COD. FISC. e p. IVA 02635320043
R.E.A. n. 224203 della C.C.I.A.A. di Cuneo
Capitale Sociale 15.600 € i.v.

E-mail: info@ecolavservice.com
Tel. 011.9715345
Fax 011.9715598

ecolav Service S.r.l.

Sede legale:
Via Vittorio Emanuele II n. 296 - 12042 BRA (CN)

Sede operativa:
Via Vinovo n. 12 - 10022 CARMAGNOLA (TO)

CONSULENZE IN MATERIA DI ECOLOGIA E DI SICUREZZA SUL LAVORO

# Impianto di depurazione di Canove di Govone

# Realizzazione di un nuovo reparto di trattamento chimico-fisico dei rifiuti liquidi

## Progetto definitivo

## - Relazione tecnica di processo -

TIMBRO E FIRMA

Ing. EDOARDO PEIRETTI
per ECOLAV SERVICE Srl

# Sommario

Premessa ..... 3
Interventi in progetto ..... 4
Dati di progetto ..... 5
Dissabbiatura-disoleatura ..... 7
Equalizzazione iniziale ..... 7
Trattamento chimico-fisico ..... 11
Correzione del pH ..... 13
Coagulazione ..... 15
Flocculazione ..... 17
Sedimentazione ..... 18
Caratteristiche del flusso in uscita dal trattamento chimico-fisico ..... 20
Rilancio del refluo alla linea acque ..... 21
Calcoli idraulici ..... 23
Verifica del profilo idraulico ..... 24
Verifica dei sollevamenti ..... 25

# Premessa

La presente relazione illustra nel dettaglio i dati di progetto e i calcoli sviluppati ai fini della verifica idraulica e impiantistica del nuovo reparto di trattamento chimico-fisico di una parte dei rifiuti liquidi conferiti presso l'impianto di depurazione di Canove di Govone.

Alcuni flussi di questi ultimi sono infatti caratterizzati dalla presenza non trascurabile di metalli e idrocarburi.

Il comparto in progetto opererà pertanto un trattamento di coagulazione-flocculazione-sedimentazione attraverso il quale si otterrà un consistente abbattimento della componente carboniosa, dei solidi sospesi, dei metalli e degli idrocarburi, assicurando il rispetto dei BAT-AEL.

# Interventi in progetto

La riduzione del contenuto di metalli e idrocarburi nei rifiuti liquidi al di sotto dei limiti BAT-AEL sarà attuata mediante un nuovo reparto di trattamento chimico-fisico in cui, mediante il dosaggio di opportuni reagenti, i suddetti inquinanti saranno rimossi per precipitazione chimica e per separazione gravimetrica all'interno di appositi reattori. Il trattamento in esame determinerà inoltre l'abbattimento anche degli altri contaminanti presenti nei rifiuti trattati ($BOD_5$, COD, SST, etc.).

Come si vedrà meglio nel seguito, quest'ultimo sarà costituito da una serie di reattori distinti in cui avranno luogo le diverse fasi del processo, fasi che possono essere così sintetizzate:

- dissabbiatura/disoleatura, operata tramite un dissabbiatore-disoleatore longitudinale prefabbricato in cui saranno alimentati i rifiuti (pretrattati meccanicamente) scaricati dagli automezzi. Il manufatto sarà posizionato immediatamente a monte del nuovo reparto di trattamento chimico-fisico;
- equalizzazione iniziale, attuata in un primo bacino in cui saranno scaricati i rifiuti in uscita dal dissabbiatore-disoleatore;
- correzione del pH mediante dosaggio di idrossido di sodio all'interno di un bacino di miscelazione rapida;
- coagulazione, con dosaggio di cloruro ferrico e polielettrolita cationico all'interno di un secondo bacino di miscelazione rapida;
- flocculazione, per consentire la formazione di strutture fioccose ad opera del cloruro ferrico sopra citato. Tale fase avrà luogo all'interno di un bacino di miscelazione lenta;
- sedimentazione, in cui si realizzerà la separazione dell'effluente trattato dai metalli e dagli altri contaminanti per azione della gravità e del trascinamento operato dai fiocchi precedentemente formati.

I reattori saranno attrezzati con pompe per il dosaggio dei reagenti e per il convogliamento dei reflui e dei fanghi generati dal trattamento, con elettromiscelatori per l'agitazione e la miscelazione dei reflui e dei reagenti nonché con le strumentazioni analitiche necessarie ad ottimizzare il dosaggio dei reagenti stessi.

Le suddette apparecchiature elettromeccaniche in parte saranno installate direttamente all'interno dei reattori (miscelatori, pompe per i reflui, etc.), in parte saranno alloggiate nell'esistente locale tecnico adiacente (pompe dosatrici, quadro elettrico di alimentazione e controllo).

I rifiuti trattati saranno infine inviati all'esistente vasca di equalizzazione dove si uniranno con i rifiuti non trattati (in quanto già conformi alle indicazioni delle Conclusioni sulle BAT ed altamente biodegradabili) per poi essere alimentati alle diverse linee di trattamento biologico (A, B, C e D) per mezzo di apposite pompe, ciascuna a servizio di una delle suddette linee. Un'ulteriore pompa sarà installata nel canale all'ingresso della vasca di equalizzazione per l'estrazione delle sabbie ivi depositate e per il rilancio delle stesse al nuovo dissabbiatore

Sia le tubazioni di mandata delle pompe di alimentazione del trattamento chimico-fisico sia quelle delle pompe di rilancio dei rifiuti al comparto biologico saranno provviste di misuratori di portata.

Un'apposita vasca in carpenteria metallica consentirà il prelievo dell'effluente del nuovo reparto prima della miscelazione con i rifiuti non trattati accumulati nel bacino di equalizzazione e rilancio alla linea acque.

Nei successivi paragrafi vengono descritte nel dettaglio le caratteristiche delle singole componenti del nuovo reparto e le motivazioni che hanno orientato le scelte progettuali.

## Dati di progetto

Il nuovo reparto di trattamento chimico-fisico sarà dedicato al trattamento dei rifiuti caratterizzati da concentrazioni di alcuni contaminanti (metalli in primis) superiori ai BAT-AEL. Tali rifiuti sono principalmente riconducibili, sulla base delle osservazioni dirette del Gestore, ai codici C.E.R. 190703 e 161002 (rispettivamente percolati di discarica e soluzioni acquose di scarto).

Tali flussi, anche considerando eventuali ulteriori apporti relativi ad altri codici C.E.R. con caratteristiche non conformi alle indicazioni delle Conclusioni BAT, sono quantificabili in circa 35'000 ÷ 45'000 $m^3$/anno.

