto il recupero della vasca di accumulo situata a valle dell'impianto attualmente esistente: tale vasca attualmente è suddivisa in due sezioni, con il presente progetto viene suddivisa in tre, delle quali una è articolata in due parti adibite appunto a vasca di equalizzazione per l'accumulo dell'eventuale portata in eccedenza rispetto al valore medio di 10 l/s in ingresso (VEI 1-2). L'acqua accumulata viene poi alimentata all'impianto in maniera graduale e costante nel tempo mediante due pompe a secco (PS11-12), una di riserva all'altra, dotate di inverter: la portata pompata risulta monitorata tramite il misuratore FT10.

Occorre comunque precisare che le PRB stesse, data la loro volumetria, riescono ad assorbire in una certa misura i picchi di portata.

A questo punto sia le acque in uscita dal trattamento con PRB, che quelle direttamente in arrivo dalle due miniere, possono fare il loro ingresso nel nuovo impianto di trattamento: in casi di particolare sovraccarico o di emergenza ed indisponibilità generica, risulta sempre possibile poter utilizzare l'esistente impianto di trattamento, aprendo la paratoia manuale di intercettazione PT1.

9.7.5-OSSIDAZIONE

Le acque in ingresso all'impianto fanno il loro ingresso in quattro vasche di reazione in serie, ciascuna a pianta quadrata e dotate di sistema di agitazione, nelle quali sono promosse reazioni chimiche mediante l'aggiunta di appositi reattivi.

Nella prima vasca avente dimensioni 2.5 x 2.5 x 2.8 con volume di 17.5 m³ e pertanto in grado di garantire un tempo di permanenza di 20 minuti, avviene una reazione di ossidazione mediante il dosaggio di una modesta quantità di soluzione di acqua ossigenata al 35%, la quale comporta appunto l'ossidazione di quota parte degli ioni Fe²⁺ a ioni Fe³⁺. Occorre sottolineare che tale operazione è eseguita solo per motivi gestionali, in quanto tale passaggio consente una migliore flocculazione del ferro favorendone quindi la propria sedimentabilità.

L'ossidazione di parte del Fe²⁺ e la formazione di idrossido ferrico porta in generale ad una acidificazione delle acque.

Pertanto nella vasca sono installate la sonda di misurazione per il monitoraggio del pH (pHT5) e del potenziale redox (RT1).

In tale vasca risulta installato un agitatore a pale (MX3) per favorire l'omogeneizzazione del reagente e la resa di reazione; nella vasca di ossidazione giungono anche le acque provenienti dalla vasca di equalizzazione iniziale (VEI) e dalla vasca di equalizzazione del ricircolo (VER), in quanto esse sono direttamente recapitate nella canaletta di adduzione.

Il dosaggio della soluzione di acqua ossigenata al 35% avviene tramite l'esistente gruppo di stoccaggio e dosaggio consistente in un serbatoio di stoccaggio (SO1) coibentato e corredato di pompa di carico (PC4) e da due pompe dosatrici una di riserva all'altra (PD5-6).

9.7.6-PRECIPITAZIONE E DESOLFATAZIONE PRIMARIA

Le acque uscenti da una soglia di troppo pieno posta nella parte terminale della vasca di ossidazione, fanno il loro ingresso nella successiva vasca di precipitazione e desolfatazione primaria (VPD), avente dimensioni 2.5 x 2.5 x 2.8 con volume di 17.5 m³ e pertanto in grado di

garantire un tempo di permanenza di 20 minuti, dotata di mixer (MX4): data l'alta concentrazione dei solfati nei drenaggi acidi di miniera si provvede ad una loro riduzione mediante il dosaggio di calce, al fine di promuovere la precipitazione di solfato di calcio.

Il dosaggio in questione risulta asservito quindi alla misurazione del pH delle acque in tale vasca (pHT6).

L'aggiunta di calce aumenta il valore di pH, consentendo quindi la precipitazione della quasi totalità degli ioni metallici presenti in acqua; l'unica eccezione è costituita dall'alluminio, il quale precipita in un preciso intervallo di pH ($\text{pH} < 9$), ma che per valori superiori ritorna in soluzione.

In tale vasca è installata una sonda per il monitoraggio del potenziale redox (RT2).

Il dosaggio della soluzione di calce avviene mediante pompe dosatrici, previa preparazione della soluzione stessa ottenuta mediante dissoluzione in acqua di idrossido di calcio in polvere, stoccato in apposito silos (SC): il solido è caricato mediante coclea (CC) in un dissolutore (DC), alimentato con acqua di dissoluzione per mezzo di una pompa (PC8) e dotato di mixer di agitazione (MX16).

Qualora il valore dei solfati in ingresso all'impianto chimico fisico sia inferiore al valore di legge, conviene non utilizzare la calce, in quanto vengono prodotti molti più fanghi ed è conveniente usare la soda al 30%.

Per esigenze gestionali si può dosare contemporaneamente una soluzione di soda per l'abbattimento dei metalli e la calce per promuovere la desolfatazione.

Il dosaggio della soda avviene mediante apposito stacco ricavato dalla tubazione di invio della soda al pozzetto di reazione P1 dell'esistente impianto: la soda è caricata tramite la pompa PC1 nei due serbatoi di stoccaggio SS1 ed SS2, ed è pompata con le dosatrici PD1, PD2 e PDE.

