

COMUNE DI AVELLINO

PROVINCIA DI AVELLINO



PROGETTO DEFINITIVO

Progetto di messa in sicurezza Operativa e Bonifica localizzata del sito STIR

-Attuazione del D.D. Regione Campania n. 99 del 16/11/2016 - Prot 2016 0767486-

IL COMMITTENTE:



I Progettisti:

Ing. Francesco INFANTINO

Dott. Geol. Gerardo GRELLE

II RUP:

Dott.ssa Patrizia PONTILLO

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA

Avellino, MAGGIO 2017

ELABORATO
- R.01 -

PREMESSA

In ottemperanza a quanto disposto dal D.D. Regione Campania n. 99 del 16/11/2016 - Prot 2016 0767486 (Allegato 3): " ... *che la Società IrpiniAmbiente provveda alla messa in sicurezza operativa del sito con la previsione di cinturare lo stesso rispetto all'afflusso delle acque sotterranee risultate contaminate provenienti dall'esterno e nel riportare a valori di CSC nei punti di conformità gli analiti (Manganese e Tetraclorometano) che hanno superato le CSR...*" la suddetta Società IrpiniAmbiente Spa ha provveduto alla stesura di un progetto definitivo di Messa in Sicurezza Operativa e di Bonifica Localizzata in ottemperanza alle disposizioni del D.Lgs 152/2006, Art. 242, Comma da 5 a 13 .

Il progetto definitivo in parola riguarda la realizzazione di:

1. opere sotterranea verticali che vadano a sbarrare e/o deviare il deflusso delle acque esterne definite quali contaminanti dal suddetto Decreto Regionale;
2. opere di drenaggio e di convogliamento delle acque di circolazione idrica sotterranea interne all'area STIR;
3. opere ed apparati per la decontaminazione da manganese delle suddette acque atte a riportare condizioni di accettabilità operativa delle aree interne al sito (concentrazioni minori delle CSR) oltre che ad assicurare l'emissione all'esterno delle stesse in condizione di non-contaminazione (concentrazioni minori delle CSC). Fermo restando, per queste ultime, la possibile rimodulazione dei tenori di fondo da parte degli Enti preposti, così come suggerito dalla nota del I.S.S prot.6328 del 2 marzo 2017 e disposto dal D.Lgs. 4/2008.

Per quanto attiene alle concentrazioni di Tetraclometano, queste sono state rilevate quali eccedenti le CSR (Concentrazioni Soglie di Rischio) in area esterna al sito STIR di proprietà dell'IrpiniaAmbiente Spa e quindi per il sito in questione tale contaminazione è considerata, nelle fasi operative del seguente progetto definitivo, in relazione alle disposizioni del D.Lgs 152/2006, Art. 242, Comma 5.

ELENCO ELABORATI

- R.01 – RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA
- R.02 – RELAZIONE GEOLOGICA
- R.03 – RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE
- R.04 – PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO
- R.05 – PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO
- R.06 – QUADRO ECONOMICO PROGETTO DEFINITIVO
- R.07 – COMPUTO METRICO
- R.08 – COSTI DELLA SICUREZZA
- R.09 – INCIDENZA MANODOPERA
- R.010 – ANALISI NUOVI PREZZI
- R.011 – PIANO DI SICUREZZA
- R.012 – INTERVENTI DI MITIGAZIONE CRITICITA' AMBIENTALI
- TAV.01 – PLANIMETRIA GENERALE DEGLI INTERVENTI
- TAV.02 – PLANIMETRIA GENERALE IMPIANTI
- TAV.03 – PARTICOLARI COSTRUTTIVI DELLE OPERE
- TAV.04 – PARTICOLARI APPARATI TRATTAMENTO E SCARICO
- TAV.05 – SCHEMA DI FUNZIONAMENTO IMPIANTO PUMP AND TREAT
- TAV.06 – PLANIMETRIA GENERALE INDAGINI PROPEDEUTICHE
- TAV.07 – PUNTI DI MONITORAGGIO E CONTROLLO
- TAV.08 – CRONOPROGRAMMA

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – D.D. Regione Campania n. 99 del 16/11/2016 - Prot 2016

ALLEGATO 2 – Lettera richiesta autorizzazione allo scarico Alto Calore spa

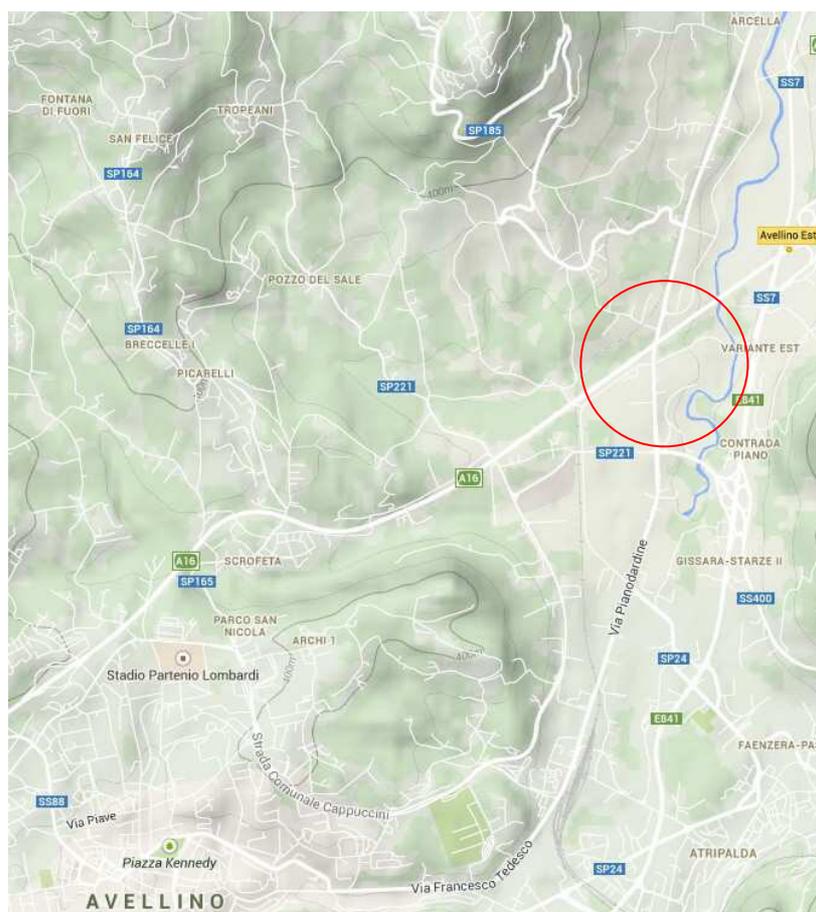
ALLEGATO 3 – Paino di Caratterizzazione.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito dell'impianto STIR di Pianodardine si colloca nel territorio comunale di Avellino, sulla sinistra idrografica del Fiume Sabato ed interessa la particella 1259 del Foglio 8 della Cartografia catastale del Comune di Avellino. Il Comune di Avellino Confina a nord con Capriglia Irpina, Grottolella, Ospedaletto d'Alpinolo, Summonte e Montefredane, a est con Manocalzati, Atripalda, Aiello del Sabato, a sud con Contrada e a ovest con Mercogliano e Monteforte Irpino

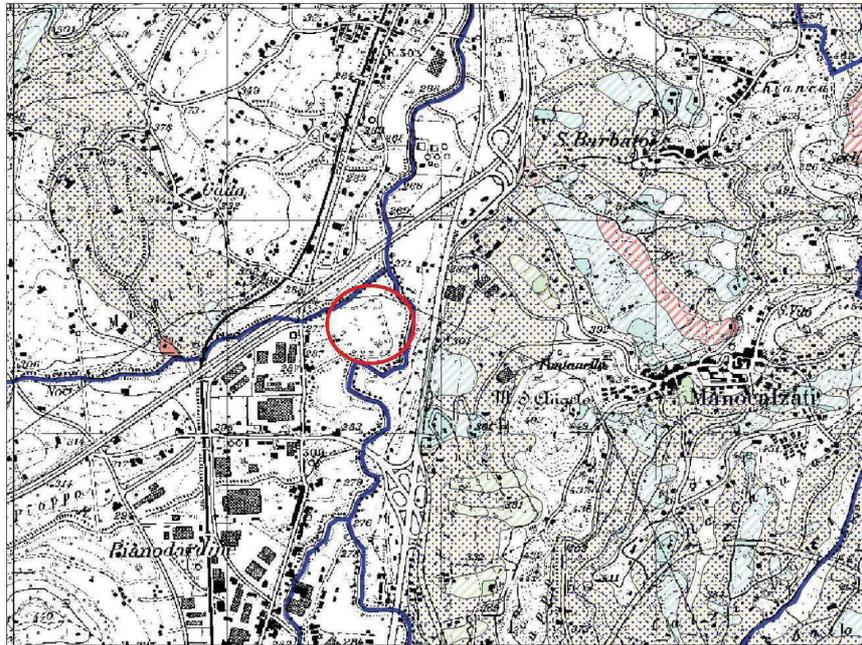
In particolare la località del sito è Pianodardine e si trova ad ovest del confine occidentale del Comune di Manocalzati. Altre aree urbane limitrofe sono la frazione S. Barbato di Manocalzati, la frazione Arcella di Montefredane nonché i comuni di Avellino ed Atripalda.

Il sito che si colloca in una vallata fluviale a ridosso della quale si elevano rilievi di tipo collinare, è delimitato da altri due corsi d'acqua, il rio Vergine a sud ed il Rio Noci a Nord.



Carta del rilievo del territorio comunale di Avellino con ubicazione del sito STIR

Dalla consultazione della cartografia tematica del PAI – Autorità di Bacino Liri – Garigliano – Volturno, si evince che il sito dell’impianto STIR di Pianodardine non rientra nelle perimetrazioni del rischio frana.



Stralcio della Carta degli scenari di rischio da frana del PAI dell’Autorità di Bacino Liri – Garigliano – Volturno

Legenda



AREA A RISCHIO MOLTO ELEVATO - R₄

*Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
(* Aree a rischio molto elevato ricadenti in zone a Parco)*



AREA A RISCHIO ELEVATO - R₃

Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.



AREA A RISCHIO MEDIO - R₂

Nella quale per il livello di rischio presente sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.



AREA A RISCHIO MODERATO - R₁

Nella quale per il livello di rischio presente i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.



AREA DI ALTA ATTENZIONE - A₄

Area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa alta.



AREA DI MEDIO - ALTA ATTENZIONE - A₃

Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana attiva a massima intensità attesa media o di una frana quiescente della medesima intensità in un'area classificata ad alto grado di sismicità.



AREA DI MEDIA ATTENZIONE - A₂

Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana quiescente, a massima intensità attesa media.



AREA DI MODERATA ATTENZIONE - A₁

Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana a massima intensità attesa bassa.



AREA A RISCHIO POTENZIALMENTE ALTO - R_{Pa}

Area nella quale il livello di rischio, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.



AREA DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE ALTA - A_{Pa}

Area non urbanizzata, nella quale il livello di attenzione, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggiore dettaglio.



AREA A RISCHIO POTENZIALMENTE BASSO R_{Pb}

Area nella quale l'esclusione di un qualsiasi livello di rischio, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.



AREA DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE BASSA A_{Pb}

Area nella quale l'esclusione di un qualsiasi livello di attenzione, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.