Se si tiene conto di tutti i rifiuti allo stato liquido (escludendo quindi i soli rifiuti fangosi e solidi), il flusso complessivo potenzialmente assoggettabile al trattamento chimico-fisico assommerebbe, in base ai quantitativi odierni, a circa 60'000 $m^3$/anno. Tali rifiuti vengono ricevuti presso l'impianto di Canove di Govone nell'arco di circa 300 giorni/anno, per 8 h/giorno. Determinando quindi una portata media di rifiuti in ingresso al sistema di trattamento di circa 25 $m^3$/h.

Considerando tuttavia possibili punte di carico e future variazioni delle modalità dei conferimenti, d'intesa con il Gestore, si è scelto di dimensionare il nuovo comparto chimico-fisico per trattare un quantitativo massimo di rifiuti pari a 500 $m^3$/d, corrispondenti ad una portata oraria su 8 h di 62,5 $m^3$/h, valore assolutamente cautelativo.

Per quanto riguarda le concentrazioni di contaminanti del flusso medio di tali rifiuti liquidi, queste sono state stimate in base ai risultati analitici disponibili.

| **Dati di progetto** | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Portata | $m^3$/d | 500 |
| | $m^3$/h | 62,5 |
| Concentrazione COD | mg/l | 34'000 |
| Concentrazione SST | mg/l | 3'900 |
| Concentrazione $N_{tot}$ | mg/l | 750 |
| Concentrazione N-$NH_4$ | mg/l | 280 |
| Concentrazione N-$NO_2$ | mg/l | 3 |
| Concentrazione N-$NO_3$ | mg/l | 130 |
| Concentrazione $N_{org}$ | mg/l | 330 |
| Concentrazione $P_{tot}$ | mg/l | 170 |
| Concentrazione $P_{org}$ | mg/l | 150 |
| Concentrazione As | mg/l | 0,130 |
| Concentrazione Cd | mg/l | 0,060 |
| Concentrazione $Cr_{tot}$ | mg/l | 5,100 |
| Concentrazione $Cr^{VI}$ | mg/l | 0,050 |
| Concentrazione Mn | mg/l | 0,800 |
| Concentrazione Hg | mg/l | 0,026 |
| Concentrazione Ni | mg/l | 0,560 |
| Concentrazione Cu | mg/l | 6,200 |
| Concentrazione Se | mg/l | 0,022 |
| Concentrazione Zn | mg/l | 6,300 |
| Concentrazione Pb | mg/l | 0,480 |
| Concentrazione Solfati | mg/l | 371,000 |
| Concentrazione idrocarburi totali | mg/l | 28,000 |
| Concentrazione Fenoli | mg/l | 1,100 |

## Dissabbiatura-disoleatura

I rifiuti destinati al trattamento chimico-fisico saranno in primo luogo sottoposti ad un trattamento di dissabbiatura-disoleatura attuato all'interno di un dissabbiatore-disoleatore prefabbricato di cui si riportano le principali caratteristiche tecniche.

| **Dissabbiatura-disoleatura (DISS 01)** | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Portata di progetto del manufatto | $m^3/h$ | 90 |
| Portata massima ricevibile dal manufatto | $m^3/h$ | 144 |
| Consumo aria (@ 0,2-0,5 bar) | $m^3/h$ | 14,2 |
| Larghezza vasca | mm | 1495 |
| Lunghezza vasca | mm | 5860 |
| Altezza vasca fuori terra | mm | 2250 |
| Efficienze di rimozione delle sabbie (Φ > 0,25 mm) | % | >92 |
| Efficienza di rimozione di olii e grassi | % | 70 |
| Potenza installata totale | kW | 4,3 |

Il trattamento consentirà la rimozione di materiali inerti (sabbie), potenzialmente abrasivi per i dispositivi elettromeccanici installati a valle, e delle sostanze flottanti (olii, idrocarburi, etc.).

## Equalizzazione iniziale

I rifiuti in uscita dal dissabbiatore-disoleatore saranno alimentati ad un bacino di equalizzazione ricavato all'interno dell'esistente vasca di accumulo dell'acqua tecnica.

Il bacino in esame presenterà le seguenti caratteristiche:

| **Bacino di equalizzazione iniziale** | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Dimensioni utili (L x l x H) | m | 13,00 x 5,60 x 3,75 |
| Volume utile | $m^3$ | 273 |
| Portata media in ingresso | $m^3/h$ | 62,5 |
| Portata massima in ingresso (punta) | $m^3/h$ | 90 |
| Portata in uscita di progetto | $m^3/h$ | 15 ÷ 45 |
| Portata massima in uscita | $m^3/h$ | 62,5 |

Le dimensioni del bacino permetteranno il ricevimento dei rifiuti scaricati dagli automezzi nell'arco di circa 8 h ed il trattamento degli stessi presso il nuovo impianto chimico-fisico nell'arco delle 24 h, svincolando così l'operatività di quest'ultimo dall'andamento dei conferimenti, come evidenziato nei seguenti grafici.

Nelle ordinarie condizioni di esercizio, si prevede che i 500 $m^3$/d di rifiuti vengano alimentati alla vasca di equalizzazione con una portata di circa 62,5 $m^3$/h. Grazie al volume di equalizzazione i rifiuti potranno essere rilanciati al successivo trattamento chimico-fisico con portate variabili tra 15 $m^3$/h e 30 $m^3$/h.

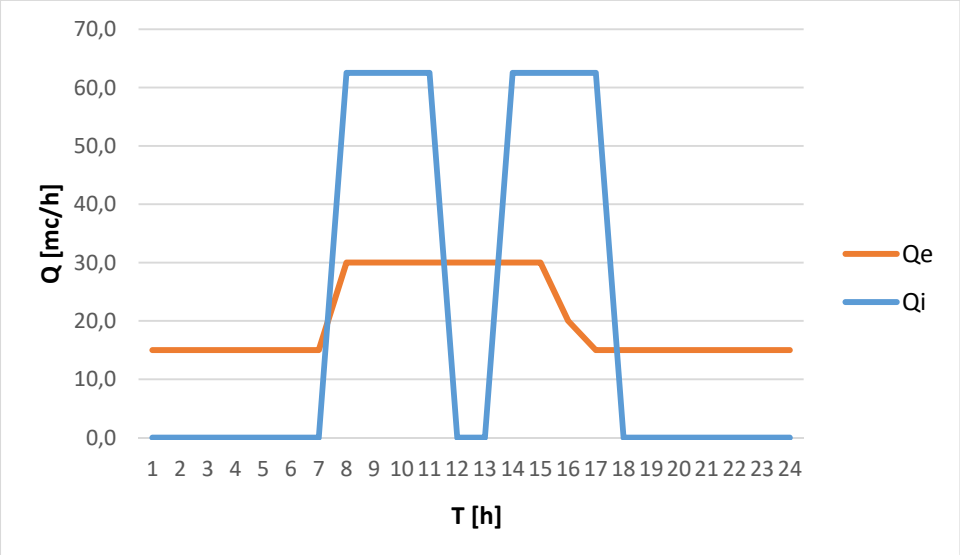


*Figura 1 - Portata in ingresso (Qi) e portata in uscita (Qe) dalla vasca di equalizzazione iniziale nelle ordinarie condizioni di esercizio previste in progetto.*