9.7.7-ACIDIFICAZIONE E DESOLFATAZIONE SECONDARIA

Le acque in uscita da un'apposita soglia di troppo pieno presente nella vasca di precipitazione e desolfatazione primaria fanno il loro ingresso nella terza vasca in serie presente, ovvero quella predisposta per l'operazione di acidificazione e desolfatazione secondaria (VAD), avente dimensioni $2.5 \times 2.5 \times 2.8$ con volume di 17.5 m^3 e pertanto in grado di garantire un tempo di permanenza di 20 minuti, dotata di mixer di agitazione (MX5).

Nella presente vasca risulta installata una sonda di misurazione della concentrazione dei solfati (ST5): nel caso in cui il valore di tale parametro ecceda il limite imposto allo scarico dal DLgs 152/99, pari a 1000 mg/l , viene eseguito un dosaggio di idrossido di bario, il quale promuove la precipitazione di solfato di bario, composto caratterizzato da un bassissimo valore di solubilità e ben sedimentabile.

Mentre la desolfatazione primaria con calce è una operazione indiretta (ovvero si dosa calce per innalzare il pH per far precipitare i metalli: nel contempo si ha una prima desolfatazione) ed asservita ad una misurazione di pH, la desolfatazione secondaria con idrossido di bario è una operazione specificatamente rivolta all'abbattimento dei solfati: tale operazione è condotta quindi per affinare il valore di concentrazione dei solfati secondo i limiti imposti dalla normativa vigente.

Dato che per il DLgs 152/99 il limite di concentrazione per lo scarico del bario risulta pari a 20 mg/l , si opera con un dosaggio strettamente stechiometrico di idrossido di bario, per portare il valore dei solfati al di sotto del limite previsto dalla normativa vigente (1000 mg/l).

Il dosaggio della soluzione di idrossido di bario avviene mediante pompe dosatrici, previa preparazione della soluzione stessa ottenuta mediante dissoluzione in acqua di idrossido di

bario in polvere: il solido è caricato in una tramoggia di carico (TB) del dissolutore (DB), alimentato con acqua di dissoluzione per mezzo della pompa PC6 e dotato di tre mixer di agitazione (MX10-11-12). La soluzione ottenuta è caricata tramite la pompa PC7 nel serbatoio di stoccaggio SB1 e dosata con le pompe PD15 e PD 16 una di riserva all'altra.

In questa vasca si procede con la regolazione del pH mediante dosaggio di una soluzione di acido cloridrico, asservita al controllo di pH presente nella medesima vasca (pHT7). Con tale operazione si riporta il pH a valori più bassi (8.9 – 9) dal valore di pH basico che si raggiunge durante la desolfatazione con idrossido di calcio.

Ad ogni modo andrà monitorato il valore dei cloruri in uscita dall'impianto in seguito all'aggiunta di tali reattivi clorurati.

Il sistema di stoccaggio e dosaggio della soluzione di acido cloridrico consta di un serbatoio (SA1) corredato di pompa di carico (PC5) e due pompe dosatrici (PD9-10), una di riserva all'altra.

Nella presente vasca risulta installata una sonda per il monitoraggio del potenziale redox (RT3). Per esigenze gestionali o di manutenzione le vasche di precipitazione e desolfatazione primaria o la vasca di acidificazione e desolfatazione secondaria, possono essere bypassate tramite apposita canaletta, mediante apertura e chiusura di apposite paratoie di intercettazione.

9.7.8-FLOCCULAZIONE

Le acque in uscita dalla sezione di acidificazione e desolfatazione secondaria entrano nell'ultima vasca adibita al dosaggio di una soluzione di polielettrolita cationico (VF) avente dimensioni 2.5 x 2.5 x 2.8 con volume di 17.5 m³ e pertanto in grado di garantire un tempo di permanenza di 20 minuti, dotata di mixer (MX6), per favorire la coagulazione delle particelle e permettere quindi una buona sedimentabilità del fango.

Il sistema di preparazione, stoccaggio e dosaggio del polielettrolita esistente è costituito da una unità di preparazione della soluzione a partire da prodotto in polvere, formata da un dissolutore (D) munito di tramoggia di carico della polvere (T), agitatori (MX7-8-9) e di pompa di carico dell'acqua di dissoluzione (PC2): una pompa di carico (PC3) invia la soluzione nello stoccaggio SP1 dal quale viene prelevata con le due pompe dosatrici PD3 e PD4, una di riserva all'altra.

9.7.9-SEDIMENTAZIONE

Le acque trattate attraverso il dosaggio dei reagenti chimici appena descritti sono inviate a gravità verso un pozzetto di ripartizione della portata (PR), dotato di paratoie manuali di intercettazione (PT5-6), il quale suddivide sulle due vasche di sedimentazione successive la portata idraulica in ingresso.

La sedimentazione avviene in due vasche rettangolari aventi dimensioni di 14 x 6 metri (VS3-4) (dette dimensioni rappresentano la superficie sulla quale è calcolata la velocità di risalita pari a 0.6 m/h alla portata media in ingresso di 14 l/s e a 1.2 m/h alla portata massima di 28 l/s), dotate di carroponte del tipo va e vieni (CP1-2), dimensionate su un carico idraulico medio pari a 14 l/s, valore ottenuto sommando alla portata media in ingresso all'impianto di 10 l/s la portata di ricircolo pari a 4 l/s, e tali da garantire un adeguato tempo di permanenza ed un congruo valore di scarico allo stramazzo.