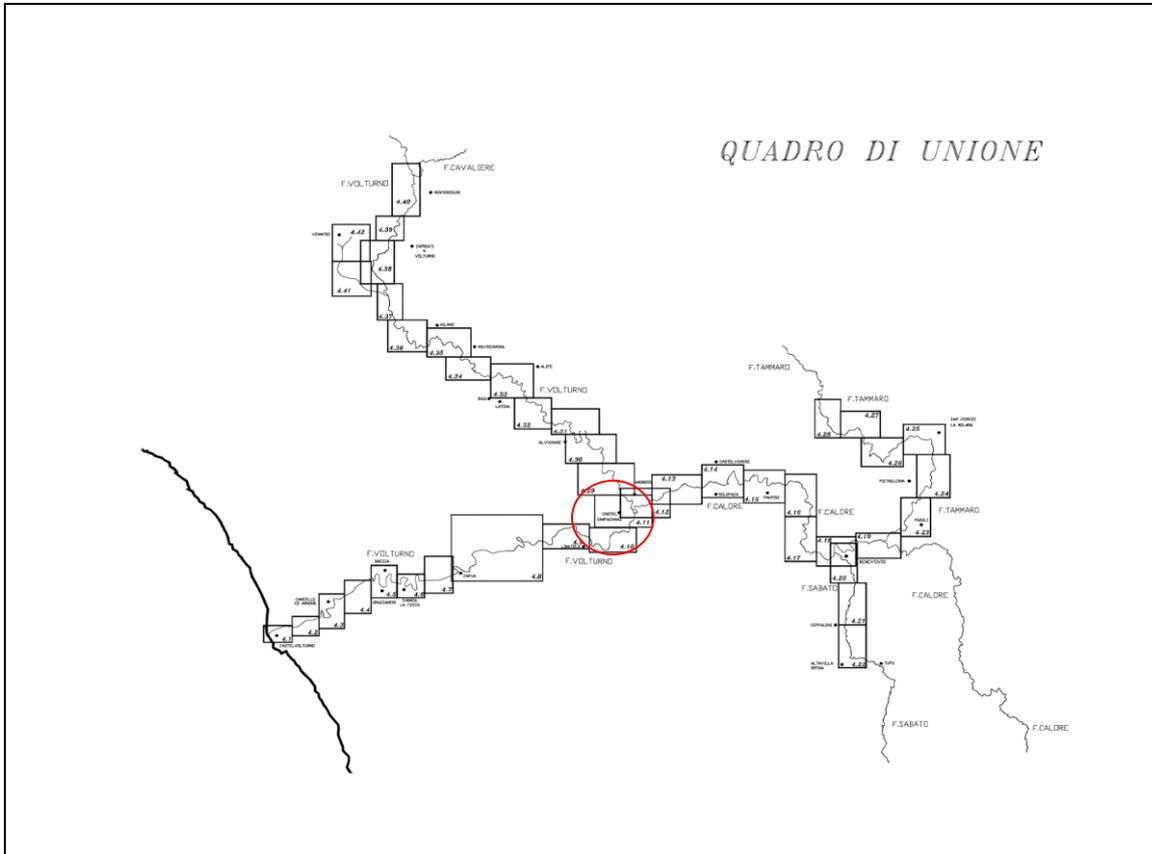
Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11/3/88 - C₁

N.B.: Nelle aree a contorno delle frane, quando non è indicato l'ambito morfologico significativo di riferimento, l'area di possibile ampliamento deve essere estesa fino allo spartiacque principale o secondario, già riportati nella carta geomorfologica.



Area di versante nella quale non è stato riconosciuto un livello di rischio o di attenzione significativo (applicazione D.M. LL.PP 11/3/88) - C₂

Per quanto concerne il rischio da alluvioni nel PAI dell’Autorità di Bacino Liri –Garigliano – Volturno non è stata prodotta alcuna tavola per l’area in cui ricade il sito STIR.



Quadro di unione dei fogli della Carta del rischio alluvioni del PAI dell’Autorità di Bacino Liri – Garigliano – Volturno

2. DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE ATTUALI DEL SITO E DELL'IMPIANTO IN ESSERE

Allo stato attuale l'insediamento industriale "STIR", sito nel Comune di Avellino nella Z.I. ASI Pianodardine, opera il trattamento meccanico dei rifiuti RSU indifferenziati.

L'impianto progettato per il trattamento di 116100 t/a di rifiuti solidi urbani indifferenziati, è stato autorizzato con provvedimento n. 267 del 31 dicembre 2009 del Commissario Delegato a fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella Regione Campania al trattamento di un quantitativo massimo di 464 t/g.

Codice IPPC	Tipologia Impianto	Operazioni svolte e autorizzate (secondo Allegato B e/o C alla parte IV del d.lgs.152/06	Rifiuti NP	Rifiuti P	Rifiuti Urbani
5.3	Stoccaggio/recupero	R3, R13, D15, D14, D8	X	-	X

La condizione dimensionale dell'insediamento industriale è descritta nella seguente tabella:

Superficie totale (mq)	Superficie coperta (mq)	Anno costruzione complesso
50000	10860	2001

L'impianto interessa complessivamente una superficie pari a 50000 mq.

La superficie coperta si estende per circa 10860 mq di questi: 360 mq sono occupati dalla palazzina destinata agli uffici e servizi vari; 4400 mq sono destinati all'edificio di accettazione, selezione e imballaggio/trito-vagliato sfuso; 4400 mq sono afferenti l'edificio (MVS) della stabilizzazione; 1700 riguardano l'edificio della raffinazione.

Tale suddivisione è sintetizzata in tabella:

Area	Superficie utile (mq)
Edificio accettazione/selezione/imballaggio	4400

Edificio stabilizzazione (MVS)	4400
Edificio raffinazione	1700
Uffici e servizi vari	360
TOTALE	10860

Il resto della superficie complessiva è destinata a piazzali e strade interne e all'area a verde per un totale di circa 39000 mq

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio è ubicata nel settore Nord-Est del limite del territorio comunale di Avellino all'interno del comprensorio industriale ASI di Pianodardine, lungo la valle del fiume Sabato impostato, dal punto di vista geologico, lungo una depressione morfostrutturale, allungata in direzione ovest-est.



Ubicazione dell'area STIR nel comprensorio industriale ASI di Pianodardine Avellino

Nello specifico il sito di studio ricade nella sinistra idrografica del fiume Sabato tra le confluenze del vallone Rio Nord e del Vallone del Pioppo, estendendosi su una superficie di circa 61000 mq.

La specifica località del sito è Pianodardine, si trova a circa 1,5 km ad est del centro abitato di Manocalzati e dalla frazione S. Barbato, mentre più distanti sono la frazione Arcella di Montefredane a nord, nonché i comuni di Avellino ed Atripalda a sud. Ricadendo come detto nella piana alluvionale del fiume Sabato, il sito è in corrispondenza di una delle anse meandriche del fiume, ad una quota di quota di circa 275 m. (s.l.m.). Esso quindi viene a ritrovarsi in una particolare posizione morfologica, come si evince dall'allegata carta morfologica, con specifiche caratteristiche dal punto di vista geologico, come nel seguito sarà definito.

4. ASSETTO IDROGEOLOGICO E IDROGRAFICO

4.1 Assetto idrologico generale

L'assetto idrogeologico, e di conseguenza la circolazione idrica del sottosuolo, è il derivato di vari fattori litologici e morfo-strutturali influenzanti le geometrie e i rapporti spaziali degli ammassi, dotati di permeabilità differenziate. In tale ambito, la circolazione idrica sotterranea è sostanzialmente condizionata del deflusso idrico superficiale dato dal F. Sabato e dai suoi tributari sia in destra che in sinistra orografica. Su tali basi, come successivamente sarà illustrato nel dettaglio, le dinamiche di portata idraulica del corso d'acqua, sia a carattere stagionale che episodico (piene o alluvionamenti), influenzano notevolmente i deflussi idrici sotterranei sia in termini di portata freatica sia in termini di direzionalità del deflusso stesso. E' inoltre da sottolineare la peculiare ubicazione del sito STIR anche in ragione di una particolare condizione locale che vede, a fronte di un andamento meandriforme del Fiume Sabato, anche il possibile differente assetto idrodinamico delle falde afferenti alle due opposte sponde. In particolare si evince come a livello locale in destra orografica (sponda opposta STIR) sussiste il rilievo del Monte Sant'Angelo, ricadente nel comune di Manocalzati, caratterizzato da depositi dell'Unità di Altavilla di denominazione CARG: UTAb e UT Ae; tali unità sono ascrivibili a terreni prevalentemente silicoclastici grossolani e/o sabbiosi con intercalazioni discontinue di materiale limoso argilloso. Tale promontorio, di fatto, determina un acquifero locale la cui apprezzabile produttività è evidenziata da venute idriche a ridosso dell'alveo, sempre in parte destra del Fiume Sabato), spesso captate da vasche o da superficiali pozzi di presa. Ciò implica un sostanziale e perenne carico idraulico che da quel fronte apporta un cospicuo incremento idrico al fiume. Nella tabella sottostante si riporta un estratto: "Risorse Idriche della Provincia di Avellino" (Aquino et al., 2006) redatto dall'Alto Calore Servizi SpA e dai dipartimenti di Scienze della Terra dell'Università di Napoli e del Sannio, dal quale si evince come tali sorgenti affiorano a ridosso della sponda destra del F. Sabato con portate rilevate non superiori ad 1.00 l/s.

Diversamente, nel lato sinistro, ove sono ubicati gli stabilimenti STIR, la zona appare prevalentemente pianeggiante in cui gli apporti idrici al fiume calore avvengono prevalentemente dai tributari che raccolgono acque di ruscellamento da aree sub-bacinali anche di apprezzabile entità (10-30 kmq); i più produttivi tra questi sono sicuramente il Rio Nocelle ed il Rio Vergine.

I dati, le assunzioni ed i modelli esposti sono riportati in maniera integrale e completa nel Piano di Caratterizzazione (Allegato 3) che è da supporto a codesto progetto definitivo.

4.2 Reticolo Idrografico Significativo

Il sito dell'impianto STIR di località Pianodardine si colloca sulla sinistra idrografica del Fiume Sabato, affluente sinistro del Fiume Calore Irpino. In particolare, l'area in studio si colloca tra l'incisione fluviale del Rio Noci a Nord e del Rio Vergine a sud, ambedue affluenti in sinistra idrografica del fiume Sabato.

4.2.1 Caratteristiche idrografiche di Bacino (Fiume Sabato)

La zona oggetto dell'intervento si colloca nelle medio-valle del Fiume Sabato e, stando alla sua particolare posizione, essa risulta essere influenzata dalla totalità delle variazioni idrauliche più o meno rilevanti che avvengono nell'intera area bacinale di monte. A tal proposito, si riporta che la valle riferita al comprensorio di Pianodardine (AV) va a definire uno dei primi sostanziali tratti a bassa pendenza del Fiume stesso che attraversa una vasta area, in direzione prevalentemente Sud-Nord, per una lunghezza complessiva di circa 50 Km; in merito all'intera asta idrografica lo STIR si colloca a circa 25-28 Km dalla zona di origine, quindi a metà dell'intero percorso.