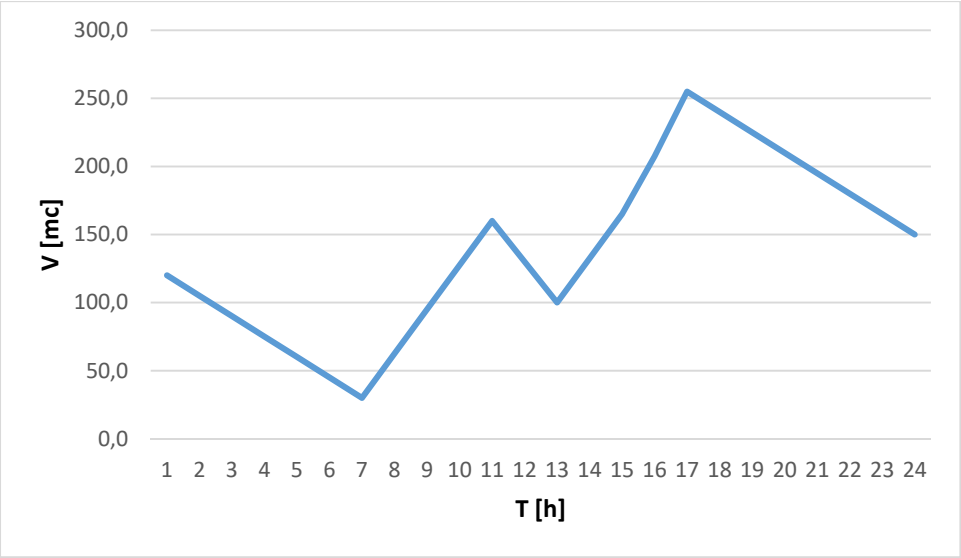


*Figura 2 – Volume di rifiuti liquidi nella vasca di equalizzazione iniziale nell'arco della giornata.*

Il comparto è stato anche verificato nell'ipotesi che i rifiuti liquidi vengano scaricati ad un ritmo ancora maggiore, con portata istantanea di 90 $m^3/h$. In tal caso, a valle dell'equalizzazione, la portata avviata al comparto biologico deve essere elevata a 45 $m^3/h$.

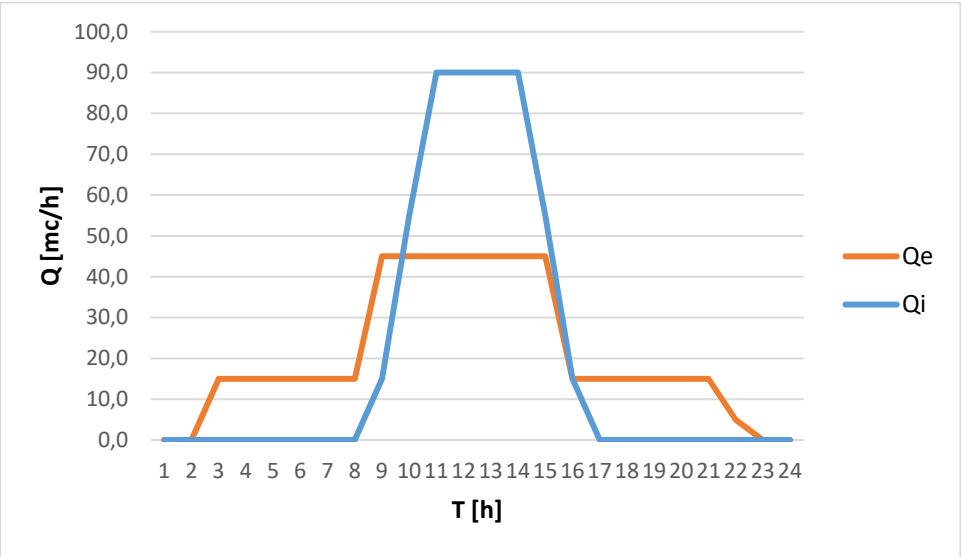


*Figura 3 - Portata in ingresso (Qi) e portata in uscita (Qe) dalla vasca di equalizzazione iniziale nelle ordinarie condizioni di esercizio previste in progetto.*

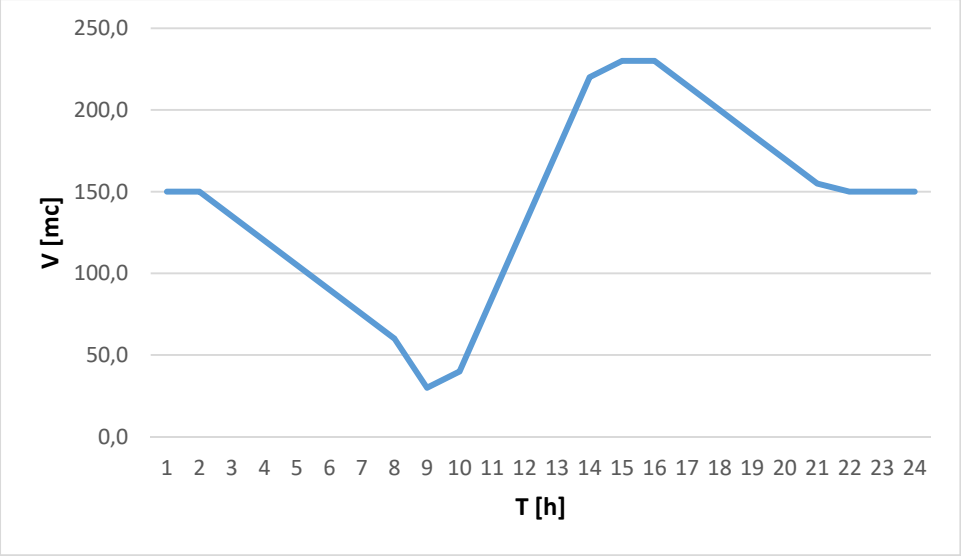


*Figura 4 - Volume di rifiuti liquidi nella vasca di equalizzazione iniziale nell'arco della giornata.*

In ogni caso, a favore di sicurezza, le dotazioni del comparto di trattamento chimico-fisico saranno dimensionate per ricevere, in condizioni di esercizio temporaneo ed eccezionale, una portata massima di 62,5 $m^3/h$.