Tale configurazione consente, in caso di fuori servizio di una delle due unità di sedimentazione, di utilizzare la rimanente senza risentire di alcun sovraccarico che possa comprometterne la funzionalità.

Entrambe le vasche sono dotate di pozzetto di raccolta dei fanghi e corredate di apposito sistema di estrazione per l'invio del fango accumulato alla linea appositamente dedicata, composto da due pompe di estrazione per sedimentatore (PF1-2-3-4). Il flusso di fango inviato alla successiva fase di ispessimento è monitorato tramite il misuratore di portata FT9.

In uscita dai sedimentatori le acque trattate sono convogliate in una vasca (VSa) nella quale sono installate due pompe (PS1-2), una di riserva all'altra, per il sollevamento delle acque alle successive fasi di filtrazione.

La vasca è dotata di paratoia manuale di by pass (PT7), recapitante nella adiacente vasca di controllo e correzione pH (VCC), che permette di fatto di saltare le sezioni di filtrazione e scambio ionico.

9.7.10-FILTRAZIONE

Una prima operazione di affinamento delle acque è eseguita mediante filtrazione su letto di quarzite a granulometria variata, la quale consente di bloccare eventuali solidi sospesi in uscita dalla fase di sedimentazione: la sezione consta di due unità di filtrazione (FS1-2), operanti in parallelo, tranne durante la fase di controlavaggio di un filtro, quando la totalità dell'acqua sarà filtrata dal filtro in funzione.

I due filtri verticali hanno un diametro di 1.800 mm, sono realizzati in lamiera di acciaio al carbonio, sabbiata e protetta internamente con particolare procedimento di vetrificazione, sabbiata e protetta esternamente con vernice epossidica.

Essi sono completi di diffusori in materiale antiacido, di passi d'uomo per le operazioni di manutenzione, di un oblò d'ispezione, di letto filtrante in graniglia di quarzo a granulometria variata, centralina automatica costituita da valvola pneumatiche per le operazioni di controlavaggio.

La superficie filtrante di ogni filtro risulta di circa 3,15 m², l'altezza dello strato filtrante di circa 750 mm; la portata di esercizio risulta essere pari a 35,0 m³/h.

Le operazioni di controlavaggio sono effettuate con acqua filtrata ed aria compressa. I filtri sono predisposti per un controlavaggio acido, con sistema di aspirazioni Venturi e sono dotati di una soffiante per il controlavaggio con aria.

Successivamente le acque fanno il loro ingresso nella sezione di filtrazione su carbone attivo granulare, la quale risulta necessaria per l'adsorbimento di sostanze potenzialmente nocive alla successiva sezione di scambio ionico.

Anche la filtrazione su carboni attivi prevede l'utilizzo di due unità filtranti (FC1-2), operanti in parallelo, tranne durante la fase di controlavaggio di un filtro, quando la totalità dell'acqua sarà filtrata dal filtro in funzione.

I due filtri saranno costituiti da due serbatoi verticali di 2.000 mm di diametro, realizzati in lamiera di acciaio al carbonio, sabbiata e protetta internamente con particolare procedimento di vetrificazione, sabbiata e protetta esternamente con vernice epossidica: entrambi sono completi di diffusori in materiale antiacido, di due passi d'uomo per le operazioni di manutenzione, di un oblò d'ispezione, di centralina automatica costituita da valvole pneumatiche per le operazioni di controlavaggio.

La superficie filtrante di ogni filtro risulta di circa 3,15 m², l'altezza dello strato filtrante di circa 1000 mm; la portata di esercizio risulta essere pari a 35,0 m³/h.

Le operazioni di controlavaggio sono effettuate con acqua filtrata ed aria compressa. I filtri sono predisposti per un controlavaggio acido, con sistema di aspirazioni venturi e sono dotati di una soffiante per il controlavaggio con aria

9.7.11-ACIDIFICAZIONE E SOLLEVAMENTO

Le acque in uscita dalla sezione di filtrazione sono convogliate in una reattore di neutralizzazione (RN) da circa 10 m³, realizzato in lastra di polipropilene rinforzato con armature in tubolare di acciaio rivestite in polipropilene, completo di attacchi ingresso/uscita.

Esso è corredato di elettroaggitatore (MX13) con turbina a 4 pale verticali, diametro 1.000 mm, di sistema di dosaggio di acido cloridrico e di sonda di misura del pH (pHT10), nella quale si effettua una leggera acidificazione delle acque al fine di disciogliere gli eventuali composti complessati dell'alluminio.

Infatti la presenza di alluminio in forma complessata danneggerebbe la funzionalità della sezione a scambio ionico predisposta a valle.

Il sistema di dosaggio della soluzione di acido cloridrico prevede due pompe dosatrici (PD13-14), una di riserva all'altra, asservite al controllo di pH posto all'intero di detto reattore.

Un apposito sistema di sollevamento delle acque, composto da due pompe centrifughe monoblocco (PS9-10), consente di alimentare le acque alle successive sezioni di scambio ionico oppure mediante valvole on-off motorizzate di bypassare la sezione di scambio ionico ed arrivare alla vasca VCC.

9.7.12-SCAMBIO IONICO

Dal precedente sollevamento le acque entrano nelle colonne adibite al recupero dei metalli pesanti: tale operazione è condotta mediante l'utilizzo di una particolare resina di tipo cationico, avente gruppi funzionali imminodiacetici, specifica per il recupero selettivo di metalli pesanti in soluzioni concentrate di tipo acido o basico.

