

AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE DI BAGNOLI - COROGLIO (NA)

D.P.C.M. 15.10.2015

Interventi per la bonifica ambientale e rigenerazione urbana dell'area di Bagnoli - Coroglio

Infrastrutture, reti idriche, trasportistiche ed energetiche dell'area del Sito di Interesse Nazionale di Bagnoli - Coroglio



Presidenza del Consiglio dei Ministri
IL COMMISSARIO STRAORDINARIO DEL GOVERNO
PER LA BONIFICA AMBIENTALE E RIGENERAZIONE URBANA
DELL'AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE
BAGNOLI - COROGLIO



STAZIONE APPALTANTE

INVITALIA S.p.a.: Soggetto Attuatore, in ottemperanza all'art. 33 del D.L. n. 133/2014, convertito con legge n. 164/2014, e del D.P.C.M. 15 ottobre 2015, ai fini della predisposizione ed esecuzione del Programma di Risanamento Ambientale e la Rigenerazione Urbana per il Sito di Rilevante Interesse Nazionale di Bagnoli-Coroglio

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Daniele BENOTTI

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

PROGETTAZIONE GEOTECNICA, STRUTTURALE e STRADALE
Ing. Letterio SONNESSA

RELAZIONE GEOLOGICA
Dott. Geol. Vincenzo GUIDO

GRUPPO DI LAVORO INTERNO

Collaboratori:
Geom. Gennaro DI MARTINO
Geom. Alessandro FABBRI
Ing. Davide GRESIA
Ing. Nunzio LAURO
Ing. Alessio MAFFEI
Ing. Angelo TERRACCIANO
Ing. Massimiliano ZAGNI

Supporto operativo:
Ing. Irene CIANCI
Arch. Alessio FINIZIO
Ing. Carmen FIORE
Ing. Federica Jasmeen GIURA
Ing. Leonardo GUALCO

PROGETTAZIONE IDRAULICA
Ing. Claudio DONNALOIA

PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA
Ing. Michele PIZZA

COMPUTI E STIME
Geom. Gennaro DI MARTINO

SUPPORTO TECNICO-SCIENTIFICO
Prof. Ing. Alessandro PAOLETTI
Ing. Domenico CERAUDO
Ing. Cristina PASSONI

PROGETTAZIONE ENERGETICA e TELECOMUNICAZIONI
Ing. Claudio DONNALOIA

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

MANDATARIA



VIA INGEGNERIA Srl
Via Flaminia, 999
00189 Roma (RM)

COORDINAMENTO DELLA PROGETTAZIONE
Ing. Matteo DI GIROLAMO

PROGETTAZIONE OPERE STRUTTURALI
Ing. Giovanni PIAZZA

COORDINAMENTO SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
ai sensi D.Lgs. 81/08
Ing. Massimo FONTANA

MANDANTI



QUANTICA INGEGNERIA Srl
Piazza Bovio, 22
80133 Napoli (NA)

PROGETTAZIONE OPERE STRUTTURALI SPECIALI
Ing. Francesco NICCHIARELLI

PROGETTAZIONE OPERE IMPIANTISTICHE ELETTRICHE
Ing. Paolo VIPARELLI

RELAZIONE GEOLOGICA
Geol. Maurizio LANZINI

RELAZIONE ARCHEOLOGICA
Arch. Luca DI BIANCO



WEE WATER ENVIRONMENT ENERGY Srl
Piazza Bovio, 22
80133 Napoli (NA)

PROGETTAZIONE OPERE DI VIABILITA' ORDINARIA
Ing. Giuseppe RUBINO

PROGETTAZIONE ARENA SANT'ANTONIO-HUB DI COROGLIO
Ing. Giuseppe VACCA

RELAZIONE ACUSTICA
Ing. Tiziano BARUZZO

GIOVANE PROFESSIONISTA
Ing. Veronica NASUTI
Ing. Andrea ESPOSITO
Ing. Raffaele VASSALLO
Ing. Serena ONERO



AMBIENTE SPA
Via Frassina, 21
54033 Carrara (MS)

PROGETTAZIONE OPERE IDRAULICHE A RETE
Ing. Giulio VIPARELLI

PROGETTAZIONE OPERE A MARE E IMPIANTO TAF 3
Ing. Roberto CHIEFFI



HYSOMAR SOCIETA' COOPERATIVA
Corso Umberto I, 154
80138 Napoli (NA)



ALPHATECH
Via S. Maria delle Libera, 13
80127 Napoli (NA)

ING. GIUSEPPE RUBINO
Via Riviera di Chiaia, 53
80122 Napoli (NA)

Ing. Giuseppe Rubino

DISEGNATORI
Geom. Salvatore DONATIELLO
Geom. Paolo COSIMELLI
P.I. Ugo NAPPI
Ing. Daniele CERULLO

COMPUTI E STIME
Per. Ind. Giuseppe CORATELLA
Geom. Luigi MARTINELLI

INVITALIA

Agenzia nazionale per l'attrazione degli investimenti e lo sviluppo d'impresa SpA

Funzione Servizi di Ingegneria

Direzione Area Tecnica
Opere civili:
Arch. Giulia LEONI

PROGETTO DEFINITIVO

| Elaborato | | | DATA | NOME | FIRMA |
|---|-------------|---------------|---------------------------------|-----------------------|------------------|
| INFRASTRUTTURE IDRICHE HUB IDRICO - NUOVO IMPIANTO TAF 3 | | | REDATTO | MAGGIO 2023 | PA |
| | | | VERIFICATO | MAGGIO 2023 | AD |
| | | | APPROVATO | MAGGIO 2023 | RC |
| | | | DATA | MAGGIO 2023 | CODICE ELABORATO |
| REVISIONE | DATA | AGGIORNAMENTI | SCALA | RT.05.03.01.01 | |
| 0 | MAGGIO 2023 | Emissione | --- | | |
| | | | CODICE FILE | | |
| | | | 2021INV-D-IS.RT.05.03.01.01.doc | | |

HUB IDRICO - NUOVO IMPIANTO TAF 3

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI PROCESSO

Sommario

| | |
|---|----|
| 1. PREMESSA..... | 4 |
| 2. PORTATA DI PROGETTO | 5 |
| 3. PARAMETRI DI QUALITA' DELLE ACQUE DA TRATTARE..... | 6 |
| 3.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE ACQUE DA TRATTARE | 6 |
| 4. DESCRIZIONE DEL CICLO DI TRATTAMENTO | 9 |
| 4.1. CRITERI DI INDIVIDUAZIONE DEL CICLO DI TRATTAMENTO DI PROGETTO | 9 |
| 4.2. LINEA ACQUE..... | 10 |
| 4.3. LINEA FANGHI..... | 11 |
| 5. INTERVENTI DI PROGETTO | 12 |
| 6. SOLLEVAMENTO INIZIALE | 13 |
| 6.1. IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO | 13 |
| 6.2. CONDOTTA PREMENTE | 14 |
| 7. EDIFICIO TAF 3 E COMPARTO REATTIVI | 15 |
| 8. OSSIDAZIONE DEL FERRO..... | 17 |
| 9. COAGULAZIONE-FLOCCULAZIONE IN AMBIENTE BASICO..... | 19 |
| 9.1. DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI MISCELAZIONE RAPIDA E MISCELAZIONE LENTA | 19 |
| 9.1.1. Miscelazione rapida | 19 |
| 9.1.2. Miscelazione lenta | 19 |
| 9.2. CORREZIONE PH..... | 19 |
| 9.3. DOSAGGIO DI POLIELETTROLITA..... | 20 |
| 9.4. RIMOZIONE DELLO ZINCO MEDIANTE PRECIPITAZIONE SOTTOFORMA DI IDROSSIDO | 21 |
| 9.5. OSSIDAZIONE DEL MANGANESE MEDIANTE DOSAGGIO DI PERMANGANATO DI SODIO | 21 |
| 9.6. RIMOZIONE DELL'ARSENICO MEDIANTE ADSORBIMENTO SULL'IDROSSIDO FERRICO | 22 |

| | | |
|---------|---|----|
| 10. | SEDIMENTAZIONE DEI METALLI PESANTI PRECIPITATI IN AMBIENTE BASICO | 24 |
| 11. | COAGULAZIONE-FLOCCULAZIONE IN AMBIENTE NEUTRO | 26 |
| 11.1. | DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI MISCELAZIONE RAPIDA E MISCELAZIONE LENTA | 26 |
| 11.1.1. | Miscelazione rapida | 26 |
| 11.1.2. | Miscelazione lenta | 26 |
| 11.2. | CORREZIONE PH..... | 26 |
| 11.3. | DOSAGGIO DI POLIELETTROLITA | 26 |
| 11.4. | RIMOZIONE DELL'ALLUMINIO MEDIANTE PRECIPITAZIONE SOTTOFORMA DI IDROSSIDO..... | 27 |
| 11.5. | RIMOZIONE DEI FLORURI MEDIANTE ADSORBIMENTO SULL'IDROSSIDO DI ALLUMINIO | 27 |
| 11.6. | DOSAGGIO DI CARBONI ATTIVI PER FAVORIRE L'ADSORBIMENTO DEGLI IPA E DEL BORO | 28 |
| 12. | SEDIMENTAZIONE DEI METALLI PESANTI PRECIPITATI IN AMBIENTE NEUTRO..... | 29 |
| 13. | SOLLEVAMENTO INTERMEDIO | 30 |
| 14. | OSMOSI INVERSA | 31 |
| 15. | SOLLEVAMENTO FINALE..... | 34 |
| 16. | CONDOTTA PREMENTE ACQUE TRATTATE | 35 |
| 17. | VASCA DI ACCUMULO ACQUE TRATTATE..... | 36 |
| 18. | SOLLEVAMENTO DEL CONCENTRATO DI OSMOSI..... | 37 |
| 19. | LINEA REATTIVI..... | 38 |
| 20. | TRATTAMENTO FANGHI..... | 40 |

1. PREMESSA

Nella presente Relazione viene riportata la descrizione degli interventi ed i calcoli di processo relativi all'Impianto di Trattamento Acque di Falda denominato "TAF 3" incluso nel presente progetto definitivo dell'intervento denominato "Infrastrutture, Reti Idriche, Trasportistiche ed Energetiche, dell'area del Sito di Interesse Nazionale di Bagnoli-Coroglio".