Apposite pompe installate all'interno del bacino solleveranno i rifiuti al successivo trattamento chimico-fisico. La portata delle pompe, quantificata tramite misuratori elettromagnetici, potrà essere regolata al fine di adattarla alle puntuali esigenze di processo.

| **Pompa rilancio rifiuti a trattamento chimico-fisico (P 01 A/B)** | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Numero dispositivi | - | 1+1 |
| Tipologia | - | Centrifuga |
| Installazione | - | Sommersa |
| Tipologia fluido | - | Rifiuti liquidi grigliati |
| Portata massima | $m^3/h$ | 62,50 |
| Portata di progetto del singolo dispositivo (totale) | $m^3/h$ | 31,25 (62,50) |
| Prevalenza dell'impianto (di cui geodetica)* | m | 5,3 (4,5) |
| Potenza nominale del motore | kW | 1,3 |
| Avviamento/regolazione | - | Inverter |
| * tubazioni di mandata distinte | | |

La sedimentazione dei materiali solidi nel bacino sarà evitata grazie all'azione di un elettromiscelatore ad asse orizzontale.

| Elettromiscelatore (MIX 01) | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Dimensioni utili del reattore (L x l x H) | m | 13,00 x 5,60 x 3,75 |
| Tipologia fluido | - | Rifiuti liquidi grigliati |
| Numero dispositivi | - | 1 |
| Tipologia | - | Ad asse orizzontale |
| Spinta di reazione | N | 980 |
| Velocità di rotazione | rpm | 485 |
| Numero di pale | - | 3 |
| Diametro elica | mm | 580 |
| Potenza nominale | kW | 3,7 |
| Avviamento | - | Diretto |

## Trattamento chimico-fisico

Il trattamento chimico-fisico sarà articolato nelle fasi descritte ai successivi paragrafi, ciascuna delle quali sarà attuata all'interno di uno specifico compartimento ricavato mediante l'inserimento di nuovi setti in calcestruzzo ed in carpenteria metallica in acciaio inox AISI 316L all'interno della vasca esistente.

Per quel che concerne la selezione della tipologia di trattamento e dei reagenti utilizzati, essa è stata effettuata in base alle risultanze di specifiche prove su impianto pilota mediante le quali è stata verificata l'efficienza di abbattimento dei contaminanti con diverse combinazioni di processi.

Nel dettaglio, l'impianto pilota è stato alimentato con il refluo prelevato dalla vasca di equalizzazione ed è stato sottoposto a tre diverse sequenze di trattamento:

a) semplice sedimentazione;

b) correzione del pH con latte di calce al 10% fino a pH 9,5, trattamento con cloruro ferrico ($FeCl_3$ al 41%, dosaggio 100 mg/l), flocculazione con polielettrolita cationico specifico in emulsione (dosaggio 100 mg/l);

c) correzione del pH con soda (NaOH) al 30% fino a pH 9,5, trattamento con cloruro ferrico ($FeCl_3$ al 41%, dosaggio 100 mg/l), flocculazione con polielettrolita cationico specifico in emulsione (dosaggio 100 mg/l);

La seguente tabella riporta i risultati delle analisi effettuate:

| RIEPILOGO ANALISI EFFETTUATE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Analisi chimiche Analisi metalli | Tipologia di campione | | | | |
| **Parametri** | U.M. | **VASCA OMOGENIZZAZIONE TAL QUALE** | **TRATTAMENTO A** | **TRATTAMENTO B** | **TRATTAMENTO C** |
| **pH** | - | 6,07 | 6,05 | 9,49 | 9,52 |
| **C.O.D.** | mg/l | 26100 | 8900 | 8950 | 9000 |
| **Azoto totale** | mg/l | 600 | 600 | 530 | 560 |
| **Azoto ammoniacale** | mg/l | 140 | 140 | 130 | 130 |
| **Azoto nitrico** | mg/l | 130 | 50 | 50 | 50 |
| **Azoto nitroso** | mg/l | 3 | 0,31 | 0,06 | 0,28 |
| **Azoto organico** | mg/l | 327 | 410 | 350 | 380 |
| **Fosforo totale** | mg/l | 168 | 33,5 | 4 | 27,5 |
| **Ortofosfati** | mg/l | 143 | 30 | 3,5 | 23,5 |
| **Fosforo organico** | mg/l | 25 | 3,5 | 0,5 | 4 |
| **Arsenico** | mg/l | 0,059 | 0,015 | 0,015 | 0,042 |
| **Cadmio** | mg/l | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| **Cromo totale** | mg/l | 0,46 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| **Rame** | mg/l | 1,4 | 0,031 | 0,01 | 0,01 |
| **Piombo** | mg/l | 0,18 | 0,045 | 0,045 | 0,045 |
| **Nichel** | mg/l | 0,31 | 0,065 | 0,04 | 0,065 |
| **Zinco** | mg/l | 4,3 | 0,318 | 0,15 | 0,15 |

*Figura 5 – Risultati delle analisi sul campione tal quale e sui campioni di rifiuto trattato secondo le diverse sequenze di processo. I valori indicati con colore azzurro sono relativi a parametri con concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità: i valori in tabella sono stati quindi assunti pari alla metà del suddetto limite.*

Come si può notare, la semplice sedimentazione è risultata già in grado di abbattere i contaminanti al di sotto dei BAT-AEL, come del resto già noto dall'osservazione delle prestazioni di rimozione dei metalli dell'intero depuratore.

L'ulteriore dosaggio di reagenti chimici nell'implementazione di un vero e proprio trattamento chimico-fisico come richiesto dagli Enti Competenti determina miglioramenti modesti.

Ciò premesso, sulla scorta delle già richiamate prescrizioni formulate dagli Enti Competenti e delle valutazioni del Gestore in ordine alle modalità di conduzione del processo, la sequenza di trattamento "c" è stata giudicata quella caratterizzata dal miglior rapporto costi-

benefici. Infatti, benché il trattamento con calce mostri un'efficienza di poco superiore a quella del trattamento con soda, tale incremento prestazionale non è compensato dalla maggiore complessità gestionale della sequenza di trattamento "b" in termini di stoccaggio e preparazione dei reagenti.