La scala di selettività per il recupero dei metalli bivalenti è:

Cu>VO>UO₂>Pb>Ni>Zn>Cd>Fe²⁺>Be>Mn>Ca>Mg>Sr>Ba>Na

Questa sezione permette di recuperare gli eventuali metalli non precipitati durante le fasi di trattamento chimico fisico, andando così a migliorare considerevolmente la qualità delle acque di scarico.

Un sistema di tubazioni e valvole gestite da un apposito PLC permette l'esecuzione delle fasi di lavaggio e controlavaggio necessarie per la rigenerazione delle resine.

Le unità di scambio ionico per il recupero dei metalli sono tre (FR1-2-3), operanti a rotazione, delle quali due risultano in esercizio in serie ed una in lavaggio o come riserva.

I tre filtri verticali hanno un diametro pari a 1.800 mm, sono realizzati in lamiera di acciaio al carbonio, sabbiata e protetta internamente con particolare procedimento di vetrificazione, sabbiata e protetta esternamente con vernice epossidica.

Essi sono completi di diffusori in materiale antiacido, di passi d'uomo per le operazioni di manutenzione, di un oblò d'ispezione, di centralina automatica costituita da valvole pneumatiche per le operazioni di controlavaggio.

La superficie filtrante è di circa 2,50 m², l'altezza dello strato filtrante di circa 1.250 mm.

Per le operazioni di lavaggio e rigenerazione sono installati due serbatoi SS3 ed SA3 per lo stoccaggio di soda ed acido cloridrico rispettivamente, del tipo cilindrico verticale chiuso a fondo piano, con camicia di sicurezza a cielo aperto, aventi una capacità di circa 5 m³, un diametro di circa 1.600 mm, una altezza utile massima di circa 2.700 mm. La camicia di sicurezza ha un diametro di 1.800 mm, un'altezza di 2.150 mm.

Entrambi i serbatoi hanno due regolatori di livello del tipo a galleggiante e due flussimetri di misura in PVC trasparente.

Successivamente le acque sono inviate alla seconda sezione a scambio ionico dedicata al recupero selettivo dell'arsenico e perseguita mediante una speciale resina selettiva, dedicata a tale scopo.

Anche in questo caso si tratta di una sezione composta da tre unità di filtrazione (FAs1-2-3), di diametro 1.800 mm, realizzato in lamiera di acciaio, sabbiata e protetta internamente con particolare procedimento di vetrificazione, sabbiata e protetta esternamente con vernice epossidica, operanti in rotazione, ovvero due in esercizio in serie ed una di riserva.

L'unica sostanziale differenza dalla precedente fase di scambio ionico è rappresentata dal fatto che in questo caso le resine non sono rigenerabili ma sono destinate direttamente allo smaltimento: quindi risulta assente il sistema di lavaggio e rigenerazione proprio del processo di scambio ionico visto per il recupero dei metalli.

I filtri sono completi di diffusori in materiale antiacido, di passi d'uomo per le operazioni di manutenzione, di un oblò d'ispezione, di centralina automatica costituita da valvola pneumatiche per le operazioni di controlavaggio.

La superficie filtrante risulta essere di circa 2,50 m², l'altezza dello strato filtrante è di circa 1.250 mm.

9.7.13-CONTROLLO E CORREZIONE PH

Le acque in uscita dal treno di filtrazione e scambio ionico, sono inviate alla vasca di controllo e correzione pH (VCC), dotata di mixer (MX14) e corredata di sonda per la misura di pH (pHT8). In questa vasca, nel caso in cui il valore di pH sia superiore al limite massimo previsto dalla normativa a causa di una certa alcalinizzazione dovuta all'utilizzo delle resine selettive per il recupero dei metalli, si procede ad una correzione mediante dosaggio di acido cloridrico, tramite le pompe dosatrici PD11-12.

Le acque in uscita dallo stramazzo della vasca VCC entrano nella vasca VSb adiacente, per essere poi inviate al pozzetto di scarico P3.

9.7.14-SCARICO E CAMPIONAMENTO ACQUE

Le acque in uscita dalla vasca di VSb sono avviate allo scarico: esse attraversano un apposito pozzetto adibito al campionamento (P4), al quale giungono anche le acque provenienti dal trattamento con barriere reattive ed anche lo scarico dell'attuale impianto provvisorio, laddove per necessità dovesse essere utilizzato attivando la sezione costituita dal pozzetto di reazione e dalle vasche di sedimentazione.

In tale pozzetto sono ubicati gli strumenti di misurazione del pH (pHT11), e della concentrazione dei solfati (ST6).

9.7.15-ADDOLCIMENTO E STOCCAGGIO ACQUA RIUTILIZZO

Nella vasca VSb sono installate due pompe sommerse (PS3-4), una di riserva all'altra, per il sollevamento delle acque depurate verso la sezione di addolcimento a scambio ionico al fine di produrre acqua addolcita da riutilizzare nelle operazioni di lavaggio e rigenerazione delle resine selettive per il recupero dei metalli, per la sezione di filtrazione, per la dissoluzione del polielettrolita e per gli altri servizi dell'impianto.

La sezione di addolcimento è composta da due unità a scambio ionico (FA1-2), aventi diametro pari a 1.400 mm, realizzati in lamiera di acciaio al carbonio sabbiata e protetta internamente con particolare procedimento di vetrificazione, sabbiata e protetta esternamente con vernice epossidica.