L'impianto è stato progettato e dimensionato con l'obiettivo di fornire la necessaria portata d'acqua al sistema di irrigazione del futuro Parco di Bagnoli; a tal fine, per la determinazione dei parametri di qualità delle acque trattate, si è fatto riferimento ai limiti indicati nel DM n. 185/2003 recante "Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152".

Dal momento che, sia in relazione al ciclo di trattamento adottato, sia in condizioni di by-pass della sezione osmotica, si prevede che un'aliquota parziale o totale possa essere inviata al limitrofo impianto di pre-trattamento di Coroglio e di qui alla depurazione (impianto di Cuma), ci si è anche preoccupati di rimuovere dalle acque (mediante i trattamenti previsti fino a "monte" della sezione osmotica) quei parametri per i quali non sussiste specifico trattamento nella successiva fase depurativa (e cioè nell'ambito del ciclo di trattamento dell'impianto di Cuma).

In aderenza al PFTE, si prevede che il trattamento della portata in ingresso sia realizzato mediante due linee in parallelo; si prevede altresì un'ulteriore linea di riserva di pari potenzialità.

I dati relativi ai parametri di qualità delle acque presi a riferimento della progettazione sono stati desunti da apposito analisi eseguite su campioni prelevati in ingresso all'attuale impianto di trattamento acque di falda (TAF2); le analisi hanno riguardato l'intero set di parametri indicato nel DM 185, in modo da avere un quadro chiaro ed esaustivo dei trattamenti da adottare, in relazione ai valori dei parametri che superano i limiti imposti dalla norma.

Nel seguito, dopo aver riportato i dati di base presi a riferimento per la progettazione inerenti la portata e la qualità delle acque da trattare, viene illustrato il ciclo di trattamento adottato in progetto; successivamente vengono descritti in dettaglio gli interventi previsti e vengono altresì riportati i risultati dei calcoli di processo fase per fase, sia relativamente alla linea acque che alla linea fanghi.

2. PORTATA DI PROGETTO

La portata di progetto è stata determinata in relazione alle esigenze della richiesta irrigua del futuro Parco di Bagnoli; sulla scorta dei dati forniti da Invitalia, tale valore è stato fissato pari a **2000 m³/giorno** equivalenti a circa **85 m³/h**.

Considerato che, nell'ambito del ciclo di trattamento adottato, si prevede l'inserimento di una sezione ad osmosi inversa che, rispetto alla portata in ingresso, produce un'aliquota stimata almeno pari al 60% di "permeato" (e cioè di acque trattate) ed a non più del 40% di "concentrato" (e cioè di acque di scarto), la portata da trattare al TAF per garantire l'erogazione dei suddetti 85 m³/h risulta pari a:

$$Q_t = 83.5/0.6 \cong 140 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tale portata sarà garantita dagli emungimenti provenienti dalla barriera idraulica esistente (oggetto di un recente progetto di revamping) e dai sollevamenti delle acque provenienti dai barrieramenti (dreni-diaframmi) degli arenili di Bagnoli e Coroglio.

Come detto, il trattamento del suddetto valore di portata avviene su n. 3 linee distinte (di cui n. 2 in esercizio e n. 1 riserva), dimensionate ciascuna per una portata di 70 m³/h; la linea fanghi e le fasi di sollevamento finali, su linea unica, sono viceversa dimensionate per l'intera portata da trattare (140 m³/h).

3. PARAMETRI DI QUALITA' DELLE ACQUE DA TRATTARE

3.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE ACQUE DA TRATTARE

Relativamente ai parametri di qualità delle acque da trattare sono stati esaminati, sia i dati riportati nel PFTE a base di gara, sia quelli desunti dal più recente Progetto esecutivo dell'intervento di revamping della barriera idraulica esistente redatto da Invitalia.

Si evidenzia che, in entrambi i suddetti casi, i parametri disponibili non coprono l'intero "set" previsto dal DM 185/2003; pertanto, in fase propedeutica alla presente progettazione definitiva (periodo luglio 2022) sono state effettuate apposite campagne di analisi relative, nello specifico, alle acque in ingresso all'attuale TAF2. Tali campagne hanno riguardato, non solo i parametri indicati nel suddetto DM 185/2003, ma anche quelli riferiti alla tab. 3 dell'Allegato 5 della parte terza del Dlgs 152/06 e s.m.i. relativi, sia al caso di scarico in rete fognaria che al caso di scarico in acque superficiali.

In particolare, sono stati ottenuti i seguenti valori dei parametri relativi ai campioni d'acqua prelevati:

- valori istantanei;
- valori medi ponderati nelle 3 h (fascia oraria 6.00-14.00)
- valori medi ponderati nelle 3 h (fascia oraria 14.00-22.00)
- valori medi ponderati nelle 3 h (fascia oraria 22.00-06.00)
- valori medi ponderati nelle 24 h

Ai fini del dimensionamento delle diverse fasi di trattamento, si sono considerati **i valori massimi delle medie ponderate (triorarie o nelle 24 h)** risultanti dalle analisi eseguite.

Nella tabella seguente si riportano, limitatamente ai parametri di interesse (e cioè quelli che superano i limiti di legge o risultano prossimi agli stessi), i suddetti valori massimi risultanti dalle analisi; nella stessa tabella vengono riportati i valori limite desunti dal DM 185/2003 e dal Dlgs. 152/2006 e s.m.i. (tab. 3 dell'allegato 5 alla parte terza), relativi allo scarico in acque superficiali ed in rete fognaria. In tabella vengono evidenziati in rosso i parametri i cui valori superano quelli limite fissati dalla norma (DM 185/2003), in arancione quelli i cui valori risultano prossimi ai suddetti limiti.

| PARAMETRI | Valori limite emissione DM 185/2003 | Valori limite emissione DLgs 152/2006 Scarico in acque superficiali | Valori limite emissione DLgs 152/2006 Scarico in fognatura | u.m. | MASSIMI DELLE MEDIE PONDERATE |
|--|-------------------------------------|---|--|-----------|-------------------------------|
| ALLUMINIO | 1 | 1 | 2 | mg/l | 0,303 |
| ARSENICO | 0,02 | 0,5 | 0,5 | mg/l | 0,07 |
| BARIO | 10 | 20 | | mg/l | 0 |
| BORO | 0,7 (*) - 1 | 2 | 4 | mg/l | 0,95 |
| CADMIO | 0,005 | 0,02 | 0,02 | mg/l | 0 |
| CROMO TOT | 0,1 | 2 | 4 | mg/l | 0,011 |
| FERRO | 2 | 2 | 4 | mg/l | 6,6 |
| MANGANESE | 0,2 | 2 | 4 | mg/l | 1,26 |
| MERCURIO | 0,001 | 0,005 | 0,005 | mg/l | 0,000208 |
| NICHEL | 0,2 | 2 | 4 | mg/l | 0,0481 |
| PIOMBO | 0,1 | 0,2 | 0,3 | mg/l | 0,0082 |
| RAME | 1 | 0,1 | 0,4 | mg/l | 0,009 |
| SELENIO | 0,1 | 0,03 | 0,03 | mg/l | 0 |
| ZINCO | 0,5 | 0,5 | 1 | mg/l | 2,81 |
| IPA | 0,00001 | | | mg/l | 0,000274 |
| IDROCARBURI TOT | | 5 | 10 | mg/l | 0,84 |
| FLORURI | 1,5 | 6 | 12 | mg/l | 6,86 |
| CLORURI* | 250 | -- | -- | mg/l | 388 |
| BOD5 | 20 | 40 | 250 | mg/l | 3,27 |
| COD | 100 | 160 | 500 | mg/l | 10 |
| Salinità | 450 (**) | | | | 0 |
| TSS | 10 | 80 | 200 | mg/l | 6 |
| E.Coli | 100 | | | UFC/100ml | 0 |
| SAR | | | | | 0 |
| pH | 6 - 9,5 | 5,5 - 9,5 | 5,5 - 9,5 | | 0 |
| BARIO | 10 | 20 | | mg/l | 0 |
| CALCIO | | | | mg/l | 90 |
| SODIO | | | | mg/l | 394 |
| STAGNO | 3 | 10 | | mg/l | 0 |
| TALLIO | 0,001 | | | mg/l | 0,00042 |
| FOSFORO | 2 | 10 | 10 | mg/l | 0,74 |
| AZOTO TOTALE | 15 | | | mg/l | 13,6 |
| AZOTO AMM.LE | 2 | 15 | 30 | mg/l | 6,7 |
| AZOTO NITROSO | | 0,6 | 0,6 | mg/l | 1,34 |
| AZOTO NITRICO | | 20 | 30 | mg/l | 4,65 |
| SOLFATI | 500 | 1000 | 1000 | mg/l | 329 |
| TENSIOATTIVI ANIONICI | | | | mg/l | 0,12 |
| TENSIOATTIVI CATIONICI | | | | mg/l | 0,18 |
| TENSIOATTIVI NON IONICI | | | | mg/l | 0 |
| TENSIOATTIVI TOTALI | 0,5 | 2 | 4 | mg/l | 0,28 |
| TETRACLOROETILENE | 0,01 (*) | | | mg/l | 0,00543 |
| SOLVENTI ORGANICI CLORURATI totale | 0,01 | | | mg/l | 0,0083 |
| ALTRI PESTICIDI totale | 0,05 | 0,05 | 0,05 | mg/l | 0,000151 |
| PESTICIDI CLORURATI O FOSFORATI (ciascuno) | 0,001 | 0,1 | 0,1 | mg/l | 0,00032 |
| OLI e GRASSI ANIMALI VEGETALI | 10 | 20 | 40 | mg/l | 1,6 |
| OLI MINERALI C10-C40 | 0,05 | | | mg/l | 0,123 |