L'origine del Sabato è imputabile ad alcune emergenze idriche localizzate nel varco Colla Finestra a 1.010 m s.l.m. ubicato in un settore settentrionale del Monte Accellica a 1.660 m s.l.m.. Il bacino che alimenta il fiume ha forma trapezoidale e ricopre una superficie di circa 460 Km². Lo spartiacque superficiale del suddetto bacino si sviluppa, ad est, lungo la linea di cresta dei Monti Picentini (Monte Accellica 1660m slm, Monte Terminio 1785 m slm, Monte Faggeto 1105m slm), per poi correre lungo le dorsali collinari che si ergono a Nord fino ad arrivare in prossimità del centro urbano della città di Benevento e così immettersi nel Fiume Calore. La pendenza media dell'alveo è di circa 1.5% raggiungendo valori massimi di 3.5% che si rilevano nel tratto di monte e fino all'abitato di Sarno; le pendenze minime sono dell'ordine dello 0.35% circa e caratterizzano il tratto compreso tra gli abitati di Atripalda e Tufo che delimitano a Nord ed a sud l'area oggetto dell'intervento.

4.2.2 Idrologia locale

L'idrologia locale è caratterizzata dal locale andamento del F. Sabato e dalla confluenza di due suoi tributari (torrenti) in sinistra orografica: il Rio Vergine ed il Rio Nocelle; rispettivamente ubicati a Nord ed a Sud dell'area STIR. Per quanto attiene al F. Sabato, questo attraversa l'area in una

condizione di quasi completo incasso con una larghezza media di circa 10-15 metri. Gli argini sono per la quasi totalità il risultato di una persistente e multitemporale sistemazione nonché di interventi di ripristino delle sponde che sul lato destro, ove la morfologia del versante e quindi le spinte dei terrapieni a tergo risultano sostanzialmente le più elevate, sono definite da paratie di pali a tratti facenti funzione di struttura portante di gabbionate a due/tre gradoni. Sul lato sinistro le spinte dei terrapieni sono supportate prevalentemente da gabbionate che in molti casi, date le basse pendenze, assumono esclusivamente compito di difesa di sponda.

Il tratto in questione, come più volte detto, si sviluppa secondo un sistema meandriforme avente un raggio di curvatura variabile presumibilmente in ragione dei litotipi attraversati e degli apporti idrici localizzati (nel caso specifico del Monte S. Angelo di Manocalzati) provenienti dal margine destro. Il raggi di curvatura di tale sistema a meandri si definiscono variabili tra 100 e 200 metri con tratti del singolo meandro variabili tra da 200 a 500 metri. Nella specifica area è inoltre presente un sistema di briglie, in particolare una briglia dell'altezza di circa 1.00- 1.50 metri dalla superficie d'alveo (rilevabile in periodi di magra), nella zona dove il tratto di fiume è attraversato a ponte dal collettore delle acque di depurazione dell'ASI, gestore della zona industriale di Pianodardine. La presenza della suddetta briglia, come ricorrente accade, può determinare un effetto di parziale ricollo della subalvea nello specifico tratto di fiume, influenzando, a vario grado, l'assetto idrogeologico locale; questa condizione sarà meglio discussa e approfondita nei punti seguenti.

Per quanto attiene i due affluenti locali è da evidenziare che tra i due il Rio Vergine assume una condizione di portata perenne che difficilmente arriva ad essere in magra totale anche nei periodi di elevata siccità; esso intercetta le acque zenitali ma anche alcune acque sorgentizie ai piedi del Partenio nel settore afferente al picco di Montevergine; nel periodo di luglio 2015 (vicino al periodo di magra) la luce idraulica in alveo faceva registrare una distanza di circa 5-6 metri. Nell'ultimo tratto, prima di immettersi nel Sabato, il torrente attraversa per una distanza di circa 2 Km l'area industriale ASI di Pianodardine. Nello stesso Luglio 2015, per il Rio Nocelle, che può avere un carattere stagionale presentandosi prevalentemente asciutto nei periodi estivi, lo scrivente ha osservato un flebile rivolo con un flusso prevalentemente in subalvea.

4.3 Modello idrologico locale

La coerenza tridimensionale delle elaborazioni planimetriche è stata definita attraverso la costruzione di sezioni a carattere geologico-tecnico ed idrogeologico con la rappresentazione del modello di deflusso nei tratti interessati dalle stesse.

Le condizioni e le dinamiche di sottosuolo definite in tali sezioni, caratterizzate in termini di modello litologico relazionato al modello di circolazione idrica, sono state correlate, desunte ed ottimizzate in relazione ai dati puntuali delle suddette indagini dirette ed indirette eseguite per la stesura del Piano di Caratterizzazione (Allegato 3). Queste ultime si riferiscono ad indagini geoelettriche (resistività e caricabilità) nonché ad indagini di sismica a rifrazione ad onde primarie. Tali correlazioni saranno evidenziate di volta in volta nella seguente trattazione particolareggiata del modello di deflusso locale che risulta essenzialmente composto da una circolazione idrica a quote più elevate, deflusso di monte riguardante il settore ad ovest, e da un deflusso prossimale all'alveo fluviale del F. Sabato e del torrente "Rio Nocelle", deflusso di valle, riguardante la zona sud/sud-est e nord/nord-est del settore STIR.

Andamento del deflusso di monte

Le misure della profondità statica della superficie di falda (profondità piezometrica) è stata eseguita in concomitanza delle operazioni di spurgo propedeutico per il campionamento ambientale nella campagna indagine di Giugno 2015 e come misura prestabilita di ricognizione/monitoraggio di Luglio 2015 per tutti i punti di misura presenti, ovvero per i sondaggi e pozzi eseguiti nelle precedenti campagne indagini. Data una più completa distribuzione areale, proprio questi ultimi sono stati utilizzati per l'analisi di ricostruzione dell'andamento della piezometrica riportata nella carta idrogeologica del Piano di Caratterizzazione (Allegato 3). L'analisi di distribuzione spaziale del dato è stata eseguita in ambiente GIS attraverso la tecnica di interpolazione "Spline" che ha la specifica caratteristica di restare invariato il valore nel punto di misura nell'analisi computazionale. Tale condizione ha permesso di tutelare l'osservazione di specifiche variazioni locali, e le distribuite e numerose misure hanno permesso di definire un quadro sufficientemente accurato degli andamenti sotterranei del deflusso.

L'analisi spaziale così realizzata ha evidenziato quote piezometriche che vanno da 276 a 270-269 m. s.l.m. con pendenze medie di circa 3%-4% e con un pendenza massima, osservabile a sud in direzione della porzione di ansa convessa, di circa 8-9%. In tale ambito, la direzione del deflusso e

le modalità di propagazione definiscono una falda freatica di tipo sospesa di normale deflusso che va ad alimentare il sottostante F. Sabato. Tale falda è definita quale "falda di monte". Per tale deflusso, inoltre, è osservabile come le linee di deflusso (vettori rossi - carta idrogeologica), tracciate normali alle piezometriche, convergono verso il piezometro S9 portando un relativo cospicuo quantitativo idrico localizzato. Tale punto si trova nella zona centrale dell'impianto STIR. A fronte di una zona di convergenza sussiste una persistente zona di divergenza che occorre relazionata allo spartiacque sotterraneo caratterizzato dall'andamento del top dello strato argilloso di base. In particolare, nella zona più sommitale di tale tratto, la falda sembra non raggiungere il top delle argille lasciando una limitata porzione asciutta compresa nella parte sud dell'impianto MVS dello STIR; tale condizione occorre ed è quindi ivi accertata, in prossimità del piezometro S8. In merito, lo stesso mostra scarsissime portate evidenziate dai lentissimi recuperi del livello piezometrico statico all'equilibrio a seguito delle operazioni di spurgo; tali tempi sono stati in ogni caso superiori alle 24-48 ore. E' inoltre possibile notare che tale condizione di spartiacque sotterraneo, costituito dal promontorio substratico argilloso-siltitico, estende la sua propaggine fino al corso del F. Sabato seguendo grossomodo l'andamento del collettore di scarico ASI delle acque non depurate. Quindi per tale condizione di morfologia sepolta e limitatamente a tale area, il deflusso idrico sotterraneo risulta principalmente imputabile al transito verticale e sub-verticale delle acque di infiltrazione meteoriche (box4 e box7), quindi maggiormente presente e consistente durante i periodi piovosi.

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche del modello idrodinamico, questo risulta, per certi aspetti, complesso; per esso, essendo un deflusso prettamente sostenuto dalle argille di base, i carichi idraulici e le velocità di filtrazione sono essenzialmente dipendenti dall'andamento morfologico sepolto di queste ultime. Inoltre, gli orizzonti acquiferi, definiti da alluvioni antiche, depositi piroclastici da caduta e da intercalazioni colluviali, risultano essere caratterizzati da una apprezzabile variazione delle caratteristiche di conducibilità idraulica. Tali variazioni, in relazione anche ai rapporti eteropici latero-verticali tra le varie unità litotecniche, costituiscono prerequisito sostanziale che associa a tale acquifero un assetto di parziale confinamento e comunque non totalmente definibile quale libero o freatico. Tale assetto suggerisce di considerare in maniera cautelativa, nell'analisi di simulazione della possibile diffusione del plume di contaminazione, un modello di trasmissività di acquifero confinato caratterizzato da valori nettamente maggiori di trasmissività e quindi con più elevati valori di diffusività della contaminazione (valori nella carta circolazione idrica sotterranea e rappresentazione dell'analisi di diffusione della contaminazione).

Andamento del deflusso di valle

A valle, l'andamento delle isopiezometriche definisce una condizione di minimo lungo un corsia di drenaggio avente direzione Sud-Nord ma decentrata rispetto all'asta del fiume in quel tratto; tale corsia di drenaggio viene a trovarsi nell'area del piazzale di manovra a valle (piazzole di stoccaggio vetri e metalli) dello STIR. Tale assetto definisce linee di deflusso (vettori blu - carta idrogeologica) quasi trasversali rispetto al deflusso idrico proveniente da monte e sub-parallelo al deflusso orografico del Fiume Sabato. In particolare, come evidenziato anche dalle tomografie geoelettriche, Box3, Box5, Box6, esiste una vasta zona umida a bassa resistività che ha inizio poco a sud del sondaggio S2 e a valle del sondaggio S5, implicando che tale deflusso è controllato dalla morfologia del promontorio argilloso che ne sbarra parzialmente il deflusso diretto dalla zona d'ansa frontale ove è ubicato il piezometro S7. Dal punto di vista dell'acquifero, questo risulta costituito principalmente delle alluvioni sabbioso-ghiaiose attuali del F. Sabato. Le prove di emungimento eseguite nei piezometri presenti in tale area hanno mostrato caratteristiche di trasmissività e di produttività nettamente più elevati dei piezometri a monte, eccezion fatta per il piezometro S6; ciò è segno che le portate di emungimento applicate, anche se con gradini di carico propriamente spinti per la tipologia di acquifero, provocavano un richiamo d'acqua dalla subalvea del Fiume.

Data la tipologia di circolazione (falda iporreica) sono ipotizzabili condizioni di carico idraulico non eccessivamente elevate e comunque strettamente correlate alle portate del F. Sabato. In questo caso la trasmissività è maggiormente data dalla maggiore sezione drenate oltre che da una maggiore permeabilità della stessa. Tale assetto idrogeologico definisce senza alcun dubbio una falda di tipo freatica, mentre tutti gli elementi litologico strutturali, i risultati delle misure effettuate, nonché la morfometria del corso d'acqua (meandriforme) suggerisce, per l'acquifero in questione, una condizione di zona iporreica perifluviale o zona iporreica di piana alluvionale. Il passaggio dalla condizione di prominente falda freatica di valle, con deflusso prevalentemente da sud a nord e la minoritaria falda sospesa di monte, con deflusso da ovest ad est, risulta essere variabile in ragione delle portate assunte dal F. Sabato durante l'anno idrologico.