I filtri sono completi di diffusori in materiale antiacido, di due passi d'uomo per le operazioni di manutenzione, di un oblò d'ispezione, di centralina automatica costituita da valvola pneumatiche per le operazioni di controlavaggio.

La superficie filtrante risulta essere di circa 1,50 m², l'altezza dello strato filtrante di circa 1.250 mm.

L'acqua addolcita prodotta è stoccata in apposito serbatoio cilindrico verticale (S1), a fondo piano, avente capacità di 20.000 litri, diametro 2.400 mm ed in seguito distribuita alle varie utenze mediante due pompe centrifughe (PS7-8).

La salamoia occorrente per le fasi di rigenerazione delle resine è stoccata in un serbatoio cilindrico verticale (SSA), a fondo piano, avente capacità totale di circa 5 m³, diametro 1.580 mm, altezza utile massima di 2.700 mm, ed è rilanciata tramite la pompa PSS.

9.7.16-RACCOLTA E TRATTAMENTO ACQUE DEI LAVAGGI

Le acque di risulta dei lavaggi dei filtri a quarzite, dei filtri a carboni attivi, delle resine a scambio ionico selettive per il recupero dei metalli e per l'addolcimento delle acque, sono convogliate verso una vasca di accumulo (VPM), dotata di mixer di agitazione (MX15) e di sonda di misurazione del pH (pHT9), al quale è asservito un sistema di dosaggio di soluzione di soda, per l'eventuale necessità di correzione del pH, visto l'acidità di tali acque.

In questo modo si andrà a favorire la precipitazione dei metalli e di tutte le altre impurezze contenute nelle acque di lavaggio.

Il sistema di dosaggio della soda è composto da due pompe dosatrici PD7 e PD8 ubicate presso l'area di stoccaggio della soda.

Le acque in uscita dalla vasca VPM entrano nella vasca di sollevamento VSC, equipaggiata con due pompe (PS5-6) per l'invio delle acque verso la successiva fase di ispessimento: il flusso pompato è monitorato tramite il misuratore di portata FT12.

9.7.17-ISPESSIMENTO ED ACCUMULO FANGHI

La linea fanghi prevede una sezione di ispessimento ed accumulo dei fanghi, nella quale i fanghi estratti dalle due vasche di sedimentazione, aventi un tenore in secco stimato del 2%, sono stoccati ed addensati per gravità. Nella vasca in questione affluiscono anche le acque di risulta delle operazioni di lavaggio dei filtri e delle resine a scambio ionico.

Il tenore in secco dei fanghi ispessiti in uscita è stimato nel 5%.

La vasca di ispessimento (I), a sezione circolare con diametro di 5 metri, è dotata di carroponte (CP3): il fango viene estratto ed alimentato alla successiva fase di disidratazione mediante apposite pompe mohno di alimentazione e pressurizzazione (PF5a/b e PF6a/b).

9.7.18-DISIDRATAZIONE MECCANICA FANGHI

La disidratazione meccanica del fango è effettuata mediante due filtropresse (F1-2) alloggiare in apposito edificio esistente ed appositamente ristrutturato, una di riserva all'altra, dalle quali si ottiene un pannello di fango disidratato avente un tenore percentuale di secco pari al 25 ÷ 28% e scaricato mediante coclea (C1 e C2) in appositi cassoni (CF) in attesa dello smaltimento finale in discarica.

Le due apparecchiature sono alimentate e pressurizzate dalle pompe PF5a/b e PF6a/b: sulle due mandate delle tubazioni di alimentazione alle filtropresse sono installati due misuratori di portata (FT13-14).

9.7.19-EQUALIZZAZIONE E RICIRCOLO ACQUE DI RISULTA LINEA FANGHI

Le acque chiarificate in uscita dalla vasca di ispessimento e le acque di risulta dall'operazione di filtropressatura sono convogliate nella seconda sezione della vasca di accumulo situata a valle dell'impianto attualmente esistente, avente lo scopo di accumulo ed equalizzazione (VER) e da qui sollevate e riciclate in testa all'impianto di trattamento, all'altezza della canaletta di adduzione delle acque in impianto.

Il rilancio di tali acque avviene tramite due pompe centrifughe (PS13-14) una di riserva all'altra: sulla tubazione di ricircolo risulta installato il misuratore di portata FT11, dette pompe sono dotate di inverter per poter alimentare la portata voluta.

9.7.20-IMPIANTI ELETTRICI

In relazione all'aumento di potenza elettrica impegnata derivante dalle nuove apparecchiature si prevede di implementare la fornitura elettrica in MT con unità di trasformazione MT/BT da 100 KVA, conseguentemente si prevede di installare un gruppo elettrogeno della potenza di 100 KVA, l'impianto elettrico sarà completato con i quadri BT di distribuzione, il tutto ubicato nel nuovo edificio servizi. Le utenze dell'impianto elettrico costituenti l'impianto attuale saranno riutilizzati a partire dall'attuale quadro generale.