* I limiti relativi ai Cloruri non valgono per lo scarico in mare, come nel caso dell'impianto di depurazione di Cuma

Tabella 1 – Valori dei parametri delle acque in ingresso al TAF2

In linea generale, le caratteristiche relative ai parametri delle acque da trattare, così come risultanti dalle analisi eseguite, sono di seguito descritte:

- **Solidi Sospesi:** nonostante l'acqua captata sia praticamente "filtrata" dal sistema di drenaggio messo in opera, è possibile che qualche fuga di solidi sospesi raggiunga l'impianto di trattamento; in ogni caso i valori dei TSS riscontrati dalle analisi eseguite risultano estremamente ridotti e ben al di sotto non solo dei limiti dettati dal DM 185/2003, ma anche di quelli entro i quali viene garantito il funzionamento ottimale del processo osmotico.
- **BOD, COD, Coliformi:** anche in tal caso i valori dei parametri inquinanti riscontrati dalle analisi eseguite risultano estremamente ridotti e ben al di sotto, non solo dei limiti dettati dal DM 185/2003, ma anche di quelli entro i quali viene garantito il funzionamento ottimale del processo osmotico.
- **Metalli:** I metalli rappresentano il principale inquinamento dell'acqua in esame, a causa degli insediamenti industriali che in passato insistevano sull'area da bonificare. In primo piano c'è sicuramente il ferro, seguito da manganese, arsenico, alluminio e zinco.
- **Boro:** Questo parametro risulta al limite dei valori massimi previsti secondo norma e difficilmente deriva da attività antropica; molto più probabilmente la sua presenza è da mettere in relazione con la natura vulcanica della zona.
- **Fluoruri:** La presenza di tale parametro che, viceversa, supera i limiti di norma è anche essa da mettere in relazione con la natura vulcanica della zona.
- **Cloruri:** Questi parametri, che superano ampiamente i limiti di legge, sono senza dubbio dovuti ad un'intrusione di acqua salmastra nella falda
- **Solfati:** Questi parametri, che però non superano i limiti di legge, sono anche in tal caso dovuti ad un'intrusione di acqua salmastra nella falda
- **IPA:** La presenza di questo inquinante con valori superiori ai limiti di norma (DM 185/2003) è dovuta, presumibilmente, alle attività industriali che si svolgevano nella zona.
- **Composti azotati, Olii minerali, Tensioattivi totali:** in particolare i composti azotati, riscontrati con valori superiori ai limiti di norma (DM 185/2003), sono indice di un, seppur lieve, inquinamento di natura organica della falda.

4. DESCRIZIONE DEL CICLO DI TRATTAMENTO

4.1. CRITERI DI INDIVIDUAZIONE DEL CICLO DI TRATTAMENTO DI PROGETTO

Prendendo a riferimento i dati di tab. 1, l'individuazione del ciclo di trattamento da adottare in progetto è stata definita prevedendo di:

- a) *per le acque inviate all'impianto di pre-trattamento di Coroglio e di qui alla depurazione (impianto di Cuma con ciclo di trattamento biologico) → eliminare dalle acque le sostanze inquinanti i cui valori risultano superiori ai limiti dettati dal D.Lgs. 152/06 per lo scarico in pubblica fognatura (tab. 3 – Allegato 5 – parte Terza).*

Come meglio descritto nel seguito, le acque inviate al limitrofo l'impianto di pre-trattamento di Coroglio possono provenire o dalla linea di by-pass che ha origine a valle della sezione di trattamento chimico-fisica, ovvero dalla linea di scarto dell'osmosi inversa. Per l'eliminazione dei metalli e dei metalloidi (Ferro, Manganese, Arsenico, Alluminio, Zinco, Boro) entro i valori limite dettati dal D.Lgs. 152/06, il sistema di trattamento previsto in progetto è stato previsto, come prima accennato, di tipo chimico-fisico (aerazione e chiariflocculazione). Nell'ambito dei processi chimico-fisici, viene altresì garantito l'abbattimento di ulteriori parametri inquinanti (ed in particolar modo dei Fluoruri e degli IPA); in assenza di trattamento questi ultimi resterebbero, infatti, in concentrazioni molto elevate nelle acque di scarto di osmosi dirette alla depurazione e non troverebbero, nell'ambito del processo depurativo dell'impianto di Cuma, una specifica modalità di rimozione che ne assicuri il rispetto dei limiti allo scarico. Relativamente ai Cloruri (anche essi presenti in concentrazioni molto elevate nelle acque di scarto dell'osmosi) si osserva che, siccome nel caso dell'impianto di Cuma lo scarico delle acque trattate è previsto a mare, non è necessario prevederne l'eliminazione nell'ambito della sezione chimico-fisica prevista a monte dell'osmosi.

Viceversa, non sono stati previsti trattamenti specifici per quegli altri parametri relativi alle acque inviate a Coroglio (in particolare per quelle provenienti dallo scarto di osmosi in cui tali parametri si trovano in concentrazioni più elevate) per i quali, viceversa, sono previste specifiche sezioni di trattamento nell'ambito del ciclo depurativo dell'impianto di Cuma (composti azotati, tensioattivi, solfati).

- b) *per le acque inviate alla irrigazione del futuro Parco di Bagnoli e/o destinate a funzioni di "lavaggio" (apparecchiature impianto di pre-trattamento di Coroglio) → eliminare dalle acque i parametri inquinanti allo scopo di garantire il rispetto dei limiti dettati dal DM 185/2003.*

Il rispetto dei requisiti indicati nel DM 185/2003 per le acque destinate all'irrigazione del futuro Parco di Bagnoli, è garantito dall'aver previsto, a valle della aerazione-chiariflocculazione, l'installazione di un

apposito trattamento ad osmosi inversa, in grado di eliminare dalle acque in uscita i sali minerali disciolti (in special modo i cloruri), oltre che i composti azotati, tensioattivi, solfati, olii minerali, anche essi presenti nelle acque in ingresso con valori superiori a quelli dettati dalla norma; mediante l'osmosi inversa vengono altresì abbattute anche le concentrazioni residue di metalli pesanti, fluoruri ed IPA (già ridotti nei processi chimico-fisici). Come già accennato, per le acque di scarto dell'osmosi inversa (aventi concentrazioni più elevate di quelle in ingresso all'osmosi), è previsto il convogliamento alla depurazione (impianto di Cuma).