Nello specifico, è possibile una condizione di maggior trasgressività durante i periodi piovosi ma soprattutto durante condizioni di piena autunnali del fiume che essendo dovute alle prime piogge annuali troverebbero la spinta della falda di monte in condizioni di minimo carico idraulico o comunque non rapidamente rispondente all' incremento di carico da valle dato dall'aumento di

portata del fiume. E' ipotizzabile che la condizione di equilibrio di tale linea di miscelazione delle due falde avvenga in prossimità del repentino ribassamento topografico a monte ed a sud del piazzale STIR di valle. A tal proposito, la distribuzione spaziale delle temperature dell'acqua all'interno dei piezometri, con valori puntuali rivelati nei medesimi prima (ante) e dopo (post) le operazioni di spurgo nella campagna di luglio 2015, manifestano caratteristiche termiche delle acque di valle più elevate di quelle di monte (ante) e viceversa (post) ciò a riprova della sussistenza dei due suddetti regimi di deflusso.

5. TIPOLOGIA GENERALE DELL'INTERVENTO

Considerando il contesto geologico ed idrogeologico, nonché le condizioni logistiche riferite allo stato di fatto risultato caratterizzato da una sostanziale distribuzione e interconnessione degli impianti STIR, l'opera da realizzarsi consisterà nella costruzione di paratie bentonitiche (diaframma impermeabile) avente una lunghezza complessiva di 720 m., spinta fino ad intercettare il substrato argilloso che risulta avere una profondità media di circa 6 metri nella zona di sponda del Fiume Sabato (a sinistra orografica) ad est dell'area STIR. In relazione al possibile stato di alterazione delle argille del substrato nell'interfaccia con lo strato alluvionale acquifero sovrastante, è stata prevista una profondità di infissione del diaframma impermeabile all'interno delle stesse argille di 3.00 metri. Inoltre, le condizioni idrogeologiche ed idrografiche ascrivibili alla zona d'ansa fluviale in cui ricade l'intero impianto STIR, suggeriscono di non realizzare un'opera di sbarramento a tutta altezza in quanto, eccezionali condizioni di piena del Fiume Sabato o di eventi pluviometrici eccezionali potrebbero comportare l'alluvionamento dell'intera area di piana bordante il fiume stesso, accentuando, in tali casi, l'azione di allagamento delle strutture non permettendo il deflusso delle acque di filtrazione verso il fiume come accade nelle condizioni di naturale evoluzione del fenomeno. Si prevede quindi che, a partire dal piano campagna, per un franco di circa 1.0 - 1.5 metri, l'opera di sbarramento bentonitica sia ultimata da una sezione drenante.

Nelle condizioni normali, quindi ad esclusione dei suddetti casi di alluvionamento dell'area, tale sezione drenante risulta interessare profondità minime mai raggiunte dalla normale risalita stagionale della falda all'interno dell'acquifero alluvionale. L'opera prevede che la raccolta delle acque drenate all'interno dell'area sia demandata ad un pozzo collettore (Pozzo 1), interno alla zona cinturata, da farsi in prossimità del Fiume Sabato antistante al piazzale di valle dello STIR. Tale area viene a trovarsi lungo un'asta drenante alimentata sia dalla falda dovuta all'intrusione del Fiume, sia dalla falda di monte proveniente dall'area ASI. Il pozzo immette le acque di raccolta preventivamente trattate (fase operativa di decontaminazione) e non trattate (fase operativa di post-decontaminazione) nel sottostante Fiume Sabato tramite apposita tubazione con un sistema di sfioro di troppo pieno che immette il flusso preventivamente in una vasca di disconnessione e ripartizione (VDR). Tale sistema permetterà il controllo del chimismo delle acque di transito oltre che a reggimentarne il flusso nelle fasi di decontaminazione e di post-decontaminazione. Al suddetto pozzo collettano due bracci drenanti realizzati come paratie drenanti (diaframma drenante) aventi una lunghezza complessiva di 300m., che permetteranno la raccolta delle acque

in accumulo alle spalle della barriera drenante. La barriera drenante interessa la parte di valle antistante il Fiume Sabato e coinvolge solo lo strato alluvionale per una profondità non superiore ai 6.00 metri.

Le acque raccolte sono trattate per la decontaminazione da manganese e ferro da un apposito impianto a filtri catalitici che è organizzato in un più articolato sistema di reti di flusso e nodi di scambio riportato in progetto quale sistema *Pump and Treat* che sarà di seguito discusso in dettaglio anche in relazione alle dovute verifiche idrauliche.

6. CALCOLO E VERIFICHE IDRAULICHE

Di seguito sono riportate le modalità di calcolo adottate per il dimensionamento e le verifiche dei manufatti e delle reti idrauliche e gli apparati di sollevamento, di collettamento e di scarico delle acque di falda sottoposte a trattamento di decontaminazione dall'apposito apparato di demanganizzazione/deferrizzazione che è alla base del più articolato impianto di "pump and treat" (P&T) progettato. La progettazione idraulica ha dovuto tener conto dell'impossibilità allo scarico nel collettore fognario di proprietà dell'Alto Calore Servizi SpA (Allegato 2).

In riferimento alle analisi e verifiche idrauliche, il seguente elaborato tecnico prevede due fasi attuative che si differenziano in ragione di due modalità successive di conferimento all'esterno del sito STIR delle acque trattate. Tali acque sono definite quali di scarico del suddetto impianto. Quindi, fermo restando invariante le opere di difesa attiva, riferibili alle opere principali costituite dal diaframma impermeabile e dalla paratia drenante, le strutture e gli elementi in rete, costituenti l'intero impianto P&T, sono attivate durante la vita utile dell'impianto in funzione delle differenti fase operative (D.Lgs. 152/2006 art.242, Comma 7). Dal punto di vista idraulico, quindi, le suddette fasi si differenziano anche in relazione alle portate di scarico delle acque in corpo idrico superficiale, in sponda sinistra del Fiume Sabato, relativamente alle acque di:

- decontaminazione, in regime di P&T attivo;
- post-decontaminazione, in regime di P&T non attivo.

Le autorizzazioni, le concessioni e le modalità di accesso ed immissione allo scarico saranno attuate in difformità del DLgs 252/2006, Art 242, punto 7.

Le modalità e condizioni operative di attuazione sono riportate nel successivo paragrafo 8 : "Fasi operative".

In relazione alle suddette fasi operative, i regimi idraulici utilizzati nel modello di analisi possono essere definiti quali a:

- Regime idraulico in decontaminazione: la circolazione delle acque, sia trattate sia da trattare, avviene prevalentemente in maniera forzata mediante elettro-dispositivi di sollevamento e trasferimento idraulico nei vari nodi di trattamento, distribuzione stoccaggio che caratterizzano l'impianto durante la fase di decontaminazione. Le portate di immissione allo scarico sono riferite alle condizioni di drenaggio dell'opera in relazione alle acque emunte per il trattamento ed i regimi idraulici nominali in condizioni di esercizio delle opere e delle apparecchiature preposte.

- Regime idraulico in post-decontaminazione: l'immissione diretta in scarico delle acque di circolazione idrica sotterranea avviene come travaso naturale in maniera convogliata ad un unico punto di immissione in corpo idrico superficiale. Tale punto consentirà le operazioni di monitoraggio e controllo della qualità di tutte le acque di falda che transitano nell' area STIR e trasferite al Fiume Sabato. Le portate di immissione saranno in conformità alle attuali naturali portate di falda alimentanti il fiume medesimo e con progressiva diminuzione nel tempo in relazione alla messa in opera e all'esercizio del diaframma impermeabile.

5.1 Parametrizzazione del modello

I dati ed i parametri assunti per il dimensionamento e le verifiche delle opere idrauliche derivano da prove in sito, test di laboratorio, indagini, analisi e assunzioni riportate ed elaborate nell'ambito del Piano di Caratterizzazione (PdC) e dal relativo Modello Concettuale (MC) (Allegato 3), a firma del Dott. Geol. Gerardo Grelle (Tabella 1). Tali elaborati sono stati già validati dagli Enti preposti, quindi propedeutici alle soluzioni progettuali e agli elaborati tecnici ivi esposti (D.Lgs 152/2006 art. 242).

Le unità idrogeologiche, strettamente connesse alla variabilità delle litologie caratterizzanti i terreni presenti nell'area, costituiscono la base fisica del modello idraulico e quindi delle assunzioni dei parametri e delle modalità di calcolo. In riferimento al suddetto quadro conoscitivo, il modello risulta definito dai parametri idraulici riportati nella tabella 2 e ascrivibile alle seguenti unità idrogeologiche:

- Le argille basali definiscono lo stato impermeabile di base con spessori nettamente più potenti rispetto ai relativi, più recenti, depositi di copertura aventi caratteristiche marcatamente drenanti. La conducibilità idraulica di tali depositi argillosi evidenziata nel PdC, ricavata attraverso prove di permeabilità in edometro a carico variabile in laboratorio, è risultata compresa tra 1.15×10^{-6} m/s a 4.22×10^{-8} m/s variabile anche in ragione del carico di consolidazione (prove eseguite a carichi verticali di 12.26 KPa, 24.52 KPa e 49.05 KPa). Tali caratteristiche di impermeabilità idraulica conferiscono alle suddette argille un idoneo strato per l'ammorsamento della barriera bentonitica, fermo restando il controllo dell'andamento in

profondità della stessa e delle condizioni di filtrazione locali; specifiche a riguardo sono riportate nell'elaborato: Piano delle Indagini, Controllo e Monitoraggio.

- I depositi alluvionali antichi e recenti del F. Sabato costituiscono l'acquifero principale oggetto del drenaggio dal collettore principale Pozzo-1 e dai due bracci di diaframma drenante ad esso collegati. Tali depositi presenti nelle zone depresse bordanti il Fiume Sabato, ricoprono interamente ed in eteropia con i depositi piroclastici meno permeabili, le argille del substrato. Per la suddetta litologia alluvionale è associata una conducibilità idraulica dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-5} m/s ricavata attraverso prove in foro di tipo Slug-test con misure in depressione del carico idraulico. A causa delle forti eterogeneità litologiche presenti, la trasmissività idraulica appare fortemente variabile con variazioni locali anche di 5-10 volte superiori o inferiori alla media che si attesta intorno ai $2.0 \text{ m}^2/\text{h}$.