In definitiva, il trattamento chimico-fisico in progetto sarà strutturato come di seguito indicato:

- correzione del pH mediante dosaggio di idrossido di sodio all'interno di un bacino di miscelazione rapida;
- coagulazione, con dosaggio di cloruro ferrico e polielettrolita cationico all'interno di un secondo bacino di miscelazione rapida;
- flocculazione, per consentire la formazione di strutture fioccose ad opera del cloruro ferrico sopra citato. Tale fase avrà luogo all'interno di un bacino di miscelazione lenta;
- sedimentazione, in cui si realizzerà la separazione dell'effluente trattato dai metalli e dagli altri contaminanti per azione della gravità e del trascinamento operato dai fiocchi precedentemente formati.

### Correzione del pH

I rifiuti liquidi in arrivo dalla vasca di equalizzazione saranno in primo luogo sottoposti ad una correzione del pH mediante dosaggio di idrossido di sodio tale da portare il pH in campo alcalino, comunque sempre al di sotto di pH 9,5.

Detta correzione del pH è funzionale a creare le condizioni ottimali per la precipitazione degli idrati metallici e nel contempo a migliorare le prestazioni del successivo trattamento con cloruro ferrico.

Il dosaggio della soluzione di idrossido di sodio avverrà all'interno di un apposito reattore attrezzato con un miscelatore rapido, le cui caratteristiche sono riportare nelle seguenti tabelle.

| Reattore di correzione pH | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Dimensioni utili (L x l x H) | m | 2,80 x 1,65 x 3,75 |
| Volume utile | $m^3$ | 17,3 |
| Portata media in ingresso (condizioni normali) | $m^3/h$ | 20,83 |
| Portata massima in ingresso (condizioni normali) | $m^3/h$ | 45,00 |
| Portata massima in ingresso (condizioni straordinarie) | $m^3/h$ | 62,50 |
| Tempo di ritenzione alla portata media (condizioni normali) | min | 50 |
| Tempo di ritenzione alla portata massima (condizioni normali) | min | 23 |
| Tempo di ritenzione alla portata massima (condizioni straordinarie) | min | 17 |

| Elettromiscelatore rapido (MIX 02) | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Dimensioni utili del reattore (L x l x H) | m | 2,80 x 1,65 x 3,75 |
| Tipologia fluido | - | Rifiuti liquidi grigliati |
| Numero dispositivi | - | 1 |
| Tipologia | - | Ad asse verticale |
| Velocità periferica | m/s | 2,7 ÷ 4,0 |
| Velocità di rotazione | rpm | 75 ÷ 110 |
| Numero di pale | - | 4 |
| Inclinazione pale | ° | 45 |
| Diametro girante | mm | 700 |
| Potenza nominale | kW | 2,2 |
| Avviamento/regolazione | - | Con inverter |

L'erogazione del reagente sarà effettuata tramite apposite pompe dosatrici (asservite ad una misura del pH in vasca) con le seguenti caratteristiche.

| Pompe dosatrici NaOH (PD 01 A/B) | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Numero dispositivi | - | 1+1R |
| Tipologia | - | Magnetica a membrana |
| Tipologia fluido | - | Soluzione di NaOH (30%) |
| Portata di progetto del singolo dispositivo | l/h | 15 |
| Contropressione massima | bar | 7 |
| Potenza nominale del motore | kW | 0,09 |
| Avviamento/regolazione | - | Diretto |

## Coagulazione

Una volta corretto il pH, il refluo sarà inviato ad un successivo reattore in cui avrà luogo il dosaggio sequenziale nel refluo di soluzione di cloruro ferrico ($FeCl_3$ al 41%) e di polielettrolita cationico.

Il reattore sarà a sua volta suddiviso in due compartimenti in cui saranno separatamente dosati i reagenti sopra descritti.

Analogamente al bacino precedente, il reattore sarà attrezzato con miscelatori rapidi (uno per ciascun compartimento) per generare l'adeguata turbolenza necessaria alla dispersione dei reagenti nel flusso liquido.

In questa fase, detta di "coagulazione pericinetica o elettrocinetica", i suddetti reagenti destabilizzeranno le particelle colloidali presenti nei reflui che, annullata la carica elettrica superficiale causa di reciproca repulsione, potranno avvicinarsi in virtù delle forze di attrazione molecolare tra le particelle (forze di van der Waals). Le particelle destabilizzate si presenteranno in forma di microfiocchi cui si aggiungeranno anche i fiocchi formati dai reagenti chimici con l'alcalinità dell'acqua (costituiti da complessi di idrossidi gelatinosi) dotati di efficaci caratteristiche adsorbenti analoghe a quelle dei fanghi attivi.

Tra i reattivi coagulanti il cloruro ferrico è uno di quelli di più comune impiego per la relativa economicità e per la tendenza a formare fiocchi compatti e di grandi dimensioni. Esso è inoltre adatto all'impiego con reflui concentrati a pH alcalino. L'azione destabilizzante del cloruro ferrico si attua principalmente per effetto della carica positiva del catione metallico, in grado di neutralizzare la carica elettrica, in genere negativa, delle particelle colloidali in sospensione. Inoltre, come già detto, il cloruro ferrico combinandosi con l'alcalinità dell'acqua dà luogo alla formazione di microfiocchi di idrossidi amorfi che, nel loro moto nell'acqua, adsorbono e catturano le particelle precedentemente destabilizzate dallo stato colloidale.

I polielettroliti vengono invece dosati con la funzione di ausiliari di flocculazione, ovvero allo scopo di agevolare l'aggregazione dei fiocchi nella successiva fase di flocculazione: essi rinforzano infatti la struttura di questi ultimi creando una struttura reticolata (formando "ponti" tra i fiocchi).

| Reattore di coagulazione | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Numero compartimenti | - | 2 |
| Dimensioni utili del singolo reattore (L x l x H) | m | 1,00 x 0,83 x 3,75 |
| Volume utile (totale) | $m^3$ | 3,1 (6,2) |
| Portata media in ingresso (condizioni normali) | $m^3/h$ | 20,83 |
| Portata massima in ingresso (condizioni normali) | $m^3/h$ | 45,00 |
| Portata massima in ingresso (condizioni straordinarie) | $m^3/h$ | 62,50 |
| Tempo di ritenzione alla portata media (condizioni normali)* | min | 9 |
| Tempo di ritenzione alla portata massima (condizioni normali)* | min | 4 |
| Tempo di ritenzione alla portata massima (condizioni straordinarie)* | min | 3 |
| * tempo di ritenzione del singolo compartimento di miscelazione | | |

| Elettromiscelatore rapido (MIX 03 A/B) | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Dimensioni utili del reattore (L x l x H) | m | 1,00 x 0,83 x 3,75 |
| Tipologia fluido | - | Rifiuti liquidi grigliati |
| Numero dispositivi | - | 1 |
| Tipologia | - | Ad asse verticale |
| Velocità periferica | m/s | 2,0 ÷ 2,9 |
| Velocità di rotazione | rpm | 77 ÷ 110 |
| Numero di pale | - | 4 |
| Inclinazione pale | ° | 45 |
| Diametro girante | mm | 500 |
| Potenza nominale | kW | 0,75 |
| Avviamento/regolazione | - | Con inverter |