4.2. LINEA ACQUE

Prendendo a riferimento i valori dei parametri di qualità delle acque da trattare e seguendo i criteri prima illustrati, il ciclo di trattamento ottimale individuato per la Linea Acque risulta così composto:

1. Sollevamento iniziale acque da trattare (portata 140 m³/h);
 - Convogliamento al TAF3 delle acque provenienti dalla barriera idraulica e dai sollevamenti degli arenili di Bagnoli e Coroglio.
2. Ossidazione del ferro con aria con formazione di idrossido di ferro in forma fioccosa;
3. Coagulazione – Flocculazione in ambiente basico:
 - Correzione pH con soda caustica;
 - Precipitazione di idrossido di zinco;
 - Precipitazione degli ossidi di manganese (mediante dosaggio di permanganato di sodio);
 - Adsorbimento dell'arsenico sui fiocchi di idrossido di ferro (sia quelli formati nella fase di aerazione sia quelli aggiuntivi formati mediante il dosaggio di cloruro ferrico);
4. Sedimentazione per la rimozione di tutti i solidi precipitati in aerazione e in ambiente basico;
5. Coagulazione – Flocculazione in ambiente neutro (PH 7):
 - Correzione pH 7 con acido cloridrico;
 - Dosaggio di carboni attivi in polvere;
 - Precipitazione dei fiocchi di idrossido di alluminio;
 - Adsorbimento del boro sui fiocchi di idrossido di alluminio e sui carboni attivi in polvere;
 - Adsorbimento degli IPA sui carboni attivi in polvere;
 - Adsorbimento dei fluoruri sui fiocchi di idrossido di alluminio.
6. Sedimentazione per la rimozione di tutti i solidi precipitati in ambiente neutro;
7. Sollevamento intermedio delle acque trattate mediante chiari-flocculazione all'Osmosi inversa (per la portata totale di 140 m³/h); in caso di inattività della sezione di osmosi inversa, tale impianto di sollevamento

consentirà di convogliare le acque chiari-flocculate all'impianto di pre-trattamento di Coroglio e, di qui, alla depurazione;

8. Osmosi inversa (per la portata minima di 85 m³/h) previa filtrazione autopulente e filtrazione a cartuccia:
 - Rimozione dei cloruri;
 - Rimozione dei fluoruri, degli IPA e dei metalli pesanti residui;
 - Rimozione dei composti azotati, tensioattivi, solfati, olii minerali.
9. Sollevamento delle acque di scarto prodotte dalla sezione di Osmosi inversa (concentrato di osmosi - portata massima pari a 55 m³/h):
 - Convogliamento all'impianto di pretrattamento di Coroglio e, di qui, alla depurazione (impianto di Cuma).
10. Sollevamento delle acque trattate in uscita dall'Osmosi inversa (per la portata minima di 85 m³/h):
 - Convogliamento alla vasca di accumulo a servizio dell'impianto di irrigazione del futuro parco dell'area di Bagnoli; in via secondaria tali acque potranno essere utilizzate per la diluizione dei reattivi in soluzione ovvero per il lavaggio delle apparecchiature elettromeccaniche del limitorifo impianto di pre-trattamento di Coroglio, ovvero ancora per il "controlavaggio" della condotta premente di adduzione al TAF3.

L'impianto sarà articolato su n. 2 linee parallele (+ 1R), ciascuna di potenzialità pari a 70 m³/h, corrispondenti ad una potenzialità massima complessiva di 140 m³/h; sole le fasi di sollevamento finali (scarto di osmosi e acque trattate) sono state previste su linea unica e quindi risultano dimensionate per l'intera portata, pari rispettivamente a 55 m³/h (sollevamento scarto di osmosi) ed a 85 m³/h (sollevamento delle acque trattate con osmosi), per un totale di 140 m³/h.

4.3. LINEA FANGHI

La linea fanghi è stata prevista su linea unica e quindi risulta dimensionata per l'intera portata di fango prodotta dalla Linea acque.

Essa consiste nelle seguenti fasi:

1. Ispessimento
 - Concentrazione fanghi in uscita (40 kgSST/m³);
 - Convogliamento delle acque surnatanti al sollevamento delle acque di scarto del processo di osmosi.
2. Disidratazione
 - Pressatura mediante filtropressa e caricamento del cassone di raccolta mediante nastro-trasportatore;
 - Convogliamento delle acque surnatanti al sollevamento delle acque di scarto del processo di osmosi.

5. INTERVENTI DI PROGETTO

In relazione alla loro ubicazione, gli interventi previsti nell'ambito del presente progetto definitivo finalizzati a garantire il trattamento delle acque di falda nel rispetto dei requisiti del DM 185/2003 sono stati suddivisi nelle seguenti "sezioni":

- a) Impianto di sollevamento iniziale delle acque da trattare; tale impianto costituisce il recapito delle acque provenienti dalla barriera idraulica di pozzi esistente (oggetto di revamping) e dagli arenili di Bagnoli e Coroglio. Il manufatto verrà localizzato nell'area del futuro Parco di Bagnoli a margine di via Coroglio, all'incirca all'altezza del canale Bianchettaro; mediante l'impianto in questione le acque di falda saranno indirizzate al TAF3 per consentirne il trattamento.
- b) Vasca di accumulo delle acque irrigue; tale vasca costituisce il recapito delle acque trattate provenienti dal TAF3 ed ha la funzione di garantire il necessario volume di stoccaggio per l'utenza irrigua del futuro Parco di Bagnoli. Il manufatto verrà anche esso localizzato nell'area del futuro Parco di Bagnoli, a margine di via Coroglio, in prossimità degli attuali binari di attraversamento della sede stradale.
- c) N. 2 Condotte prementi; la condotta premente delle *acque da trattare*, a servizio dell'impianto di cui al punto a), ha la funzione di convogliare tali acque verso l'impianto di trattamento TAF3, mentre la condotta premente delle *acque trattate*, in uscita dal TAF3, ha la funzione di convogliare dette acque verso la vasca di accumulo a servizio della rete irrigua del futuro Parco di Bagnoli; si è previsto di prolungare quest'ultima condotta dalla suddetta vasca di accumulo fino alla vasca di sollevamento iniziale per utilizzare le acque trattate come "controlavaggio" della tubazione premente di alimentazione del TAF3. Le n. 2 condotte prementi corrono in parallelo, in parte, lungo via Coroglio ed in parte nell'area del futuro Parco di Bagnoli; esse, inoltre, attraversano via Cattolica per collegarsi, in entrata o in uscita, al TAF 3.
- d) Impianto di trattamento TAF3; l'impianto sarà ubicato nell'ambito della futura configurazione dell'HUB idrico di Coroglio, di cui costituirà parte integrante. Esso sarà alloggiato in apposito edificio coperto (eccezion fatta per la sezione reattivi) ed avrà accesso da via Cattolica. Come detto, l'impianto sarà collegato in entrata/uscita con le suddette n. 2 condotte prementi che convogliano le acque da trattare e/o quelle trattate; inoltre, come meglio descritto in seguito, in uscita dall'impianto è prevista la realizzazione di ulteriori n. 2 condotte prementi indirizzate al limitrofo impianto di pre-trattamento di Coroglio (condotta di by-pass totale o parziale dell'impianto e condotta acque di scarto dell'osmosi inversa) e di n. 1 condotta premente (acque trattate dall'osmosi) indirizzata alla rete di lavaggio delle apparecchiature dello stesso impianto di Coroglio.

6. SOLLEVAMENTO INIZIALE

6.1. IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

L'impianto di sollevamento in esame è costituito da n. 2 elettropompe sommerse (+1R) ciascuna in grado di sollevare la portata di 70 m³/h, per un totale di 140 m³/h con una prevalenza di 15 m, pari a quella necessaria per convogliare tale portata al TAF3. Considerato che l'impianto in esame dovrà garantire anche il "controlavaggio" della relativa condotta premente (mediante il pompaggio di un maggior valore di portata in condotta), si è optato di incrementare la potenzialità delle unità di sollevamento rispetto a quella minima necessaria prima, prevedendo per tali macchine una prevalenza massima di 35 m; si è previsto, altresì, di dotare il quadro di alimentazione delle pompe in esame di apposito convertitore statico di frequenza (inverter) in grado di far lavorare le unità di sollevamento alla potenza minima necessaria per la condizione di funzionamento prescelta, con la conseguente massima riduzione degli assorbimenti energetici.

La vasca di accumulo a servizio dell'impianto di sollevamento finale è stata prevista di dimensioni in pianta pari a 4.0 x 8.0 m² ed altezza utile pari a 1.00 m (differenza tra il livello idrico max e min in vasca); il manufatto interrato in c.a. avrà, viceversa, un'altezza interna netta di 2.30 m. La profondità di scavo totale (3.20 m rispetto al p.c.) è stata determinata in relazione all'esigenza di evitare interferenze con la falda acquifera che, nell'area in esame, è stata riscontrata a quota pari a +0.30 m.s.m.; a tal proposito si evidenzia che la quota di estradosso fissata per la platea di fondazione (+1.00 m.s.m.) e la quota di imposta di tale platea (+0.50 m.s.m.) consentono di scongiurare le suddette interferenze sia in fase di esecuzione che in fase di esercizio dell'opera.

In adiacenza alla vasca di sollevamento è stata prevista la realizzazione di un ulteriore manufatto interrato in c.a., di dimensioni in pianta pari a 4.0 x 2.0 m avente funzione di camera di manovra dell'impianto, da cui ha origine la condotta premente indirizzata al TAF3.