Tabella 1. Valori di conducibilità idraulica (per i dettagli si rimanda al PdC)

Piezometro	Tipo di test	Litotipo prevalente	Conducibilità idraulica (m/s)
S06	Slug-test	Piroclastiti	7.02×10^{-6}
	Lefranc	Piroclastiti	9.62×10^{-7}
S07	Slug-test	Piroclastiti/Alluvioni	2.94×10^{-5}
S08	-	-	-
S09	Slug-test	Alluvioni-Ciottoli	2.81×10^{-4}
	Lefranc	Alluvioni-Ciottoli	1.64×10^{-5}
S10	Slug-test	Piroclastiti	5.27×10^{-5}
S11	Slug-test	Piroclastiti-Cineriti	3.97×10^{-5}
S12	Slug-test	Piroclastiti-Cineriti	2.68×10^{-4}
	Perm. in edometro	Argille di base alterate	1.15×10^{-6} - 7.10×10^{-7}
S13	Slug-test	Piroclastiti-Cineriti	2.19×10^{-5}
S14	Slug-test	Piroclastiti	1.53×10^{-6}
S15	Slug-test	Pir.Cineriti/All.Ciottoli	4.31×10^{-5}
	Lefranc	Piroclastiti	2.11×10^{-5}
S16	Slug-test	Alluvioni-Ciottoli	2.67×10^{-5}
	Perm. in edometro	Argille di base	7.33×10^{-8} - 4.22×10^{-8}
S17	Slug-test	Piroclastiti-Ciottoli	1.49×10^{-5}

- I depositi di riporto sono presenti con spessori variabili nell'area oggetto d'intervento e non costituiscono in nessun caso condizioni di acquifero, eccezion fatta in occasione di fenomeni di prominente piena del F. Sabato interessando prevalentemente il settore di fronte d'ansa in prossimità del Pozzo-2. in questa zona tali depositi assumono lo spessore massimo di circa 10 metri. L'eterogeneità di tali depositi permette di definire con buona approssimazione una conducibilità idraulica molto variabile ma essenzialmente riferibile a materiale grossolano drenante. Tale condizione ammette una buona permeabilità dell'ordine di 10^{-4} m/s anche dove tali depositi sono presenti con abbondante matrice sabbiosa di origine piroclastica.

Tabella 2. Valori di Trasmissività da prove in sito (per i dettagli si rimanda al PdC)

Punto indag.	Tempo emungimento (min)	Portata (l/min)	Abbass/to (m)	TRASMISSIVITA' Theis Falde confinate (m ² /h)	TRASMISSIVITA' Jacob (m ² /h)	Abbass/to Corretto (m)	TRASMISSIVITA' Theis corretta per acquiferi freatici (m ² /h)
7 ex Pz valle 1	110	49.10	1.18	2.47	0.46	1.01	1.07
S1	60	10.83	3.82	0.17	0.03	2.00	0.12
S2	150	30.50	1.05	1.72	0.32	0.91	0.73
S3	60	20.30	0.35	3.44	0.64	0.33	1.33
S6	20	3.70	3.64	0.06	0.01	1.98	0.04
S7	76	18.00	0.63	1.69	0.31	0.58	0.68
S9	60	18.60	0.14	7.88	1.46	0.14	2.97
S11	53	8.68	1.47	0.35	0.06	1.20	0.16
S13	90	8.11	2.5	0.19	0.04	1.72	0.10
S15	90	27.10	0.34	4.73	0.88	0.33	1.83

5.2 Caratteristiche del volume di terreno drenato

Le porzioni di acquifero drenato riguardano in tutti i casi i terreni delle unità alluvionali sopra descritte. Lo spessore di tale unità nella specifica area a valle del deflusso fluviale in prossimità del Pozzo-1, drenata dallo stesso ed dai bracci drenati ad esso collegati, risulta molto variabile con escursioni della potenza dell'acquifero che varia dai 6.00 ai 9.00 metri con una zona satura dello spessore di 4.00-5.50 metri.

Per quanto concerne il Pozzo-2 nella zona antistante allo sbarramento d'ansa, questa risulta essere caratterizzata da un esiguo spessore della zona umida, circa 1.50- 2,00 metri direttamente connesso al prolungamento della subalvea fluviale; tale zona si ricorda essere caratterizzata da un

sovastante strato di terreni di riporto avente uno spessore di circa 9.00- 10.00 metri il quale permette un rapido apporto in falda delle acque di infiltrazione zenitali.

5.3 Calcolo idraulico delle opere di drenaggio e dei quantitativi idrici trattati.

Il calcolo delle quantità di acqua sottoposte a trattamento *pump and treat* e successiva immissione in corpo idrico superficiale risultano il prodotto di un sistema in rete composto da differenti opere idrauliche. Tali opere sono oggetto di schematizzazione di calcolo la cui azione complessiva in termini di portata è intesa come definita dalla somma dei contributi di ciascuna opera. Nello specifico, i suddetti contributi risultano derivanti dal modello progettuale assunto e dalle seguenti modalità di calcolo dell'opera in esercizio. I risultati sono riassunti nella tabella 3.

- POZZO1 (collettore generale a valle)

Il pozzo viene a trovarsi in prossimità dell'attuale piezometro #7 (ex pozzo a valle 1). In questo punto, da misure freaticometriche, eseguite durante le campagne indagini per il Piano di Caratterizzazione, il livello statico di falda dal piano campagna è risultato di 3.85m e di 4.47m relativamente ai mesi di Giugno e Luglio 2016. In considerazione di tale assetto, una soggiacenza statica della falda di 4.00 metri è assunta di riferimento per le opere idrauliche di drenaggio, di sollevamento e di scarico delle acque trattate e da trattare nelle condizioni di esercizio relative sia della fase di trattamento e bonifica (pump and treat) sia alla successiva fase post-depurazione a regime di normalità controllata . Nella specifica zona, il rispetto del non superamento di tale quota da parte livello di falda *post operam*, garantirà la non evenienza di condizioni di sommersione degli apparati sotterranei o in fossa dell'impianto STIR a monte.

Le portate massime di emungimento del pozzo sono state definite secondo la relazione di Dupuit in cui è stata considerata una Trasmissività (T) media equivalente, quindi valida per l'intera sezione drenante, di 1.50 m²/h. Il valore di Trasmissività è stato ricavato dalla relazione di Thiem modificata per gli acquiferi freatici, i cui parametri sono ricavati come media dai corrispondenti valori ottenuti dalle prove di portata eseguite nei sondaggio S15 e #7 (ex pozzo valle 1), entrambi prossimi all'area di realizzazione del pozzo e quindi presumibilmente rientranti nel cono di depressione nella fase di emungimento dell'impianto. Il valore ricavato dalla relazione di Thiem modificata risulta intermedio tra i valori di stima relativi alla relazione di Theis per le falde confinate e quella di Jacob:

$$T_{\text{medio}} = 0.366 \times Q / \Delta s_{\text{cor}}; \quad (\text{Acquifero freatico formula di Thiem})$$

dove :

T_{medio} (m^2/s) = Trasmissività media dell'acquifero;

Q (m^2/s) = Portata della prova:

Δs (m) = abbassamento relativo ad un ciclo logaritmico;

con la correzione per la condizione freatica:

$$\Delta s_{\text{cor}} = \Delta s - (\Delta s^2 / (2H_{\text{falda}}))$$

dove:

H_{falda} (m) = Spessore dello strato acquifero saturo.

I valori di Trasmissività ricavati per ogni singolo punto di misura sono riportati su esposta tabella 2

In regime stazionario il raggio di influenza del pozzo può essere stimato attraverso la relazione:

$$R_f = 3000 \Delta s_{\text{cor}} \sqrt{k}$$

dove:

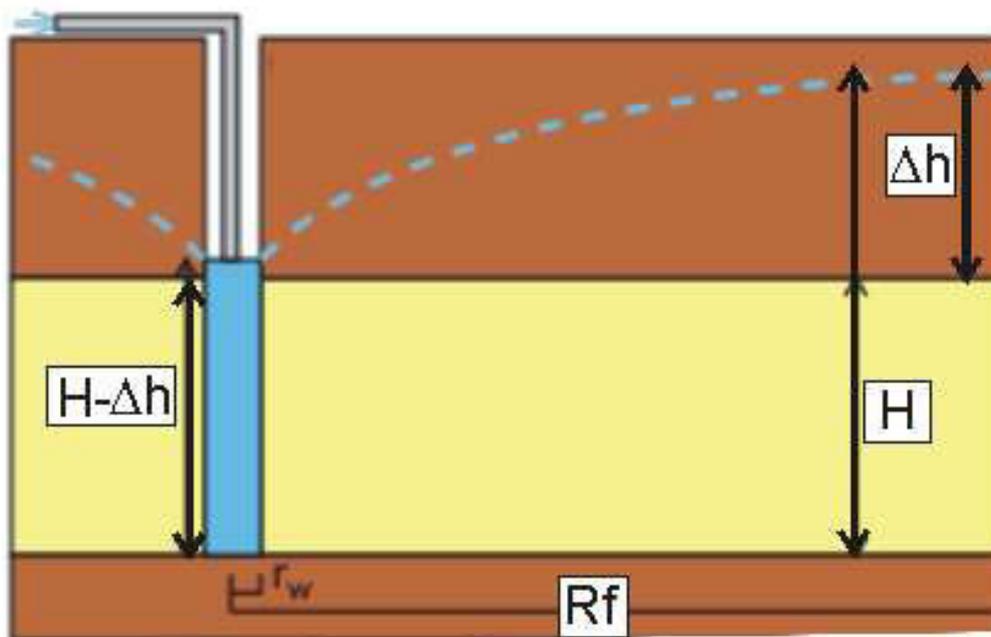
R_f (m) = Raggio d'influenza

k (m/s) = Permeabilità idraulica.

Dalla modellazione parametrica sopra riportata è stata ricavata la portata del pozzo di raggio r secondo la relazione di Dupuit per falda libera (Q_{fl}) e falda confinata (Q_{fc}):

$$Q_{fl} = \frac{T \cdot \Delta s}{0.366 \cdot \ln \frac{R_f}{r}} \quad \text{Falda libera:}$$

$$Q_{fc} = \frac{2\pi T \cdot \Delta s}{\ln \frac{R_f}{r}} \quad \text{Falda Confinata}$$



I valori dei parametri di progetto e dei relativi valori di portata ottenuti dalle suesposte relazioni sono riportate nella tabella 3 . In tale tabella vengono riportati inoltre i dati relativi alle due condizioni di portata che nello specifico ammettono un abbassamento minimo del battente in fase stazionaria di 0.50 metri e massimo di 1.50 metri per la fase di scarico in corpo idrico superficiale. La prima fase può essere associata ai quantitativi emunti in fase di trattamento P&T in regime di esercizio, mentre la seconda fase può essere considerata una condizione limite in fase di P&T ma è soprattutto relativa alla condizione di sversamento medio nella successiva fase di post-decontaminazione. Per quanto concerne le portate considerate quali massime emunte in fase di trattamento "pump and treat" sono ottenute dalla media delle relazioni teoriche di falda libera e di falda in pressione, quindi di falda a regime misto. Questo in quanto, l'acquifero alluvionale appare scarsamente omogeneo con rapidi e diffusi restringimenti dei setti drenanti dovute alla presenza di eteropie latero-verticali meno permeabili.

- POZZO2 (pozzo bonifica settore ante-ansa)

Il pozzo, posizionato a ridosso del sondaggio S7 è destinato esclusivamente alla bonifica del settore ante-ansa (parte frontale dell'ansa) che come riportato, dal Piano di Caratterizzazione e dal Modello Concettuale, risulta per la quasi totalità idraulicamente scollegato dalla circolazione idrica sotterranea della zona a valle ove drena il Pozzo 1. In tale contesto l'area di azione del pozzo in questione risulta limitata e quindi con portate emunte inferiori rispetto al Pozzo 1. Con le stesse

procedure di analisi riportate per il Pozzo 1 si sono state ricavate le portate di progetto e il raggio di influenza assumendo un depressione stazionaria all'emungimento di 0.50 metri. I risultati delle elaborazioni a riguardo sono riportate in tabella 3.