9.7.21-SISTEMA DI CONTROLLO E REMOTAZIONE

Il sistema attualmente installato ha un'architettura con la soluzione distribuita (DCS) con livello di supervisione e controllo (SCADA + HMI) ed un livello di acquisizione/automazione/regolazione d'impianto (STAR + RTU), pertanto le componenti fondamentali sono:

- Una STazione di Acquisizione e Regolazione (STAR) collocata all'interno del locale dove è alloggiato il polipreparatore, questa stazione ha il compito di acquisire tutti i segnali provenienti dall'impianto stesso, di supportare le modalità di funzionamento dell'impianto ed infine di rendere disponibili tutte queste informazioni alla stazione operatore.
- Una stazione operatore collocata all'interno del cabinato condizionato, equipaggiata con software SCADA (Supervisory Control And data Acquisition) ed HMI (Human Machine Interface) per il controllo, telecontrollo e supervisione degli impianti.
- Una RTU (Remote Terminal Unit), ubicata al Pozzo Serpieri, in grado di acquisire segnali e misure, archivarle, trasmetterle via GSM alla stazione operatore di cui al punto precedente. Fondamentale caratteristica di tali apparati è la possibilità di trasmissioni spontanee (allarmi) via GSM, nonché di bassi consumi poiché non essendo disponibile l'energia elettrica nell'area del Pozzo Serpieri è alimentata da sistema fotovoltaico.
- Una stazione operatore portatile che acquisisce i dati dalla RTU installata presso il pozzo Serpieri, e che si collega alla stazione operatore fissa per poter visualizzare tutti i dati d'impianto (STAR + RTU).

Il collegamento della stazione operatore, che per brevità è chiamato HMI, con la stazione STAR avviene tramite fibra ottica alloggiata in opportuno conduit; il protocollo di comunicazione utilizzato è lo standard Ethernet TCP/IP.

Il collegamento dell'HMI con la RTU del Pozzo Serpieri avviene tramite vettore GSM e per maggiore affidabilità del collegamento sono installate anche delle antenne direzionali, due sul CABINATO ove è installato l'HMI ed una installata presso il Pozzo Serpieri.

Il collegamento della postazione portatile con la RTU e con la postazione operatore fissa avviene tramite vettore GSM.

Il sistema sopra descritto viene tutto mantenuto ed implementato per le nuove utenze, in particolare la stazione operatore sarà spostata in sala controllo nel nuovo edificio servizi.

Si rende inoltre necessario installare una seconda STAR in campo su cui cablare le nuove utenze, il collegamento tra la stazione operatore con la nuova STAR avverrà tramite fibra ottica alloggiata in apposito conduit.

Relativamente alla RTU installata al Pozzo Serpieri si prevede di acquisire con la stessa anche i segnali delle sonde multiparametriche, nonché lo stato di funzionamento delle pompe che si prevede di installare.

Si prevede di installare una seconda RTU presso il Fornello n.3 per poter acquisire i dati delle sonde multiparametriche ivi installate nonché lo stato di funzionamento della pompa installata.

Come già fatto per il Pozzo Serpieri, il collegamento dell'HMI con le RTU del Fornello n.3 avverrà tramite vettore GSM, con antenne direzionali.

9.7.22-OPERE CIVILI ED ACCESSORIE

E' oggetto del presente intervento, la realizzazione delle seguenti nuove opere:

- vasca di barriera permeabile reattiva PRB-a: trattasi di vasca a sezione rettangolare con dimensioni interne di 49,00x13,90 m ed altezza interna di 6,70 m; i muri perimetrali hanno uno spessore di 45 cm e 30 cm; la soletta ha uno spessore di 45 cm. Nel suo interno la vasca è suddivisa da pareti in c.a, in quattro comparti ciascuno di dim. 24,80x6,80 m. La vasca è completata da canalette laterali, pozzetti, pareti divisorie interne.
- vasca di barriera permeabile reattiva PRB-b: trattasi di vasca a sezione rettangolare con dimensioni interne di 27,80x11,10 m ed altezza interna di 6,70 m; i muri perimetrali hanno

uno spessore di 45 cm e 30 cm; la soletta ha uno spessore di 45 cm. Nel suo interno la vasca è suddivisa da pareti in c.a. in quattro comparti ciascuno di dim. 13,80x5,40m. La vasca è completata da canalette laterali, pozzetti, pareti divisorie interne.

- vasca di reazione (individuata nella planimetria con le sigle VO, VPD, VAD, VF): trattasi di vasca a sezione quadrata, suddivisa nel suo interno da quattro comparti, ciascuno di dimensioni interne 2,50x2,50 m; le pareti in c.a. hanno uno spessore di 20 cm, mentre la soletta ha uno spessore di 30 cm. La vasca è completata da canaletta perimetrale; inoltre per tale vasca è prevista la copertura con grigliato in PRFV.
- vasche di sedimentazione primaria (individuate nella planimetria con le sigle Vs3 e VS4): trattasi di due vasche gemelle, ubicate una di fianco all'altra e collegate attraverso pozzetto, aventi forma rettangolare con dimensioni di massimo ingombro di 19,66x6,60 m con altezza variabile. Le pareti e la platea hanno uno spessore di 30 cm. La parte iniziale è costituita da pozzetto per l'alloggiamento delle pompe, collegato con la zona tramogge. Entrambe le vasche verranno completate da canalette e muretti interni.
- vasca di accumulo fanghi (individuata nella planimetria con la sigla I): trattasi di vasca a sezione circolare con diametro interno di 5,00 m ed altezza di 3,50 m sul perimetro e di 4,80 m nel punto centrale. Le pareti hanno uno spessore di 30 cm, la platea ha uno spessore di 35 cm. La vasca verrà completata da canaletta interna e da camminamento centrale in c.a.. Inoltre è prevista la realizzazione di cunicoli, basamenti, piattaforme, bacini di contenimento di varie forme e dimensioni, nuovo canale di raccolta acque meteoriche, il tutto ubicato in prossimità delle nuove vasche a completamento delle stesse.