Nella vasca di sollevamento trova recapito, sia la condotta premente proveniente dal sistema di convogliamento delle acque di infiltrazione interecettate dalla barriera idraulica e dai diaframmi degli arenili (Bagnoli-Coroglio), sia quella delle acque trattate proveniente dallo stesso TAF3. Quest'ultima, come detto, fornirà all'impianto di sollevamento in esame le acque necessarie per il "controlavaggio" della relativa tubazione premente; a tal proposito lungo la diramazione di tale condotta in ingresso alla vasca si è prevista l'installazione di apposita valvola motorizzata DN200 e, successivamente, di valvola a galleggiante di pari diametro, necessaria al fine di azionare il riempimento della vasca con le acque trattate e di poterlo interrompere qualora la vasca sia piena. Si evidenzia che, anche in corrispondenza della condotta proveniente dal sistema barriera idraulica/arenili, si prevede l'installazione di valvola a galleggiante di apposito diametro.

Nella stessa vasca si è prevista, inoltre, in posizione opposta rispetto alle elettropompe sommerse, l'installazione di apposito mixer sommerso (elica 580 mm), poggiato sul fondo vasca; tale dispositivo, di adeguata potenzialità (1.5 kw), è in grado di assicurare la continua movimentazione e miscelazione delle acque in vasca, al fine di evitare l'insorgere di fenomeni di sedimentazione delle acque in vasca.

6.2. CONDOTTA PREMENTE

La condotta premente dell'impianto è costituita da una tubazione in Pead DN225 PN10 PE100 di lunghezza pari a circa 1520 m che recapita nella sezione di ossidazione del TAF3; in ingresso all'impianto, si è prevista l'installazione di apposito misuratore di portata ad ultrasuoni, così come lungo le n. 3 diramazioni DN140 in ingresso alle n. 3 linee (due in esercizio e la terza di riserva).

Come già detto tale condotta, che corre in parallelo a quella delle acque trattate in uscita dal TAF3, verrà posata in opera, in parte, lungo via Coroglio ed in parte nell'area del futuro Parco di Bagnoli; le n. 2 tubazioni prementi, inoltre, attraversano via Cattolica per collegarsi, in entrata e/o in uscita, al TAF 3.

7. EDIFICIO TAF 3 E COMPARTO REATTIVI

L'edificio che contiene l'impianto di trattamento denominato TAF3 ricade, come già anticipato, nell'ambito della nuova configurazione dell'HUB idrico di Coroglio. Esso presenta una sagoma geometrica ad "L", come rappresentato nella seguente fig. 1.

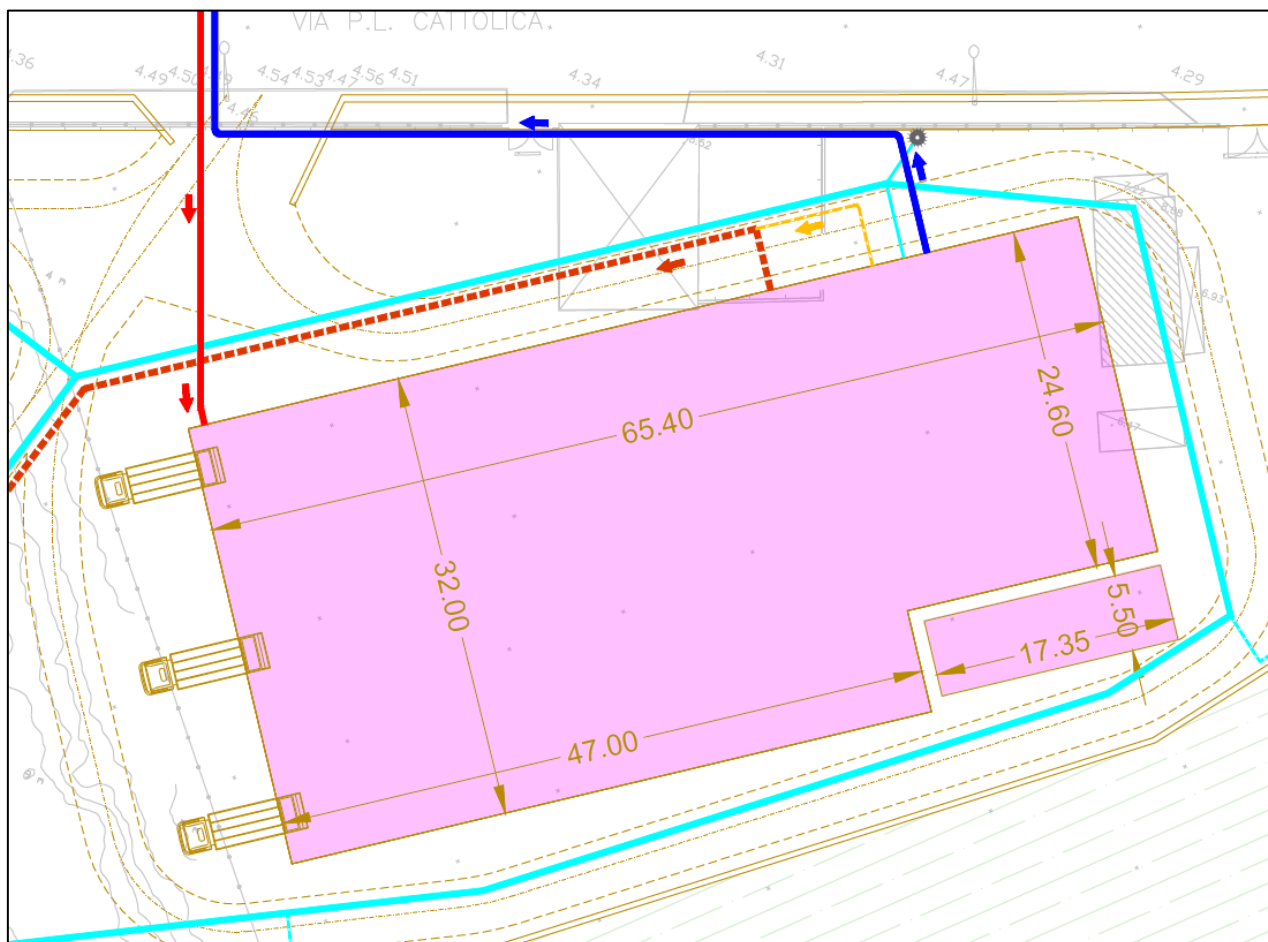


Figura 1 – Pianta edificio TAF 3

L'edificio ha un'altezza interna netta pari a 6.00 m ed una superficie complessiva di circa 1960 m².

Sono previsti n. 3 accessi per mezzi di servizio provenienti dalla viabilità esterna posizionati sul lato Ovest dell'edificio, oltre ad un accesso ad esclusivo uso pedonale posto sul lato Sud.

All'interno dell'edificio verranno realizzate le n. 3 linee in parallelo (n. 2 in esercizio + 1R) costituite da manufatti interrati a pianta rettangolare (dim. complessive lorde 35.8 x 3.60 m²), nell'ambito dei quali sono stati ricavati i singoli comparti di trattamento (ossidazione, coagulazione-flocculazione in ambiente basico, sedimentazione in ambiente basico, coagulazione-flocculazione in ambiente neutro, sedimentazione in ambiente neutro, sollevamento intermedio). Gli impianti di osmosi inversa sono, viceversa, costituiti da skid con struttura

in carpenteria metallica "fuori terra". Sono stati previsti in manufatti interrati anche gli impianti di sollevamento finale delle acque trattate e quello delle acque di scarto dell'osmosi.

Anche relativamente alla linea fanghi, si è previsto di realizzare l'ispessimento in un manufatto interrato, mentre la filtropressa a piastre prevista per la disidratazione sarà costituita da una struttura in carpenteria metallica fuori terra.

I manufatti interni al TAF 3 sono stati disposti in modo da lasciare libero transito ai mezzi di manutenzione lungo due "corridoi" longitudinali (direz. Ovest-Est) di idonea ampiezza ubicati in posizione centrale ed in prossimità dell'estremità Nord del capannone; allo stesso tempo si è previsto che il terzo accesso carrabile (lato Ovest) sia ubicato in prossimità del cassone di raccolta dei fanghi disidratati, in modo da agevolare l'ingresso/uscita dei mezzi di carico e trasporto dei fanghi a discarica. L'unico accesso pedonale è stato disposto sul lato Sud dell'edificio.

Tutti i manufatti interrati in c.a. da realizzare nell'ambito del TAF3 sono stati previsti a quota di imposta tale da non interferire con la falda freatica presente nell'area; a tal proposito si evidenzia che le strutture interrate in c.a. presentano una quota di fondo vasca pari a +1.30 m.s.m. ed una quota massima di imposta delle fondazioni pari a +1.00 m.s.m. (superiore alla quota massima di falda riscontrata nell'area pari a +0.70 m.s.m.). Considerando inoltre che la quota di pavimentazione interna all'edificio è stata fissata pari a +5.50 m.s.m. e che la quota media attuale del piano campagna dell'area di sedime occupata dall'edificio del TAF 3 è mediamente pari a +4.80 m.s.m., si ha che la profondità di scavo risulterà, mediamente, pari a circa 3.00-3.50 m, mentre sarà necessario operare un riporto di materiale per l'area esterna ed interna al nuovo edificio.