Anche in questo caso, i reattivi chimici saranno additivati al refluo mediante apposite pompe dosatrici.

| Pompe dosatrici $FeCl_3$(PD 02 A/B) | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Numero dispositivi | - | 1+1R |
| Tipologia | - | Magnetica a membrana |
| Tipologia fluido | - | Soluzione di $FeCl_3$ (41%) |
| Portata di progetto del singolo dispositivo | l/h | 15 |
| Contropressione massima | bar | 7 |
| Potenza nominale del motore | kW | 0,09 |
| Avviamento/regolazione | - | Diretto |

| Stazione dosaggio polielettrolita (POL 01) | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Numero dispositivi | - | 1 |
| Tipologia fluido | - | Polielettrolita in emulsione |
| Portata massima polielettrolita grezzo | l/h | 400 |
| Portata massima polielettrolita diluito | l/h | 4’000 |
| Contropressione massima | bar | 4,5 |
| Potenza installata totale | kW | 1,75 |
| Avviamento/regolazione | - | Diretto |

## Flocculazione

Una volta dosati nel flusso liquido i reagenti, i rifiuti saranno sottoposti ad una fase di flocculazione (o “coagulazione ortocinetica”) in cui saranno sottoposti ad una lenta miscelazione in modo da favorire le collisioni tra le particelle e la coalescenza delle stesse, ovvero l’aggregazione e la crescita dei microfiocchi che si legano reciprocamente e nel contempo provvedono ad inglobare meccanicamente le particelle colloidali rimaste ancora in sospensione.

Al termine di tale processo, le sostanze colloidali non sedimentabili presenti nell’acqua sono trasformate in fiocchi sedimentabili di maggiori dimensioni che saranno raccolti sul fondo della vasca di sedimentazione sotto forma di fango.

Il bacino di flocculazione sarà attrezzato con uno specifico miscelatore lento.

| Reattore di flocculazione | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Dimensioni utili (L x l x H) | m | 4,10 x 2,00 x 3,75 |
| Volume utile | $m^3$ | 30,8 |
| Portata media in ingresso (condizioni normali) | $m^3/h$ | 20,83 |
| Portata massima in ingresso (condizioni normali) | $m^3/h$ | 45,00 |
| Portata massima in ingresso (condizioni straordinarie) | $m^3/h$ | 62,50 |
| Tempo di ritenzione alla portata media (condizioni normali) | min | 89 |
| Tempo di ritenzione alla portata massima (condizioni normali) | min | 41 |
| Tempo di ritenzione alla portata massima (condizioni straordinarie) | min | 30 |

| Elettromiscelatori lenti (MIX 04 A/B) | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Dimensioni utili del reattore (L x l x H) | m | 4,10 x 2,00 x 3,75 |
| Tipologia fluido | - | Rifiuti liquidi grigliati |
| Numero dispositivi | - | 2 |
| Tipologia | - | Ad asse verticale |
| Velocità periferica | m/s | 0,8 ÷ 1,5 |
| Velocità di rotazione | rpm | 20 ÷ 35 |
| Numero di pale | - | 2 |
| Diametro girante | mm | 800 |
| Potenza nominale | kW | 0,37 |
| Avviamento/regolazione | - | Con inverter |

## Sedimentazione

I rifiuti in uscita dalla flocculazione saranno avviati ad una vasca di sedimentazione di tipo tradizionale, in cui avrà luogo la separazione dei fiocchi (contenenti i contaminanti rimossi – tra cui i metalli - ) dall'effluente chiarificato. Quest'ultimo sarà avviato invece all'esistente vasca di equalizzazione dove si unirà ai rifiuti non trattati in quanto caratterizzati da concentrazioni di contaminanti già inferiori ai BAT-AEL ed altamente biodegradabili.

| Sedimentatore | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Dimensioni utili (L x l x H) | m | 8,80 x 4,10 x 3,75 |
| Volume utile | $m^3$ | 95 |
| Superficie utile | $m^2$ | 36,1 |
| Portata media in ingresso (condizioni normali) | $m^3/h$ | 20,83 |
| Portata massima in ingresso (condizioni normali) | $m^3/h$ | 45,00 |
| Portata massima in ingresso (condizioni straordinarie) | $m^3/h$ | 62,50 |
| Tempo di ritenzione alla portata media (condizioni normali) | h | 4,6 |
| Tempo di ritenzione alla portata massima (condizioni normali) | h | 2,1 |
| Tempo di ritenzione alla portata massima (condizioni straordinarie) | h | 1,5 |
| Carico idraulico superficiale alla portata media (condizioni normali) | $m^3/m^2/h$ | 0,58 |
| Carico idraulico superficiale alla portata massima (condizioni normali) | $m^3/m^2/h$ | 1,25 |
| Carico idraulico superficiale alla portata massima (condizioni straordinarie) | $m^3/m^2/h$ | 1,73 |

Come si può osservare dai dati sopra riportati, il sedimentatore presenta carichi idraulici superficiali, nelle condizioni operative di progetto, ampiamente cautelativi e coerenti con le

indicazioni di letteratura. Nelle situazioni di esercizio straordinarie ipotizzate, i margini di sicurezza del reparto sono ridotti. È tuttavia prevista la possibilità di installare nel bacino pacchi lamellari per garantire il trattamento, con i massimi livelli di efficienza, anche della portata di 62,5 $m^3/h$. Considerato che le portate di rifiuti ipotizzate sono frutto di assunzioni largamente a favore di sicurezza (trattamento dell'intero flusso di rifiuti liquidi, rapido susseguirsi dei conferimenti) e che la massima portata di 62,5 $m^3/h$ è riferita a sua volta a circostanze straordinarie, l'eventuale potenziamento con pacchi lamellari è rimandato ad una successiva fase di intervento. In tal modo si potranno verificare le effettive rese di trattamento in piena scala del reparto e l'eventuale necessità di correttivi o adeguamenti come quello sopra descritto.