- DIAFRAMMA DRENANTE (collettato al Pozzo 1)

Nel calcolo della portata del diaframma drenante è stata considerata una trasmissione di portata idraulica, avente flusso uniforme, dall'acquifero alla parete drenante trasversale del diaframma per uno spessore saturo dell'acquifero di 3.50 metri. Tale valore risulta come medio distribuito sull'intera area ed è dato dalla differenza della quota della falda e della sottostante relativa al top delle argille di base. Il flusso in regime stazionario risulta governato dalla legge di Darcy e quindi la relativa portata è data da:

$$Q = k \frac{\Delta h}{L} A \quad \text{Legge di Darcy}$$

dove:

L (m) = lunghezza complessiva del tratto depresso

Δh (m) = Carico idraulico;

A (m²) = Area del fronte saturo;

Per quanto concerne il carico idraulico di progetto, esso si differenzia in relazione alle portate emunte nel Pozzo 1, quindi in relazione alle due differenti condizioni di scarico delle acque trattate. Nello specifico le variabili parametriche utilizzate nel calcolo sono così definite:

Δh = Abbassamento del livello all'emungimento + variazione piezometrica

Risulta perciò che il carico idraulico adottato è pari all'abbassamento del battente idrico in fase di emungimento dal Pozzo, 0.50m per la fase di trattamento (bonifica) e 1.50m nella fase di post-trattamento, sommato alla naturale variazione della quota piezometrica, che mediamente si attesta per entrambi intorno ad 1.00 metri, osservata nei tratti a monte ed a valle dei due bracci di diaframma drenante collettati al medesimo pozzo.

Tabella 3

Portate riferite a regimi di esercizio nella fase di decontaminazione

Pozzo	Diametro utile Pozzo 1 (m)	TRAMISSIVITA media di progetto* (m ² /h)	PERMEABILITA media locale di progetto (m/s)	ABBASSAM (m)	Raggio d'influenza (m)	Portata falda libera (m ³ /h)	Portata falda confinata (m ³ /h)	Portata di progetto (m ³ /h)
Pozzo 1	1.20	2	2.00E-04	1.50	63.64	2.06	4.74	3.40
Pozzo2	1.00	0.7	3.00E-05	0.50	8.22	0.45	1.04	0.75
Diaframma drenante	Lunghezza Tot (m)	Lungh tratto depres falda (m)	PERMEABILITA media del tratto (m/s)	Altezza acquifero (m)	Carico idraulico medio	Portata (m ³ /h)	Portata (m ³ /h)	Portata (m ³ /h)
	300	31.82	5.00E-05	3.5	2.5	9.45	9.45	9.45
Portata totale max acqua da trattare e allo scarico						11.97	15.24	13.60

Portate riferite a regimi medi nella fase di post-decontaminazione

Pozzo	Diametro utile Pozzo 1 (m)	TRAMISSIVITA media di progetto (m ² /h)	PERMEABILITA media locale di progetto (m/s)	ABBASSAM (m)	Raggio d'influenza (m)	Portata falda libera (m ³ /h)	Portata falda confinata (m ³ /h)	Portata di progetto (m ³ /h)
Pozzo 1	1.20	2	2.00E-04	0.50	21.21	0.95	2.19	1.57
Pozzo2	1.00	0.7	3.00E-05	0.50	8.22	0.45	1.04	0.75
Diaframma drenante	Lunghezza Tot (m)	Lungh tratto depres falda (m)	PERMEABILITA media del tratto (m/s)	Altezza acquifero (m)	Carico idraulico medio	Portata (m ³ /h)	Portata (m ³ /h)	Portata (m ³ /h)
	300	10.61	5.00E-05	3.5	1.5	5.67	5.67	5.67
Portata totale max acqua da trattare e allo scarico						7.08	8.90	7.99

7. IMPIANTO DI TRATTAMENTO PUMP AND TREAT (P&T)

7.1 Schema generale.

L'impianto di trattamento concerne in una serie di opere di captazione, di trattamento chimico-fisico, di carico e di scarico idrico che poste in rete sono atte a garantire la depurazione della locale contaminazione da Mangenese e Ferro riscontrata nelle acque di falda in prossimità del F. Sabato, così come definito dal Piano di Caratterizzazione (Allegato 3) . L'impianto è coadiuvato dalla più generale opera di drenaggio e impermeabilizzazione continua riportata in TAVOLE 01 e 02. Quest'ultima, quindi, riveste un sostanziale ruolo nell'efficienza della fase di trattamento delle acque di falda soprattutto per quanto attiene ai tempi per il ripristino delle condizioni accettabilità dei tenori della contaminazione.

L'opera prevede una serie di nodi di interscambio che vanno a ripartire il flusso delle acque trattate e da trattare in maniera ottimizzata rispetto alle differenti fasi operative i cui tempi e modalità di attuazione saranno connesse alle risultanze delle analisi previste nel Piano d' Indagine, Controllo e Monitoraggio (R.04).

Per quanto riguarda lo schema generale dell'impianto di trattamento, esso è caratterizzato da:

1. Strutture di drenaggio che sono: i due pozzi, il Pozzo 1 ubicato a valle in prossimità del piezometro #7 (ex pozzo di valle) e a monte Pozzo 2 ubicato a monte del flusso iporreico in prossimità del piezometro S7 , nonché i due bracci di paratia drenante collettati al Pozzo 1.
2. Opere di disconnessione e ripartizione: esse sono il suddetto Pozzo 1 e la prossimale Vasca di Disconnessione e Ripartizione (VDR) da cui saranno attivati, gestiti e monitorati, i flussi idrici nelle varie fasi operative.
3. Impianto trattamento demanganizzazione/deferrizzazione: apposito impianto ubicato a latere del Pozzo 1 e della VDR.
4. Opere di scarico: attengono ai differenti punti di scarico non contemporaneo delle acque in uscita dall'impianto di trattamento della contaminazione. Nello specifico lo scarico delle acque di falda sottoposte a trattamento P&T potrà avvenire in:

- corpo idrico superficiale (Fiume Sabato), per le acque che hanno subito il trattamento;
- in vasca di decantazione delle acque di controlavaggio delle celle di cattura e filtraggio dell'impianto di demanganizzazione/deferrizzazione. Nella fattispecie, le acque di controlavaggio immesse nella vasca, successivamente alla decantazione sono ri-circuitate nell'impianto di trattamento

5. Opere per la diluizione e il lisciviazione locale: sono opere minori che hanno azione di diluizione locale dei tenori di manganese nell'area in prossimità del Pozzo 2. In tale area verrà operata una irrigazione a piano campagna di acqua non contaminata prelevata dal Pozzo 3 (pozzo di solo prelievo idrico) ad opera di appositi irrigatori con irrorazione a ventaglio. Tale operazione produrrà il dilavamento e quindi la lisciviazione dei terreni contaminati favorendo condizioni di "cessione chimica" dei terreni di riporto presenti in maniera rilevante nella specifica area.

7.2 Nodi di scambio

Le opere di seguito descritte sono realizzate secondo quanto riportate in TAVOLA 05 e le specifiche tecniche della Relazione Tecnica e Descrittiva delle Opere (R.03).

- POZZO 1

Il pozzo è interno alla area cinturata, esso ha un'azione di drenaggio locale all'interno dei depositi alluvionali di valle, oltre che a collettare, in quantità maggiore, le acque di drenaggio provenienti dai due opposti tratti di diaframma drenante propagati rispettivamente a monte e a valle dello stesso pozzo. Nel Pozzo 1 saranno immesse le acque emunte e non trattate provenienti dal Pozzo 2 mediante apposita tubazione in pressione posizionata in asse al diaframma impermeabile nello specifico tratto di collegamento tra i due pozzi.

In tutti i casi, nel Pozzo 1 vengono immesse acque non trattate per entrambe le fasi operative, sia di decontaminazione (bonifica), sia nella successiva fase di post-contaminazione. Inoltre riceve acque in ri-circuitazione le acque decantate proveniente da apposita vasca, durante le fasi di controlavaggio dei filtri dell'impianto di demanganizzazione defferrizzazione. Il pozzo è in comunicazione idraulica con la Vasca di Disconnessione e Ripartizione mediante collettore munito di apposita valvola A/C.

- POZZO 2

Il pozzo ricade nella zona di maggiore contaminazione da manganese. Tale pozzo svolge solo attività di drenaggio le cui acque sono trasferite al pozzo collettore centrale Pozzo 1 mediante adeguato apparato di sollevamento idraulico con portate di esercizio non superiori a 1.00 mc/h (0.75 mc/h portata operativa da calcolo idraulico).

- POZZO 3

Pozzo per il prelievo di acque chiare (non contaminate) realizzato interamente nei depositi alluvionali e in un settore avente un rilevante deflusso idrico sotterraneo. L'emungimento è destinato all'alimentazione di apparati di irrorazione nella zona di influenza del cono di drenaggio del Pozzo 2. Le portate saranno regolate in funzione di un ottimale ricoprimento dell'area da irrorare. L'impianto è munito di timer per la programmazione degli orari e periodi di attivazione.

- VASCA DI DISCONNESSIONE E RIPARTIZIONE (VDR)

Alla vasca, realizzata all'interno della cintura impermeabile, afferiscono le acque trattate o con tenori di contaminazione riferibili a condizioni di accettabilità secondo quanto previsto e definito nel Piano di Controllo e Monitoraggio . Nello specifico alla vasca sono collettate in carico (influsso) gli ingressi provenienti: dall'apparato di decontaminazione P&T e delle acque di travaso libero o impedito, mediante apposita valvola A/C, provenienti dal Pozzo 1. Mentre lo scarico (deflusso) in corpo idrico superficiale avviene in condizione di libero deflusso.

- VASCA DI DECANTAZIONE (VDC)

Alla vasca in pvc ed interrata, arrivano le acque di controlavaggio per la rigenerazione delle caratteristiche catalitiche dei filtri dell'impianto di trattamento. La vasca deve essere dotata di setti di interruzione del flusso diretto tra il collettore di entrata e quello di uscita; quest'ultima avviene per travaso in condizioni di raggiungimento dei quantitativi di troppo pieno con modalità tipo Imhoff. Le acque che vi giungono avranno quindi tenori molto elevati di metalli pesanti trattenuti ma in condizioni di non idrosolubilità e quindi con propensione alla decantazione del carico di contaminazione. La vasca ha una capienza di 14 mc, ovvero maggiore di 10 mc, questo garantisce tempi ottimali di decantazione dei quantitativi d'acqua provenienti dall'impianto che sono attinenti a due successive fasi di controlavaggio. Nello specifico, l'impianto in questione è programmato per attivare un flusso di controlavaggio ogni 72 ore producendo un quantitativo d'acqua di circa 10 mc. La vasca è collettata allo scarico con il pozzo 1 per la ri-circuitazione delle acque comunque contaminate. Lo svuotamento e la pulizia della vasca delle acque e dei fanghi metallici depositatisi sul fondo, avviene con apposita autocisterna per l'espurgo e lavaggio che, in relazione ai periodi di depurazione, avverrà con cadenza trimestrale. I fanghi di controlavaggio si inquadrano come prodotto da cicli di trattamenti chimico-fisici di rifiuti industriali quindi soggetti allo smaltimento in relazione al codice CER 190205/06 - D.Lgs. n. 152/2006.