Il comparto che contiene i serbatoi di stoccaggio dei reattivi (Permanganato di sodio, Polielettrolita anionico, Soda caustica, Cloruro ferrico ed Acido Cloridrico) è stato previsto, viceversa, in posizione esterna all'edificio, in prossimità dello spigolo Sud-Est dello stesso, in modo da favorire il riempimento dei suddetti serbatoi senza dover accedere al capannone coperto del TAF 3. Esso è costituito da una "vasca" sottoposta rispetto al p.c. avente funzione di "contenimento" dei liquidi che possano accidentalmente fuoriuscire dai manufatti di stoccaggio; tale vasca si è prevista di dimensioni in pianta pari a 5.50 x 17.35 m² ed altezza di 1.00 m (q.ta fondo +4.50 m.s.m.).

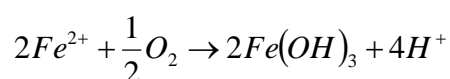
L'unico reattivo che non verrà alloggiato in tale comparto è rappresentato dai carboni attivi in polvere; essi verranno dosati in soluzione nelle vasche di miscelazione lenta in ambiente neutro mediante apposito impianto di preparazione e dosaggio montato su skid in carpenteria metallica che si prevede di installare a bordo vasca.

Nel seguito sono dettagliatamente illustrate le diverse fasi di trattamento del TAF 3 e riportati i risultati del dimensionamento di ciascuna di esse.

8. OSSIDAZIONE DEL FERRO

La filiera di trattamento comincia con la precipitazione del ferro, che rappresenta senza dubbio la fonte principale di inquinamento dell'acquifero in esame. Il ferro nelle acque sotterranee si trova tipicamente in forma disciolta bivalente (Fe^{2+}). La più comune ed efficace tecnica di rimozione consiste nell'ossidazione del ferro per portarlo dalla forma solubile bivalente a quella insolubile trivalente (Fe^{3+}), in modo da provocare la precipitazione dell'idrossido ferrico e quindi separarlo con metodi fisici (filtrazione o sedimentazione). Poiché la precipitazione dell'idrossido ferrico è completa da pH 5 in su, non è necessario effettuare alcuna correzione sull'acqua da trattare. Nel caso in esame si è scelto di usare l'aria come agente ossidante. I fiocchi di idrossido ferrico precipitati contribuiranno, altresì, a catturare i metalli pesanti, in particolare l'arsenico, sulla propria superficie, favorendone la rimozione nella successiva sezione di sedimentazione.

Il fabbisogno stechiometrico valutabile secondo la seguente reazione di precipitazione:



è pari a 0,14 g_{O₂}/g_{Fe}

Considerando che il valore della concentrazione del ferro da rimuovere è pari a 6.6 mg/l, il fabbisogno di ossigeno diventa pari a: 6.60 x 0.14 = 0.92 mg/l.

A questo quantitativo occorre sommare quello per portare l'acqua a saturazione, pari al massimo a 12 mg/l, per un totale di 12.92 mg/l di ossigeno da fornire.

Assumendo un rendimento di dissoluzione dell'ossigeno nella miscela aerata del 22% (diffusione di aria a bolle fini) e considerando che 1 m³ di aria contiene 0.28 kg di O₂, si ha che la portata di aria è pari a:

$$Q_{aria} = C_{O_2} \times Q_{prog} / 0.22 / 0.28 / 1000 = 12.92 \times 140 / 0.22 / 0.28 / 1000 = 29.40 \text{ Nm}^3 \text{ aria} / \text{h.}$$

Ne deriva un fabbisogno d'aria complessivo pari a circa:

$$Q_{aria} = 30 \text{ Nm}^3/\text{h.}$$

Per tener conto dei picchi di concentrazione e di eventuali altre reazioni parassite che consumano ossigeno, si prevede di fornire **400 Nm³/h d'aria**, equamente suddivisi sulle due linee.

La reazione avverrà in n. 2 vasche di aerazione da 54 m³ cadauna (+1R), in modo da consentire un tempo di permanenza dell'acqua pari a:

$$t_{det} = 2 \times 54 / 140 \cong 45 \text{ minuti.}$$

Le dimensioni unitarie delle vasche saranno 3.00 m x 6.00 m con un'altezza utile di 3.20 m.

Ognuno dei n. 2 bacini (+1R) sarà equipaggiato con n. 30 diffusori tubolari a membrana a bolle fini di lunghezza unitaria pari a 1000 mm, alimentati da un compressore a lobi da 200 Nm³/h.

9. COAGULAZIONE-FLOCCULAZIONE IN AMBIENTE BASICO

Le fasi di coagulazione-flocculazione in ambiente basico garantiscono la rimozione di alcuni dei metalli pesanti presenti nelle acque in ingresso (in particolare Zinco, Manganese ed Arsenico oltre che Nichel, Cadmio, Rame, Piombo) che precipitano, o direttamente sottoforma di fiocchi di idrossidi, o sottoforma di composti ottenuti a seguito di reazioni chimiche con adeguate sostanze opportunamente dosate, ovvero ancora mediante adsorbimento su fiocchi di altri idrossidi metallici; la sedimentazione dei metalli avviene nella successiva sezione di decantazione, prevista a valle delle vasche di flocculazione.

9.1. DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI MISCELAZIONE RAPIDA E MISCELAZIONE LENTA

9.1.1. Miscelazione rapida

Relativamente alla *miscelazione rapida*, si evidenzia che essa si svolgerà, lungo ciascuna linea di trattamento, in una vasca di volume utile pari a circa 27 m³, per un volume complessivo di 54 m³; in tal modo sarà garantito un tempo di contatto pari a: $t_{det} = 2 \times 27 / 140 \cong 23$ minuti (superiore al valore minimo fissato pari a 4-5 minuti). Ciascuna vasca sarà equipaggiata con un agitatore veloce di potenza pari a 1.50 kw ed avrà dimensioni in pianta pari a 3.0 x 3.0 m² ed altezza utile pari a 3.15 m.

9.1.2. Miscelazione lenta

Relativamente alla *miscelazione lenta*, si evidenzia che anche essa si svolgerà, lungo ciascuna linea di trattamento, in una vasca di volume utile pari a circa 27 m³, per un volume complessivo di 54 m³; in tal modo sarà garantito un tempo di contatto pari a: $t_{det} = 2 \times 27 / 140 \cong 23$ minuti (superiore al valore minimo fissato pari a 20 minuti). Ciascuna vasca sarà equipaggiata con un agitatore lento di potenza pari a 0.75 kw ed avrà dimensioni in pianta pari a 3.0 x 3.0 m² ed altezza pari a 3.10 m.

9.2. CORREZIONE PH

Per correggere il pH delle acque in ingresso fino a valori di 9-10 si è prevista l'installazione di un sistema di stoccaggio e dosaggio di soda caustica in soluzione commerciale al 30% nella vasca di miscelazione rapida; fissato pari a $C_{NaOH} = 40$ mg/l il valore della concentrazione di soda caustica (prodotto puro) necessario per produrre il desiderato innalzamento del pH dal valore in ingresso pari a 7 al valore massimo di 10, il dosaggio di soluzione da garantire risulta pari a:

$$Q_{Sol-NaOH} = C_{NaOH} / 0.30 \times Q_{prog} / 1000 \cong 20 \text{ l/h}$$

In progetto si prevede l'installazione di n. 2 pompe dosatrici (+1R) di portata massima pari a 80 l/h (una per

ciascuna linea di trattamento), per una potenzialità totale di **160 l/h** (oltre quella di riserva) e quindi ampiamente sufficiente a garantire il dosaggio richiesto ($Q_{\text{Sol-NaOH}} \cong 20 \text{ l/h}$); avendo previsto l'installazione di un serbatoio di stoccaggio della Soda Caustica in soluzione della capacità di $W_{\text{NaOH}} = 15.00 \text{ mc}$, si avrà un'autonomia di circa **30 giorni**, fermo restando che il consumo effettivo di reagente sarà regolato dalla misura del pH in vasca.

9.3. DOSAGGIO DI POLIELETTROLITA

Per favorire la flocculazione, nelle vasche di miscelazione lenta verrà dosata una soluzione al 2-3 per mille di Polielettrolita anionico, preparata in loco mediante l'aggiunta di acqua a partire dal prodotto concentrato in soluzione al 45% (come detto si prevede a tal fine di utilizzare un'aliquota dell'acqua trattata con osmosi); il dosaggio di Polielettrolita in soluzione verrà calibrato in fase di esercizio a seguito di specifici test (di campo o di laboratorio), in relazione alla effettiva qualità delle acque in ingresso.

Fissato pari a **1.0 mg/l** il valore della concentrazione di polielettrolita anionico (prodotto puro), il dosaggio di soluzione al 2 per mille da garantire risulta pari a:

$$Q_{\text{Sol-Poli } 0.2\%} = C_{\text{Poli}} / 0.002 \times Q_{\text{prog}} / 1000 \cong 70 \text{ l/h}$$

Considerando anche l'ulteriore quantità di Polielettrolita in soluzione da dosare nelle vasche di miscelazione lenta in ambiente neutro (vedi par. 8.3), che risulta di pari entità ($Q_{\text{Sol-Poli } 2\text{‰}} \cong 70 \text{ l/h}$), in progetto si prevede l'installazione di n. 2 pompe dosatrici per le n. 2 linee di trattamento (+1R), di potenzialità pari a 80 l/h cadauna, per una potenzialità totale di **160 l/h** (oltre quella di riserva) e quindi ampiamente sufficiente a garantire il dosaggio richiesto ($Q_{\text{Tot-Sol-Poli}} \cong 140 \text{ l/h}$).