Il fondo del sedimentatore sarà opportunamente sagomato con la formazione di tramogge destinate alla raccolta ed alla concentrazione dei fanghi. Questi ultimi, di cui si stima una produzione di circa 2'300 kg SS/d (corrispondenti ad una portata idraulica media di circa 77 $m^3/d$), saranno rilanciati alla linea fanghi (nel dettaglio, all'ispessitore B) mediante un'apposita pompa a cavità progressiva. Sulla mandata di detta pompa sarà installato un misuratore di portata.

| **Pompa rilancio fanghi (P 06)** | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Numero dispositivi | - | 1 |
| Tipologia | - | A cavità progressiva |
| Installazione | - | In asciutto |
| Tipologia fluido | - | Fanghi da chimico-fisico (1,5-5% SST) |
| Portata fanghi | $m^3/d$ | 50 ÷ 150 |
| Portata di progetto del dispositivo | $m^3/h$ | 30,0 |
| Prevalenza dell'impianto (di cui geodetica) | m | 21,3 (2,0) |
| Pressione di mandata massima | bar | 4,0 |
| Potenza nominale del motore | kW | 9,2 |
| Avviamento/regolazione | - | Inverter |

Nella canalina di scarico del sedimentatore sarà ricavata una vaschetta in carpenteria metallica dove sarà possibile effettuare il prelievo dei campioni (mediante apposito campionatore automatico[1]) per il monitoraggio della qualità dell'effluente del nuovo reparto.

[1] Il campionatore automatico sarà fornito dalla Stazione Appaltante e risulta pertanto escluso dall'appalto.

## Caratteristiche del flusso in uscita dal trattamento chimico-fisico

Sulla scorta dei dati di letteratura e dei risultati della sperimentazione condotta su impianto pilota, si stima che l'effluente del trattamento chimico-fisico in progetto presenti le seguenti caratteristiche.

| Concentrazioni dell'effluente del trattamento chimico-fisico | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Concentrazione COD | mg/l | 11'900 |
| Concentrazione SST | mg/l | 585 |
| Concentrazione Ntot | mg/l | 697 |
| Concentrazione N-$NH_4$ | mg/l | 260 |
| Concentrazione N-$NO_2$ | mg/l | 0,27 |
| Concentrazione N-$NO_3$ | mg/l | 49 |
| Concentrazione Norg | mg/l | 277 |
| Concentrazione Ptot | mg/l | 27 |
| Concentrazione Porg | mg/l | 24 |
| Concentrazione As | mg/l | 0,092 |
| Concentrazione Cd | mg/l | 0,030 |
| Concentrazione Crtot | mg/l | 0,255 |
| Concentrazione CrVI | mg/l | 0,020 |
| Concentrazione Mn | mg/l | 0,320 |
| Concentrazione Hg | mg/l | 0,010 |
| Concentrazione Ni | mg/l | 0,118 |
| Concentrazione Cu | mg/l | 0,062 |
| Concentrazione Se | mg/l | 0,009 |
| Concentrazione Zn | mg/l | 0,252 |
| Concentrazione Pb | mg/l | 0,120 |
| Concentrazione Solfati | mg/l | 148 |
| Concentrazione idrocarburi totali | mg/l | 5,6 |
| Concentrazione Fenoli | mg/l | 0,4 |

In fase operativa, le rese di abbattimento potranno essere opportunamente adeguate in funzione della qualità dei rifiuti variando il dosaggio dei reagenti, la gestione della vasca di equalizzazione iniziale, la regolazione dei miscelatori ed i punti di dosaggio dei reagenti all'interno dei singoli reattori.

## Rilancio del refluo alla linea acque

I rifiuti alimentati alla vasca di equalizzazione esistente (dal nuovo reparto chimico-fisico e direttamente dal pretrattamento meccanico – se conformi alle indicazioni delle conclusioni BAT ed altamente biodegradabili) saranno rilanciati alle diverse linee di trattamento biologico dell'impianto mediante nuove elettropompe dedicate. Sulla mandata di ciascuna pompa sarà installato un misuratore di portata elettromagnetico.

| **Pompa rilancio rifiuti a linea A comparto biologico (P 02)** | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Numero dispositivi | - | 1 |
| Tipologia | - | Centrifuga |
| Installazione | - | Sommersa |
| Tipologia fluido | - | Rifiuti liquidi grigliati |
| Portata massima di refluo da erogare | $m^3/h$ | 9,25 |
| Prevalenza dell'impianto (di cui geodetica) | m | 4,0 (3,2) |
| Potenza nominale del motore | kW | 2,0 |
| Avviamento/regolazione | - | Inverter |

| **Pompa rilancio rifiuti a linea B comparto biologico (P 03)** | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Numero dispositivi | - | 1 |
| Tipologia | - | Centrifuga |
| Installazione | - | Sommersa |
| Tipologia fluido | - | Rifiuti liquidi grigliati |
| Portata massima di refluo da erogare | $m^3/h$ | 16,5 |
| Prevalenza dell'impianto (di cui geodetica) | m | 7,6 (3,6) |
| Potenza nominale del motore | kW | 2,0 |
| Avviamento/regolazione | - | Inverter |

| **Pompa rilancio rifiuti a linea C comparto biologico (P 04)** | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Numero dispositivi | - | 1 |
| Tipologia | - | Centrifuga |
| Installazione | - | Sommersa |
| Tipologia fluido | - | Rifiuti liquidi grigliati |
| Portata massima di refluo da erogare | $m^3/h$ | 18,4 |
| Prevalenza dell'impianto (di cui geodetica) | m | 7,1 (3,7) |
| Potenza nominale del motore | kW | 2,0 |
| Avviamento/regolazione | - | Inverter |

| Pompa rilancio rifiuti a linea D comparto biologico (P 05) | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Numero dispositivi | - | 1 |
| Tipologia | - | Centrifuga |
| Installazione | - | Sommersa |
| Tipologia fluido | - | Rifiuti liquidi grigliati |
| Portata massima di refluo da erogare | $m^3/h$ | 18,4 |
| Prevalenza dell'impianto (di cui geodetica) | m | 5,9 (3,7) |
| Potenza nominale del motore | kW | 2,0 |
| Avviamento/regolazione | - | Inverter |

Un'ulteriore pompa sarà installata nel canale all'ingresso della vasca di equalizzazione per l'estrazione delle sabbie ivi depositate e per il rilancio delle stesse al nuovo dissabbiatore.

| Pompa rilancio sabbie (P 07) | | |
|---|---|---|
| **Parametro** | **U.d.m.** | **Valore** |
| Numero dispositivi | - | 1 |
| Tipologia | - | Centrifuga |
| Installazione | - | Sommersa |
| Tipologia fluido | - | Rifiuti liquidi grigliati |
| Portata massima di refluo da erogare | $m^3/h$ | 50,0 |
| Prevalenza dell'impianto (di cui geodetica) | m | 8,0 (1,0) |
| Potenza nominale del motore | kW | 4,0 |
| Avviamento/regolazione | - | diretto |

# Calcoli idraulici

I calcoli idraulici sono stati effettuati nell'ipotesi di moto uniforme o permanente. Di qui l'utilizzo, nella verifica delle tubazioni e dei canali non in pressione, della nota formula di Chèzy per correnti a superficie libera in moto uniforme:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

con il seguente significato dei simboli:

*Q*, portata defluente;

*A*, area della sezione liquida;

$\chi = cR^{1/6}$

dove

*c*, coefficiente di scabrezza di Strickler.