7.3 Impianto di demanganizzazione/deferrizzazione

1.0 INTRODUZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEGLI EFFLUENTI

Ferro, manganese e idrogeno solforato sono elementi di particolare importanza nel trattamento delle acque poiché possono, anche se presenti solo in tracce, seriamente compromettere l'utilizzo di una fonte di approvvigionamento. Il ferro è uno dei contaminanti più difficili da rimuovere, a causa della sua capacità di poter cambiare valenza passando dallo stato solubile (Fe^{++}) a insolubile (Fe^{+++}).

Quando ossigeno o un agente ossidante è introdotto nell'acqua, il ferro tende a ossidarsi e precipitare, portandola ad un colore che può variare da giallo paglierino fino a rosso-marrone dipendentemente dalla sua concentrazione.

Ciò comporta la possibilità di intasamenti nelle tubazioni, lo sporco e l'inquinamento delle resine a scambio ionico nei sistemi di addolcimento, riducendone drasticamente il ciclo di vita. Risulta necessaria l'eliminazione degli stessi come pretrattamento nella maggior parte dei casi. Alcuni batteri possono ulteriormente complicare le problematiche relative al ferro disciolto: Organismi come il *Crenothrix*, *Sphaerotilus* e *Gallionella* utilizzando il ferro come fonte energetica, possono formare una gelatina di colore rossastro che può intasare le tubazioni.

Requisiti e parametri di progetto:

I parametri di progetto considerati sono i seguenti:

- Ferro: 0,5 mg/l
- Manganese: 3,0 mg/l considerato in condizione di diluizione relativamente a valori massimi definiti dal PdC di circa 7,0 mg/l nella zona del piezometro S7.
- Portata di lavoro: 20 m³/h

E' possibile, per la natura stessa del ferro presente, che, a seguito del trattamento, migliorino i parametri correlati, quali Torbidità, solidi sedimentabili, carica batterica e colore.

TECNOLOGIA IMPIEGATA

Il grado di efficienza più elevato per quanto concerne la rimozione del Manganese e del Ferro disciolti in acqua è ottenuto tramite l'adozione di Pirolusite (Biossido di Manganese) come agente catalitico. Altri tipi di tecnologie sono meno efficienti quando la concentrazione di ferro comincia a essere relativamente alta e soprattutto non rimuovono il manganese.

Il letto catalitico è ottenuto miscelando adeguate quantità della suddetta a quarzite silicica di opportuna granulometria. Infatti, perché non si abbia stratificazione durante le operazioni di rigenerazione e controlavaggio, è necessario che i granuli di entrambi abbiano lo stesso peso, partendo da densità differenti.

L'azione di ossidazione avviene alla superficie del granulo, è molto importante avere perciò quanta più superficie disponibile per ottenere la massima efficienza di rimozione.

Se si usano granulometrie diverse di quarzite, non è possibile una corretta distribuzione dei due materiali, ottenendo così tempi di contatto inferiori e quindi un processo di rimozione inefficiente.

La Pirolusite deve essere quindi selezionata per essere accoppiata ad alcuni mesh ben determinati di

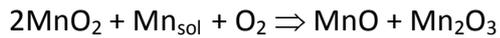
quarzite. L'azione di rimozione del Manganese disciolto consiste nella sua precipitazione sotto forma di MnO o Mn_2O_3 sulla superficie della Pirolusite o della quarzite adiacente.

La reazione avviene in un ambiente ossidativo, generato con un dosaggio continuativo di un ossidante quale ipoclorito, che nello specifico delle acque destinate al consumo umano, non comporta controindicazioni accessorie.

Stechiometricamente, le reazioni possibili nelle varie fasi di sottrazione di manganese in soluzione

Mn_{sol} sono:



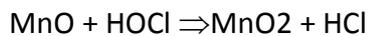


La reazione di ossidazione e rimozione del Manganese termina quando tutta la superficie del mezzo

filtrante è stata convertita ad ossido manganoso e/o manganico.

La rigenerazione avviene immergendo il letto in una soluzione di ipoclorito.

La superficie del granulo di Pirolusite viene così ossidata nuovamente a biossido di Mn; la reazione che avviene in tale caso è:



Il cloro deve essere sotto forma di cloro libero rappresentato come HOCl e non come cloro combinato, poiché quest'ultimo non è un agente ossidante sufficientemente forte.

CICLO DI TRATTAMENTO

Per semplificare sia la installazione che il ciclo di trattamento, viene previsto che l'acqua da trattare sia resa disponibile alla pressione e portata necessarie all'impianto. L'acqua è inviata a due filtri funzionanti in parallelo. E' previsto il dosaggio di sodio ipoclorito in linea in ingresso all'impianto, tramite una pompa dosatrice, per mantenere un ambiente ossidativo idoneo al processo di demanganizzazione.

L'azione catalizzante delle resine ed il loro relativo potere filtrante eliminano il ferro e il manganese

contenuto nell'acqua.

L'acqua trattata, in uscita dai filtri, sarà inviata alla Vasca di Disconnessione e Ripartizione (VDR) e da qui smaltito secondo le modalità previste dalle fasi operative di depurazione e post-depurazione.

Il controlavaggio dei filtri e relativa rigenerazione verrà effettuato con l'acqua trattata tramite una pompa centrifuga superficiale servente l'impianto di trattamento. Durante i cicli di controlavaggio/rigenerazione, i filtri non erogano l'acqua trattata all'interno della VDR.

CARATTERISTICHE SPECIFICHE DELL'IMPIANTO

Deferrizzatore/demanganizzatore al Biossido di Manganese (Pirolusite)

Le fasi di lavoro dell'impianto risulteranno essere:

Esercizio

Nel funzionamento regolare di esercizio del demanganizzatore/deferrizzatore, è previsto il ciclo di filtrazione fisica con in aggiunta, il dosaggio in linea (Tramite pompa dosatrice), di ipoclorito di sodio, la cui portata di funzionamento è dipendente dai misuratori di portata (Pompa a dosaggio proporzionale).

Controlavaggio

Periodicamente verrà effettuato un controlavaggio con acqua trattata automaticamente tramite un sistema che utilizza l'aria compressa per il comando delle valvole di intercettazione dei filtri: l'apertura/chiusura di suddette valvole (pneumatiche) è regolata da un temporizzatore programmabile.

L'operazione di pulizia dei filtri nello specifico sarà costituita da una o più fasi di controlavaggio, necessarie a smuovere dal letto filtrante i sedimenti che vi si sono attaccati, e da una fase di risciacquo finale in equicorrente. Tale operazione permetterà di rimuovere dal letto filtrante i sedimenti precipitati, ripristinando così la funzionalità ottimale del filtro prima di reinserirlo nel ciclo di trattamento; il controlavaggio viene effettuato mediante una pompa dedicata. Ciò viene effettuato per inviare al serbatoio di accumulo acqua perfettamente filtrata. L'acqua derivata dal controlavaggio sarà inviata alla vasca di decantazione VDC con cadenze di 48-72 ore.

Rigenerazione

Quando all'interno di un filtro sarà passato un volume di acqua prefissato il sistema effettuerà il ciclo di rigenerazione con acqua trattata, prelevata dal serbatoio di accumulo.

L'operazione di rigenerazione, implica un controlavaggio iniziale, per eliminare eventuali residui di idrossido ferrico/manganese o altri solidi sospesi; successivamente si drena il letto filtrante, e si ricarica di acqua (in equicorrente) con una quantità prefissata dosata di ipoclorito e si lascia il filtro immerso per un tempo prefissato. Si effettua quindi il controlavaggio del filtro.

L'ipoclorito di sodio al 14% verrà utilizzato come rigenerante per il biossido di manganese.

Il dosaggio di ipoclorito in questo caso viene effettuato con una pompa dedicata a portata maggiore di quella di esercizio.

Struttura dell'impianto

Il gruppo di filtrazione proposto prevede il funzionamento da due filtri realizzati in lamiera di acciaio al carbonio elettrosaldato e verniciata, con allestimento verticale.

Ogni filtro è dotato di n.3 passi d'uomo: uno superiore per caricamento materiale, uno sul fasciame per scaricamento e uno inferiore per manutenzione straordinaria. Ogni filtro è dotato di linee idrauliche in PVC PN10, per garantire una buona resistenza agli agenti ossidanti e di valvole automatiche a comando pneumatico, a farfalla. Le valvole sono dotate di attuatore pneumatico a doppio effetto.

Dati tecnici

- Portata di lavoro: 20 m³/h
- Portata di controlavaggio: 30 m³/h (per ogni filtro)
- Velocità media: 5 m/h
- Reagente rigenerante: Ipoclorito di sodio al 13%
- Richieste energetiche: -400 V 50 Hz
- Aria compressa p=6 bar
- Potenza installata totale: 7,0 kW max
- Pressione di lavoro: 2,5 bar

Dosaggio Sodio Ipoclorito

E' previsto il dosaggio integrativo di Sodio Ipoclorito in ingresso al filtro.

Il dosaggio sarà effettuato da una pompa dosatrice elettronica.

Tale dosaggio sarà provvisto di idoneo serbatoio di stoccaggio in polietilene da 1.000 litri.

Sarà prevista invece una altra pompa dosatrice ma di potenzialità differente, per la fase di rigenerazione.

Tale pompa sarà di tipo a membrana meccanica, con potenza 0,18 kW.

Strumentazione

E prevista la dotazione di un misuratore di portata con tecnologia a turbinetta, elettronico da quadro.

Sarà collocato nei seguenti punti:

- N.1 misuratore di portata in ingresso ai filtri;
- N.1 misuratore di portata per la linea controlavaggio;

Sono previste inoltre le seguenti strumentazioni di monitoraggio:

- Manometri nei punti critici dell'impianto;

L'impianto sarà dotato di tutta la strumentazione pneumatica occorrente.



Impianto di demanganizzazione/deferrizzazione tipo.



Particolare stazione di pompaggio



Vista quadro valvole

Le fasi operative di esercizio sono divise in una fase momentanea e/o periodica di operatività del sistema P&T , "Fase di Decontaminazione" e in una fase successiva a carattere permanente a regime normale in cui il sistema di P&T rimane sostanzialmente o prevalentemente disattivato, "Fase di Normalità Controllata".

1. FASE OPERATIVA DI DECONTAMINAZIONE.

In questa fase è ATTIVO l'impianto di demanganizzazione/deferrizzazione.

Nella fase operativa di decontaminazione (bonifica):

- Le acque non trattate sono emunte dal Pozzo 1 ed immesse in pressione programmata e stazionaria, mediante elettropompa munita di rilevatore di livello e regolatore di flusso, nell'apposito impianto di demanganizzazione/deferrizzazione. Le portate di esercizio non dovranno superare 18 mc/h ovvero al disotto della massima portata supportata dall'impianto che è di 20 mc/h.
- E' CHIUSA la valvola di collegamento diretto Pozzo 1 verso Vasca di Disconnessione e Ripartizione (VDR).
- L'acqua trattata è immessa nella VDR alla pressione di uscita dell'impianto di trattamento, non sono previste opere di sollevamento idraulico per tale tratto poiché le portate di entrata e di uscita dall'impianto sono pressoché identiche.
- lo scarico delle acque in uscita dall'impianto di demanganizzazione/deferrizzazione secondo due differenti fasi operative:
 - a. Fase di decontaminazione, ESERCIZIO: lo scarico delle acque trattate avviene in corpo idrico superficiale mediante l'immissione forzata nella vasca di disconnessione e ripartizione (VDR). Le portate massime allo scarico saranno condizionate dalla portata dell'elettropompa emungente dal Pozzo 1 che risultano comprese tra una portata minima di 8 mc/h, una porta massima ammissibile supportata dall'impianto di decontaminazione di 20 mc/h e una portata di esercizio dell'intero impianto drenaggio e di emungimento desunta dalle verifiche e calcoli idraulici di 15-16 mc/h.