Relativamente al dosaggio della soluzione "madre" al 45%, si ha:

$$Q_{\text{Sol-Poli } 45\%} = C_{\text{Poli}} / 0.45 \times Q_{\text{prog}} / 1000 \cong 0.30 \text{ l/h}$$

Considerando anche l'ulteriore quantità di Polielettrolita in soluzione da dosare nelle vasche di miscelazione lenta in ambiente neutro (vedi par. 8.3), che risulta di pari entità ($Q_{\text{Sol-Poli } 45\%} \cong 0.30 \text{ l/h}$), in progetto si prevede l'installazione di n. 2 stazioni di preparazione (+1R) dotate di pompe di aspirazione dal serbatoio di stoccaggio della soluzione "madre" di potenzialità pari ad almeno 0.30 l/h cadauna in grado di alimentare le suddette stazioni con una portata di $0.60 \times 24 \cong 15 \text{ l/giorno}$; avendo previsto l'installazione di un serbatoio di stoccaggio della soluzione al 45% della capacità di $W_{\text{Poli}} = 1.00 \text{ mc}$, si avrà un'autonomia di circa **70 giorni**, fermo restando che il dosaggio effettivo sarà ovviamente regolato e calibrato in esercizio mediante apposite analisi sulle acque in ingresso/uscita dalla fase di trattamento in esame.

9.4. RIMOZIONE DELLO ZINCO MEDIANTE PRECIPITAZIONE SOTTOFORMA DI IDROSSIDO

Come detto, in condizioni di elevata basicità della soluzione acquosa, alcuni metalli pesanti precipitano sottoforma di idrossidi, come nel caso dello Zinco (parametro inquinante presente nelle acque in ingresso in concentrazioni superiori a quelle dettate dal DM 185/2003); esso raggiunge il suo valore minimo di solubilità a valori di pH circa pari a 9.0-9.5, come si evince dal grafico seguente (Zhang et al., 2018).

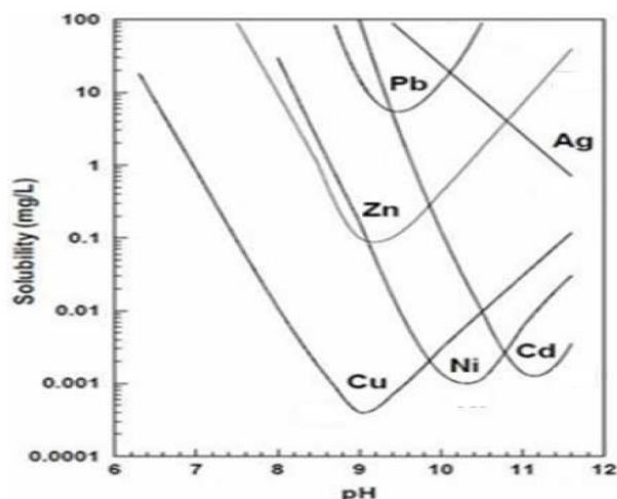


Figura 2 – Solubilità dell'idrossido di Zinco a differenti valori del pH

Regolando opportunamente il pH in vasca, verrà quindi favorita la formazione dei fiocchi di idrossido di Zinco e la loro successiva separazione nelle vasche di sedimentazione.

9.5. OSSIDAZIONE DEL MANGANESE MEDIANTE DOSAGGIO DI PERMANGANATO DI SODIO

Analogamente al ferro, il manganese nelle acque sotterranee è presente in forma bivalente solubile. La tecnica di rimozione consiste nell'ossidarlo dalla forma bivalente a quella tetraivalente e poi nel rimuovere il biossido di manganese precipitato con mezzi fisici. Poiché l'ossidazione del manganese con aria è piuttosto difficile, si preferisce ricorrere ad un ossidante chimico quale il permanganato di sodio.

Il fabbisogno stechiometrico valutabile secondo la seguente reazione di precipitazione:



è pari a $1,9 \text{ g}_{NaMnO_4}/\text{g}_{Mn}$.

Considerando che il valore della concentrazione del manganese da rimuovere è pari a 1.26 mg/l, il dosaggio stechiometrico di permanganato risulta pari a:

$$C_{\text{NaMnO}_4} = 1.26 \times 1.90 = 2.39 \text{ mg/l.}$$

Il prodotto sarà dosato in forma di soluzione acquosa al 6%, per un totale di:

$$C_{\text{Sol.-NaMnO}_4 \text{ 6\%}} = C_{\text{NaMnO}_4} / 0.06 = 39.90 \text{ mg/l.}$$

In termini di portata, si ha:

$$Q_{\text{Sol.-NaMnO}_4 \text{ 6\%}} = C_{\text{Sol.-NaMnO}_4 \text{ 6\%}} \times Q_{\text{prog}} / 1000 = 5.60 \text{ l/h.}$$

Il consumo di reagenti giornaliero risulterà pari a $5.60 \times 24 = 134.4 \text{ l/g.}$

Tale dosaggio sarà garantito equamente per le due linee ($\cong 2.80 \text{ l/h}$ per ciascuna linea), oltre che per la linea di riserva, mediante n. 2 pompe dosatrici (+1R) da 5 l/h ciascuna per un totale di 10 l/h , che risulta superiore al minimo richiesto.

La soluzione sarà preparata in loco mediante aggiunta di acqua in una stazione di preparazione automatica provvista di agitatore a partire dal prodotto in soluzione con concentrazione pari al 20%; il dosaggio della soluzione "madre" sarà pari a:

$$Q_{\text{Sol.-NaMnO}_4 \text{ 20\%}} = C_{\text{NaMnO}_4} / 0.20 \times Q_{\text{prog}} / 1000 \cong 1.70 \text{ l/h}$$

In progetto si prevede l'installazione di n. 2 stazioni di preparazione (+1R) dotate di pompe di aspirazione dal serbatoio di stoccaggio della soluzione "madre" di potenzialità pari ad almeno 0.85 l/h cadauna in grado di alimentare le suddette stazioni con una portata di $1.70 \times 24 \cong 40 \text{ l/giorno}$; avendo previsto l'installazione di un serbatoio di stoccaggio della soluzione al 20% della capacità di $W_{\text{NaMnO}_4} = 1.00 \text{ mc}$, si avrà un'autonomia di circa **25 giorni**, fermo restando che il dosaggio effettivo sarà ovviamente regolato e calibrato in esercizio mediante apposito analisi sulle acque in ingresso/uscita dalla fase di trattamento in esame.

Anche in tal caso, si evidenzia che, comunque, il dosaggio sarà ovviamente regolato e calibrato in esercizio mediante apposito analisi sulle acque in ingresso/uscita dalla fase di trattamento in esame.

9.6. RIMOZIONE DELL'ARSENICO MEDIANTE ADSORBIMENTO SULL'IDROSSIDO FERRICO

Contemporaneamente alla rimozione del manganese si prevede anche quella dell'arsenico, mediante adsorbimento su idrossido ferrico. Tale processo avviene già nella precedente sezione di aerazione dove già si ha abbondante formazione di idrossido ferrico, ma in questa sede di progettazione, a vantaggio di sicurezza, si prevede un dosaggio esterno di cloruro ferrico (Fe Cl_3) per completare la rimozione dell'Arsenico.

Per rimuovere 0.07 mg/l di Arsenico (pari al valore della concentrazione in ingresso), il dosaggio di Cloruro Ferrico necessario si assume pari cautelativamente a **100 volte** il suddetto valore di concentrazione di Arsenico;

esso risulta quindi pari a:

$$C_{\text{FeCl}_3} = 100 \times C_{\text{As}} = 7.00-10.00 \text{ mg/l.}$$

Essendo il cloruro ferrico presente in soluzione acquosa al 45%, il dosaggio da garantire sarà almeno pari a:

$$C_{\text{Sol.-FeCl}_3} = C_{\text{FeCl}_3} / 0.45 = 20-25 \text{ mg/l.}$$

In termini di portata, si ha:

$$Q_{\text{Sol.-FeCl}_3} = C_{\text{Sol.-FeCl}_3} \times Q_{\text{prog}} / 1000 \cong 3.50 \text{ l/h.}$$

Tale dosaggio sarà effettuato mediante due pompe dosatrici (+1R) da 5 l/h ciascuna (una per ogni linea di trattamento).

Il consumo di reagenti giornaliero risulta pari a $3.50 \times 24 = 85.0 \text{ l/g}$ equivalenti a circa **0.10 m³/g**; in progetto si prevede l'installazione di un serbatoio avente una capacità di stoccaggio pari a $W_{\text{Sol.-FeCl}_3} = 3.00 \text{ m}^3$ cui corrisponde un'autonomia di circa **30 giorni**. Si evidenzia che, anche in tal caso, il dosaggio sarà ovviamente regolato e calibrato in esercizio mediante appositi analisi sulle acque in ingresso/uscita dalla fase di trattamento in esame.