Tutte le vasche sopra descritte verranno realizzate in cemento armato gettato in opera con calcestruzzo almeno Rck 300 ed idoneo per ambienti aggressivi con presenza di solfati, classificati XD2 e XA2, secondo la norma UNIEN206-1 ed armate con acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo FeB44K; durante le fasi di esecuzione, ed in particolare, per la ripresa del getto tra soletta e pareti verticali, è previsto il posizionamento di giunto di ripresa getto in pvc della larghezza di 20 cm; per il fondo delle vasche è prevista la lisciatura della soletta da eseguirsi con strato superficiale antiusura costituito da aggregato minerale al quarzo corindone e ossidi coloranti in ragione di 5 kg/mq, per uno spessore medio di 2-3 mm.

Le altre attività comuni per tutte le vasche riguardano i movimenti terra ed i rinfilanchi laterali. Le attività inizieranno con la demolizione della sede stradale esistente in conglomerato bituminoso (bynder e tappeto di usura). Si procederà successivamente con lo scavo a larga sezione obbligata eseguito con mezzi meccanici, anche in presenza di roccia, al ripristino di manufatti eventualmente danneggiati durante le fasi di scavo, alla salvaguardia delle tubazioni interrato ed il loro eventuale ripristino.

Il rinfilanco laterale delle vasche verrà eseguito con il materiale scavato ed accantonato nell'ambito del cantiere; il materiale in eccesso verrà riutilizzato per le altre attività previste nel presente progetto preliminare.

Completano la realizzazione delle vasche, alcune opere di finitura, quali ad esempio:

- parapetto in acciaio zincato a caldo e verniciato di altezza 1,10 m, costituito da corrimano, montanti verticali e tubolare a metà altezza a sezione circolare e parapiede;
- scale costituite da struttura in acciaio zincato a caldo e verniciato e gradini con grigliato in vetroresina tipo aperto.
- grigliati in vetroresina monolitici di spessore 33 mm, per la chiusura di cunicoli, pozzetti e canalette, con finitura superficiale antisdrucchiolo posati all'interno di angolari in acciaio zincato dim. 35x35x3 mm ancorati alla struttura in c.a. per mezzo di zanche.

Occorre precisare, che trattandosi di ampliamento di impianto già esistente, verranno eseguite alcune modifiche alla situazione attuale ed in particolare: demolizione del manufatto cabina elettrica, costituito da struttura in c.a., tamponamento in muratura, copertura a falde inclinate, al posto del quale sarà realizzata la nuova palazzina uffici e servizi; deviazione del canale di raccolta acque meteoriche; smontaggio della recinzione che delimita l'impianto esistente; asportazione dell'area impermeabilizzata di stoccaggio terreno; interventi di collegamento con i sottoservizi esistenti e quant'altro necessario.

Nell'intervento in oggetto è prevista, altresì la costruzione di alcuni manufatti:

- Edificio preparazione e dosaggio reagenti (individuato nella planimetria con il n. 1): trattasi di edificio di forma rettangolare, con dimensioni di massimo ingombro 14,50x7,80m ed altezza di circa 5,00 m e verrà realizzato con struttura in acciaio, la copertura sarà costituita da struttura portante in capriate di acciaio. Il tamponamento laterale dell'edificio ed il manto di copertura (a falde inclinate) verranno eseguiti con pannelli in lamiera grecata a doppia parete con coibente interno dello spessore di 5 cm. La struttura in acciaio poggerà su idonea fondazione in c.a. gettata in opera, la pavimentazione interna verrà eseguita in c.a. lisciata superficialmente al quarzo. Completano l'edificio finiture varie, quali ad esempio infissi (porte, portoni, vetrate, canale di gronda, tubi pluviali etc..).
- Edificio filtrazione e scambio ionico (individuato nella planimetria con il n. 2): trattasi di edificio con forma irregolare, con dimensioni di massimo ingombro 18,00x12,00m ed altezza di circa 5,00 m e verrà realizzato con struttura in acciaio, la copertura sarà costituita da struttura portante in capriate di acciaio. Il tamponamento laterale dell'edificio ed il manto di copertura (a falde inclinate) verranno eseguiti con pannelli in lamiera grecata a doppia parete con coibente interno dello spessore di 5 cm. La struttura in acciaio poggerà su idonea fondazione in c.a. gettata in opera, la pavimentazione interna verrà eseguita in c.a. lisciata superficialmente al quarzo. Completano l'edificio finiture varie, quali ad esempio infissi (porte, portoni, vetrate, canale di gronda, tubi pluviali etc..).
- Edificio filtropresse (individuato nella planimetria con il n. 3): trattasi di edificio esistente, di forma rettangolare con dimensioni in pianta di 16,60x12,00 m, del quale saranno utilizzate le strutture portanti verticali e orizzontali in acciaio, sarà smontato e smaltito il tamponamento in pannelli in acciaio e sarà realizzato un nuovo tamponamento.
- Palazzina uffici e servizi (individuata nella planimetria con il n. 4): trattasi di edificio a due piani, di forma irregolare, con massimo ingombro in pianta di 11,60x8,80m; i locali al suo interno saranno adibiti a officina meccanica, servizi, spogliatoi, uffici, sala controllo etc. La struttura è prevista in cemento armato gettato in opera, comprendente platea di fondazione, pilastri, travi in elevazione, solaio in latero cemento o prefabbricato in c.a.p. a pannelli. La muratura perimetrale è prevista con blocco tipo Poroton di sp. 20 o 25 cm, mentre le murature interne con mattoni forati di sp. 10 cm. Le pareti verranno poi intonacate e tinteggiate. La copertura è prevista a falde inclinate con manto di copertura in laterizio. Completano l'edificio finiture varie, quali ad esempio infissi (porte e finestre), pavimenti, rivestimenti, canale di gronda, tubi pluviali etc.. Verranno inoltre realizzati gli impianti elettrici, di riscaldamento, di condizionamento, idrico-sanitario, per gli scarichi dei servizi igienici, verrà installata apposita vasca Imohf, l'acqua potabile potrà essere attinta da serbatoi di stoccaggio.