- b. Fase di decontaminazione, CONTROLAVAGGIO FILTRI: nella fasi di lavaggio e di rigenerazione dei filtri le acque in uscita dall'impianto sono collettate alla vasca di decantazione e progressivamente chiarificate e rimesse nel circuito di trattamento. Allo scarico le acque sono immesse con una portata di controlavaggio (circa 30 mc/h), mentre le acque in uscita dalla vasca di decantazione sono re-immesse, per travaso di troppo pieno, al Pozzo 1.
- Acque non-trattate sono emunte dal Pozzo 2 ed immesse con apposito impianto di sollevamento nel pozzo collettore principale, Pozzo 1. L'elettropompa ad immersione, munita di regolatore di flusso e rilevatore di livello, è installata a fondo pozzo. Le modalità e quantità emunte dal Pozzo 2 in tale fase sono così previste in successione:
 - a. alla prima attivazione, è eseguito uno spurgo giornaliero del pozzo per un totale di cinque cicli di spurgo e ricarica da effettuarsi in 5 gg. con irrorazione superficiale continua.
 - b. nella successiva fase, è eseguito l'emungimento continuo con portate di esercizio di circa 0.5 - 1.0 mc/h ottimizzate per un abbassamento del livello statico piezometrico non superiore a 0.5 metri dal p.c. Date le più elevate concentrazioni della contaminazione da manganese nell'area di azione del pozzo, le basse portate garantiscono una minore concentrazione del diluito in Pozzo 1 e successivamente all'impianto di demanganizzazione. L'irrorazione dell'area avviene in finestre temporali programmate.
 - Acque chiare sono emunte dal Pozzo 3 a step di durata programmata per l'irrorazione della zona drenata dal Pozzo 2 mediante appositi irroratori.
 - Sono attive attività di monitoraggio e controllo

2. FASE OPERATIVA DI POST-DECONTAMINAZIONE.

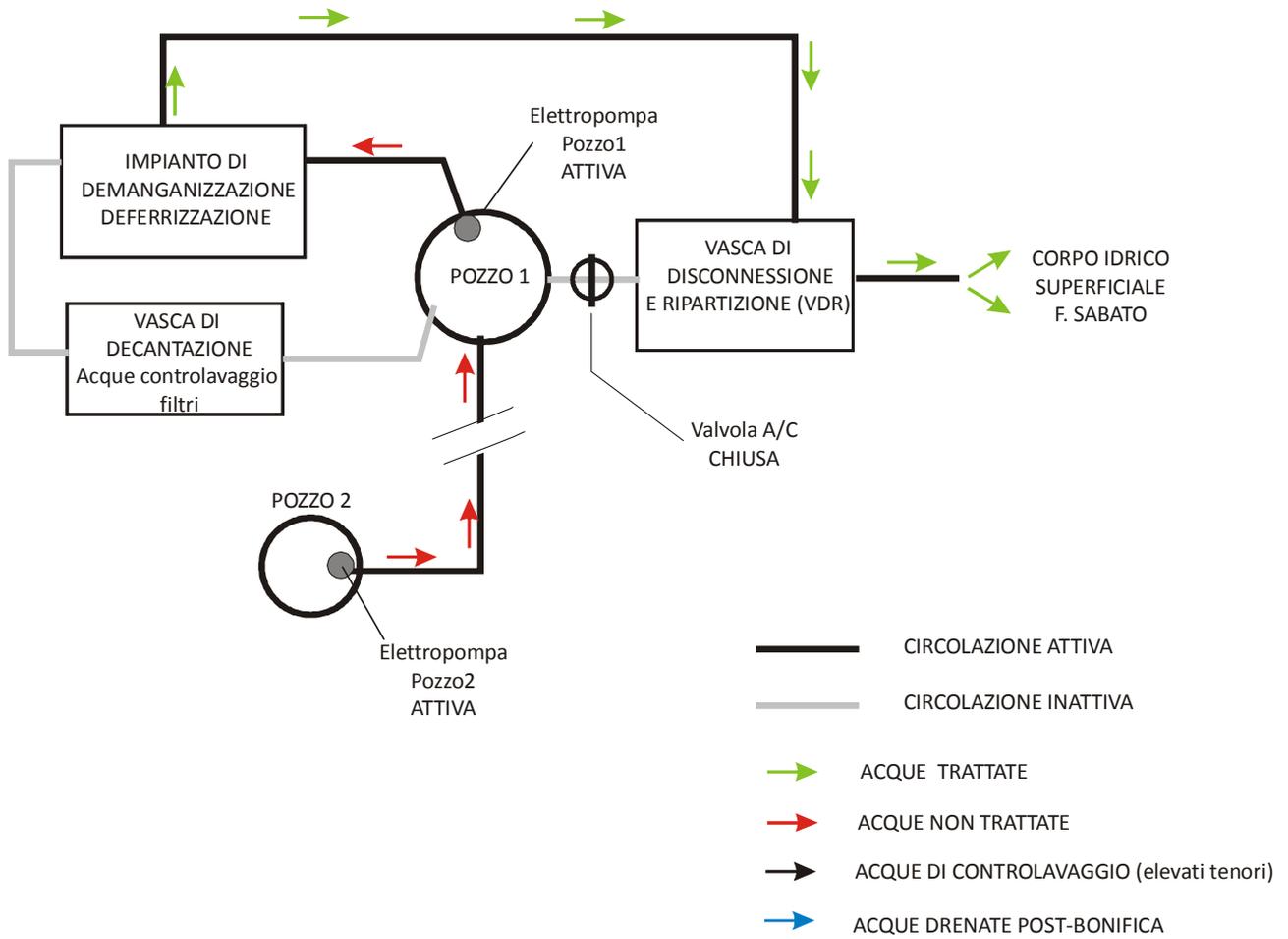
In questa fase è INATTIVO l'impianto di demanganizzazione/deferrizzazione.

Nella fase operativa di post-decontaminazione in regime di NORMALITA' CONTROLLATA :

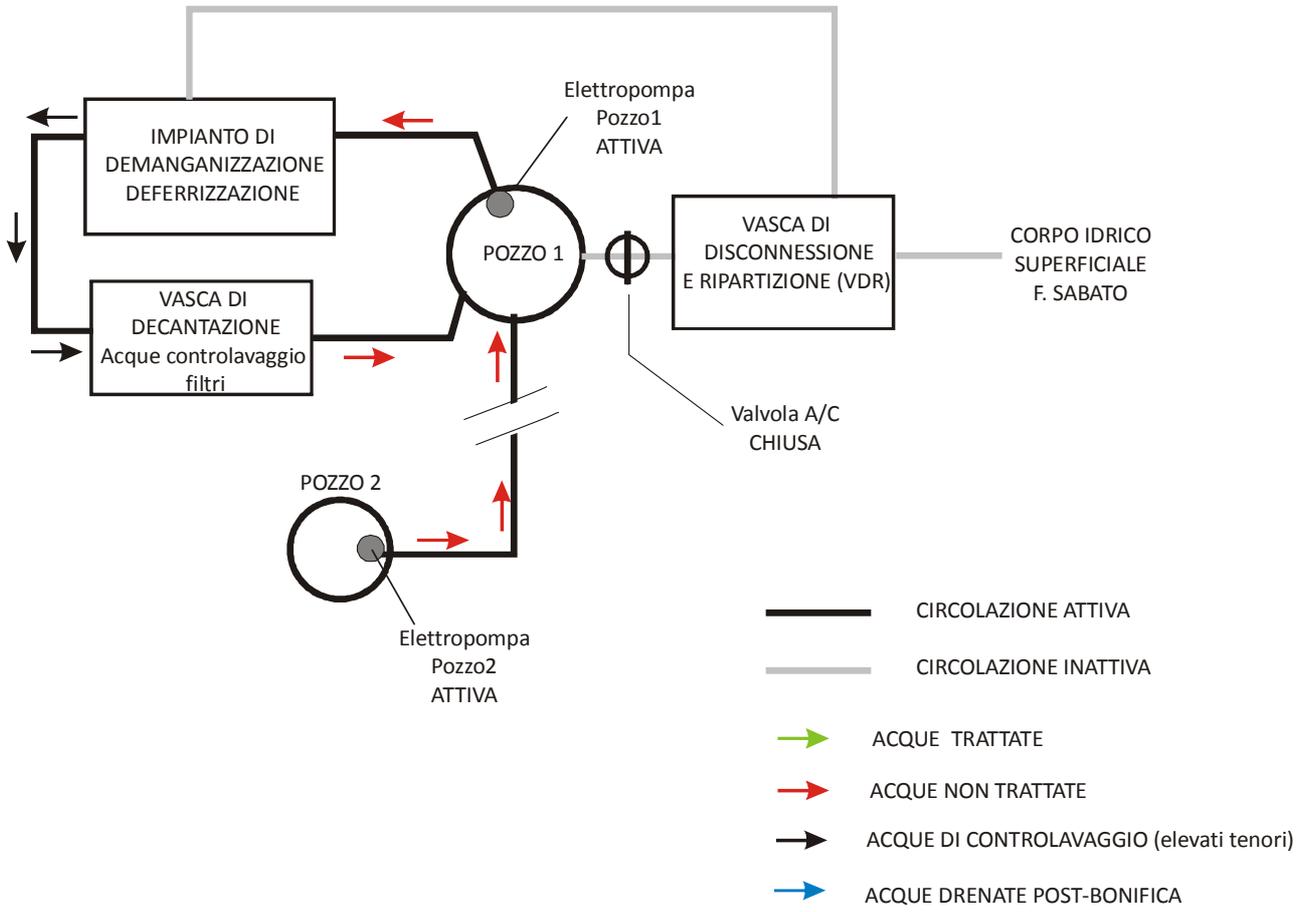
- nel Pozzo 1 è INATTIVA l'elettropompa di mandata all'impianto di demanganizzazione /deferrizzazione.
- E' APERTA la valvola di collegamento idraulico dello stesso pozzo alla VDR.
- Le portate sono regolate dal naturale deflusso idrico sotterraneo in regime di convogliamento al pozzo ed ivi travasate, esclusivamente per caduta gravitazionale, nella VDR e quindi nel corpo idrico superficiale.
- Restano attive le attività di monitoraggio e controllo

Il protocollo per i controlli ed il monitoraggio, al fine dei dovuti accertamenti per l'attuazione delle due fasi operative, in maniera temporanea o permanente, è riportato nella Relazione Indagini, Controllo e Monitoraggio (R.04).

1a-FASE DI DECONTAMINAZIONE: ESERCIZIO



1b- FASE DI DECONTAMINAZIONE: CONTROLVAGGIO FILTRI



2- FASE DI POST-DECONTAMINAZIONE: IN NORMALITA' CONTROLLATA