*R*, raggio idraulico (area della sezione liquida/contorno bagnato)

*i*, pendenza del fondo

Per quanto riguarda le tubazioni in pressione, la valutazione delle perdite di carico è stata effettuata mediante la relazione di Colebrook

$$Q = -\frac{\pi D^2}{2} \cdot \sqrt{2gDi} \cdot \log\left( \frac{2{,}51\nu}{D\sqrt{2gDi}} + \frac{\varepsilon / D}{3{,}71} \right)$$

dove *i* è la pendenza motrice, *v* è la viscosità del liquido e *ε* è la scabrezza assoluta della tubazione (assunta cautelativamente pari a 1 mm).

Le perdite di carico concentrate sono state valutate secondo la consueta relazione:

$$\Delta H_c = \xi \cdot \frac{U^2}{2g}$$

dove *U* rappresenta la velocità media della corrente e *ξ* è un coefficiente che assume differenti valori in funzione della singolarità idraulica in esame:

| | |
|---|---|
| Imbocco (non raccordato) | 0,5 |
| Sbocco | 1,0 |
| Curve (in funzione del raggio di curvatura, di D e della deviazione angolare) | 0,08 ÷ 0,8 |
| Gomiti (in funzione della deviazione angolare) | 0,3 ÷ 0,9 |
| Saracinesche | 0,2 |
| Valvole di ritegno a sfera mobile | 1,5 |

Per un elenco completo dei suddetti coefficienti, si rimanda alla manualistica tecnica.

Il carico sugli stramazzi è stato determinato a partire dalla seguente formula approssimata:

$$Q = \mu \cdot L \cdot \Delta H \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta H}$$

dove *L* è la lunghezza dello stramazzo, *ΔH* è il carico sullo stramazzo e *μ* è un coefficiente che assume valore variabile in funzione del tipo di sfioro (0,41-0,46 per stramazzo in parete sottile, senza contrazione laterale, 0,385 per stramazzi a larga soglia, etc.).

## Verifica del profilo idraulico

Si riportano di seguito i risultati dei calcoli di verifica del profilo idraulico dei compartimenti del nuovo reparto di trattamento: secondo la comune pratica progettuale, l'analisi è stata condotta procedendo dall'estrema sezione di valle (in questo caso, lo scarico del sedimentatore) verso monte, fino allo sbocco delle tubazioni di mandata delle pompe dell'equalizzazione iniziale.

Le quote altimetriche sono indicate nel medesimo sistema di riferimento utilizzato in tutti gli elaborati progettuali.

La temperatura del liquame si assume cautelativamente pari a 12°C.

Per ogni comparto sono stati considerati i seguenti scenari:

- scenario 1: corrispondente a condizioni di funzionamento “medie”;
- scenario 2: descrizione delle condizioni di funzionamento idraulico in presenza delle massime portate ammesse ai reparti.

| **Sedimentazione** | **U.d.m.** | **scenario 1** | **scenario 2** |
|---|---|---|---|
| portata allo scarico | $m^3/h$ | 20.83 | 62.50 |
| quota sfioro scarico sedimentazione | m | 3.75 | 3.75 |
| carico sullo stramazzo (L = 7,2 m) (a parete sottile) | m | 0.01 | 0.01 |
| livello idrico sedimentazione | m | 3.76 | 3.76 |

| **Correzione pH, coagulazione, flocculazione** | **U.d.m.** | **scenario 1** | **scenario 2** |
|---|---|---|---|
| portata in uscita dalla flocculazione | $m^3/h$ | 20.83 | 62.50 |
| livello idrico flocculazione | m | 3.76 | 3.76 |
| quota sfioro scarico coagulazione | m | 3.76 | 3.76 |
| carico sullo stramazzo (L = 1,0 m) (a larga soglia) | m | 0.02 | 0.05 |
| livello idrico coagulazione | m | 3.78 | 3.81 |
| quota sfioro scarico correzione pH | m | 3.81 | 3.81 |
| carico sullo stramazzo (L = 0,80 m) (a parete sottile) | m | 0.03 | 0.05 |
| livello idrico nella vasca di correzione pH | m | 3.83 | 3.86 |

## Verifica dei sollevamenti

La seguente tabella riporta i risultati del calcolo delle perdite di carico totali per le tubazioni in pressione dei nuovi impianti di sollevamento previsti in progetto. Tali perdite di carico, sommate ai dislivelli tra le superfici idriche dei bacini di aspirazione e le quote di sbocco delle tubazioni di mandata hanno consentito di determinare le prevalenze da attribuire alle diverse elettropompe.

| **Linea** | **Qmin [mc/h]** | **Qmax [mc/h]** | **DN [mm]** | **Vmin [m/s]** | **Vmax [m/s]** | **L [m]** | **scabrezza [m]** | **DH [m]** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mandata pompe P01 A/B | 15.0 | 31.3 | 80 | 0.83 | 1.73 | 6.3 | 0.001 | 0.86 |
| aspirazione pompa P06 | 8.3 | 15.0 | 80 | 0.46 | 0.83 | 5.0 | 0.001 | 0.63 |
| aspirazione/mandata pompa P06 | 8.3 | 30.0 | 80 | 0.46 | 1.66 | 77.0 | 0.001 | 15.55 |
| mandata pompa P02 | 9.0 | 9.3 | 80 | 0.50 | 0.51 | 104.0 | 0.001 | 0.79 |
| mandata pompa P03 | 9.0 | 16.5 | 80 | 0.50 | 0.91 | 170.0 | 0.001 | 3.96 |
| mandata pompa P04 | 9.0 | 18.4 | 80 | 0.50 | 1.02 | 113.0 | 0.001 | 3.36 |
| mandata pompa P05 | 9.0 | 18.4 | 80 | 0.50 | 1.02 | 72.0 | 0.001 | 2.20 |
| mandata pompa P07 | 50.0 | 50.0 | 80 | 2.76 | 2.76 | 31.0 | 0.001 | 7.05 |