Viabilità

L'ampliamento dell'impianto comprende anche la realizzazione di una nuova viabilità interna e la modifica delle strade già esistenti per collegarle alle nuove.

E' prevista dunque la realizzazione di nuove massicciate stradali, costituite da riempimento con inerte 0/70 stabilizzato e da rifioritura con misto granulare stabilizzato pezzatura 0/20, spessore 10 cm; la pavimentazione verrà eseguita con stesura di "bynder", con granulometria mm 0/20 aperta, steso a caldo con vibrofinitrice per uno spessore di 80 mm e con stesura di conglomerato bituminoso per il tappeto di usura con granulometria mm 0/10 chiusa, spessore compresso di 30 mm.

L'area dell'impianto verrà delimitata da rete plastificata avente un'altezza di 2,00 m e lungo il fosso Ribudelli, da parapetto in acciaio. L'accesso avverrà per mezzo di n. 3 cancelli in acciaio zincato: n. 2 di dim. 6,00x2,00(h) m, e n. 1 di dim. 4,00x2,00 m.

Sottoservizi

L'ampliamento del nuovo impianto, prevede anche la realizzazione di nuovi sottoservizi:

- nuova linea fognaria per la raccolta delle acque meteoriche;
- nuova linea di illuminazione esterna;
- nuova linea elettrica per l'alimentazione delle varie utenze distribuite all'interno del nuovo impianto.

Tali sottoservizi verranno realizzati utilizzando pozzetti in cls prefabbricati di varie dimensioni, tubi in pvc, tubi corrugati e tubi in pead, di vario diametro e rispondenti alle seguenti caratteristiche:

- pozzetti prefabbricati completi di fondo, delle necessarie prolunghe prefabbricate per raggiungere le profondità, eseguiti in conglomerato cementizio vibrato e posati su massetto di sottofondo, dello spessore minimo di 15 cm, e rinfianchi in conglomerato cementizio dosato a 250 kg di cemento tipo R 3,25 per mc di inerte a granulometria regolamentare;
- ghisa sferoidale per caditoie, chiusini, griglie, canalette, ecc, complete di telaio, per la chiusura dei pozzetti;
- tubi e raccordi in PVC rigido non plastificato conformi alla norma EN 1401 tipo SN 4 e garantiti dai marchi "iiP", giuntati a bicchiere mediante anelli elastomerici OR e posati interrati. Il tubo sarà posato, rinfiancato e coperto da uno spessore di cemento Rck 150;
- tubi e manicotti in PEAD HDPE doppia parete con superficie esterna corrugata colore rosso e superficie interna liscia, giuntati mediante manicotti e posati interrati su sottofondo in cls dello spessore minimo di 15 cm e rinfiancati in conglomerato cementizio dosato a 250 kg di cemento tipo R 3.25 per mc di inerte a granulometria regolamentare;
- tubi in pead, di vario diametro, in barre da 6 e da 12 m e in rotoli, completi di pezzi speciali, quali curve aperte, chiuse, tee, inserti, cartelle, riduzioni, elementi di collegamento tra pead ed acciaio etc.. tali tubi verranno posati, rinfiancati e ricoperti con sabbia media lavata e vagliata di granulometria 0-8;
- realizzazione di plinti, per il posizionamento di pali di illuminazione, da eseguirsi in c.a..

Linee idrauliche di processo

Il collegamento tra i vari comparti dell'impianto avverrà per mezzo di nuove linee di processo interrate, da eseguirsi con tubazioni in pvc o pead di vario diametro. Le tubazioni dovranno avere le seguenti caratteristiche: - pvc rigido non plastificato conformi alla norma EN 1401 tipo SN 4 e garantiti dai marchi "iiP", giuntati a bicchiere mediante anelli elastomerici OR; - pead conforme alla norma UNI EN 12201 PN6 e/o PN10 PE100.

La sezione tipo comune alle varie linee essendo la maggior parte di queste previste su sede stradale è la seguente:

- scavo a sezione ristretta obbligata continua, eseguito con mezzi meccanici a pareti verticali in terreno di qualsiasi natura e consistenza, compresi i trovanti rocciosi, relitti di murature e di conglomerato cementizio fino alle dimensioni di 0,50 mc;
- posa del tubo di vario diametro, in barre da 6 e da 12 m, completi di pezzi speciali, quali curve aperte, curve chiuse, tee, inserti, cartelle, riduzioni etc.;
- letto, rinfilanco e ricoprimento del tubo con sabbia eseguiti parte con mezzi meccanici, parte a mano se necessario con sabbia media lavata e vagliata di granulometria 0-8;
- riempimento con inerte 0/70 stabilizzato e con misto granulare 0/20;
- ripristini del bynder e del tappeto di usura da effettuare sulla viabilità esistente, avente rispettivamente spessore di 80 mm e 30 mm.