10. SEDIMENTAZIONE DEI METALLI PESANTI PRECIPITATI IN AMBIENTE BASICO

Lo scopo di questo trattamento è la separazione per decantazione dei composti insolubili formati nelle sezioni precedenti, con particolare riferimento a idrossido di ferro, biossido di manganese, idrossido di zinco, con i metalli eventualmente trattenuti sulla loro superficie (e.g. Arsenico), nonché dei solidi sospesi eventualmente presenti nella corrente influente e di qualunque altro precipitato si sia formato a seguito dei dosaggi chimici effettuati.

Da ognuna delle n. 2 (+1R) vasche di flocculazione l'acqua passerà per stramazzo nella corrispondente vasca di decantazione, che si propone di realizzare con la tecnologia dei pacchi lamellari, di seguito sinteticamente richiamata.

Hazen osservò e definì per primo che la capacità teorica di separazione liquido/solido dipende soltanto dalla superficie di decantazione a disposizione e non dall'altezza o dal tempo di permanenza del liquido nella sezione. Nei sedimentatori lamellari la zona di sedimentazione viene equipaggiata con elementi plastici o metallici (lamelle), configurati in modo da suddividere il volume disponibile in unità elementari disposte in parallelo, allo scopo di aumentare la superficie di sedimentazione, a parità di volume di vasca. La portata da trattare si suddivide, quindi, tra le diverse unità elementari, ciascuna delle quali può essere considerata come un sedimentatore autonomo. Il moto previsto in tali canali è rigorosamente laminare. Le particelle che sedimentano raggiungono il fondo di ciascun canale elementare di sedimentazione e si raccolgono in una zona appositamente dimensionata.

Per migliorare l'efficacia della separazione è necessario ridurre quanto più possibile l'angolo di inclinazione delle lamelle, mentre per assicurare il flusso del materiale sedimentato verso il basso bisogna, al contrario, aumentare il valore di tale angolo. Un buon compromesso tra queste due tendenze opposte è rappresentato da un angolo compreso tra 50° e 60°.

Le acque flocculate entrano dalla parte inferiore dei moduli attraverso lo spazio compreso tra questa e la parte superiore della tramoggia di raccolta dei fanghi. Il volume di questa zona di alimentazione deve essere dimensionato con molta attenzione, in quanto velocità di attraversamento troppo elevate disturbano la sedimentazione del fango e ritrascinano i fiocchi in superficie. L'acqua attraversa quindi le lamelle dal basso verso l'alto, in controcorrente rispetto ai fanghi, la maggior parte dei quali si separa ancor prima che l'acqua si incanali nelle lamelle.

Dopo aver risalito le lamelle ed essersi liberata dai solidi, l'acqua chiarificata viene recuperata grazie ad una serie di canalette superficiali.

Come anticipato, il parametro che determina il dimensionamento dei sedimentatori di qualunque tipo è la velocità di Hazen o velocità ascensionale, valore che, espresso in $m^3/h/m^2$, indica la portata trattata da un decantatore in rapporto alla sua superficie utile.

Trattandosi esclusivamente di fango chimico, per quanto ben flocculato, si preferisce mantenere il valore della velocità di Hazen (V) al di sotto di 0,7 m/h. La superficie di decantazione globalmente necessaria viene determinata con la formula seguente:

$$S = Q / V$$

dove Q è pari alla portata da trattare.

Il valore di velocità 0,7 m/h corrisponde a una superficie totale di $S = 140/0.70 = 200 m^2$; da suddividere tra i due decantatori. Ogni decantatore deve pertanto offrire almeno $100 m^2$ di superficie di decantazione utile.

I pacchi scelti hanno spaziatura ortogonale 58 mm, inclinazione 60° , altezza verticale di 1,2 m e superficie specifica $11,54 m^2/m^3$. Ne deriva una necessità di superficie coperta da pacchi pari a:

$$\frac{100m^2}{11,54 \frac{m^2}{m^3} * 1,2m} = 7.25m^2$$

Il comparto di decantazione coperto da pacchi presenta dimensioni in pianta pari a $2,85 m \times 3 m = 8.55 m^2$ cui corrisponde una superficie di decantazione equivalente $S_{eq} = 8.55 \times 1.2 \times 11.54 = 118.40 m^2$ ed è quindi sufficiente ad assicurare la necessaria sedimentazione; la velocità ascensionale risulta pertanto pari a $V = 70 / 118.4 = 0.59 m/h$.

I pacchi lamellari saranno installati in vasche in c.a. di dimensioni in pianta $3.0 \times 5.0 m^2$ ed altezza utile 3.05 m.

Dal fondo del comparto di sedimentazione partirà una tubazione di estrazione collegata con la bocca di aspirazione di una pompa monovite da $2 m^3/h$ alloggiata in apposito pozzetto ubicato in adiacenza alla vasca di sedimentazione; in progetto si prevede l'installazione di n. 2 pompe monovite per ciascuna linea (una di riserva all'altra).

Le due pompe di estrazione fanghi saranno temporizzate.

11. COAGULAZIONE-FLOCCULAZIONE IN AMBIENTE NEUTRO

Le fasi di coagulazione-flocculazione in ambiente neutro garantiscono la rimozione di altri metalli e metalloidi presenti nelle acque in ingresso, la cui precipitazione non si verifica in ambiente basico; si tratta in particolare dell'Alluminio che precipita sottoforma di fiocchi di idrossido di Alluminio e del Boro che precipita mediante adsorbimento sugli stessi fiocchi di idrossido di Alluminio.

11.1. DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI MISCELAZIONE RAPIDA E MISCELAZIONE LENTA

11.1.1. Miscelazione rapida

Anche in tal caso la *miscelazione rapida* si svolgerà, lungo ciascuna linea di trattamento, in una vasca di volume utile pari a 27 m³ (dim. in pianta pari a 3.0 x 3.0 m² ed altezza utile pari a 3.0 m), per un volume complessivo di 54 m³ (t_{det} ≅ 23 minuti); ciascuna vasca sarà equipaggiata con un agitatore veloce di potenza pari a 1.50 kw.

11.1.2. Miscelazione lenta

Anche in tal caso la *miscelazione lenta* si svolgerà, lungo ciascuna linea di trattamento, in una vasca di volume utile pari a circa 27 m³ (dim. in pianta pari a 3.0 x 3.0 m² ed altezza utile pari a 2.95 m), per un volume complessivo di 54 m³ (t_{det} ≅ 23 minuti); ciascuna vasca sarà equipaggiata con un agitatore lento di potenza pari a 0.75 kw.

11.2. CORREZIONE PH

La correzione del pH delle acque in ingresso fino al raggiungimento delle condizioni di neutralità (pH = 7), avverrà mediante dosaggio di acido cloridrico in soluzione commerciale al 33% nella vasca di miscelazione rapida e sarà regolato dalla misura del pH in vasca; considerando una concentrazione del prodotto puro pari a **C_{HCl} = 40 mg/l**, si ha che il dosaggio di Acido Cloridrico in soluzione risulta pari a:

$$Q_{\text{Sol.-HCl}} = C_{\text{HCl}} \times Q_{\text{prog}} / 1000 / 0.33 \cong 17.00 \text{ l/h.}$$

Il dosaggio dell'acido cloridrico sarà effettuato mediante due pompe dosatrici da 50 l/h (+1R), avendo previsto l'installazione di un serbatoio di Acido Cloridrico della capacità di **W_{HCl} = 15.00 mc**, cui corrisponde un'autonomia di circa **35 giorni**.

11.3. DOSAGGIO DI POLIELETTROLITA

Come già detto, anche in tal caso, per favorire la flocculazione si prevede il dosaggio di Polielettrolita anionico nelle vasche di miscelazione lenta, nelle stesse quantità già considerate per lo svolgimento della stessa fase in ambiente basico; anche in tal caso si evidenzia la necessità di calibrare il dosaggio di Polielettrolita in soluzione in

fase di esercizio a seguito di specifici test (di campo o di laboratorio), in relazione alla effettiva qualità delle acque in ingresso. Per i quantitative da dosare si rimanda al precedente par. 6.3 ($Q_{\text{Sol-Poli } 0.2\%} \cong 70 \text{ l/h}$ - $Q_{\text{Sol-Poli } 45\%} \cong 0.30 \text{ l/h}$).

11.4. RIMOZIONE DELL'ALLUMINIO MEDIANTE PRECIPITAZIONE SOTTOFORMA DI IDROSSIDO

Le condizioni di neutralità della soluzione acquosa (raggiunte come detto mediante dosaggio di acido cloridrico, in soluzione commerciale al 33%), favoriscono la precipitazione dell'idrossido di alluminio, che sarà poi rimosso nella successiva fase di sedimentazione. L'alluminio presenta, infatti, un unico stato di ossidazione che è quello trivalente, per cui non richiede alcun dosaggio per la formazione dell'idrossido, ma solo che il pH sia compreso tra 5 e 7:

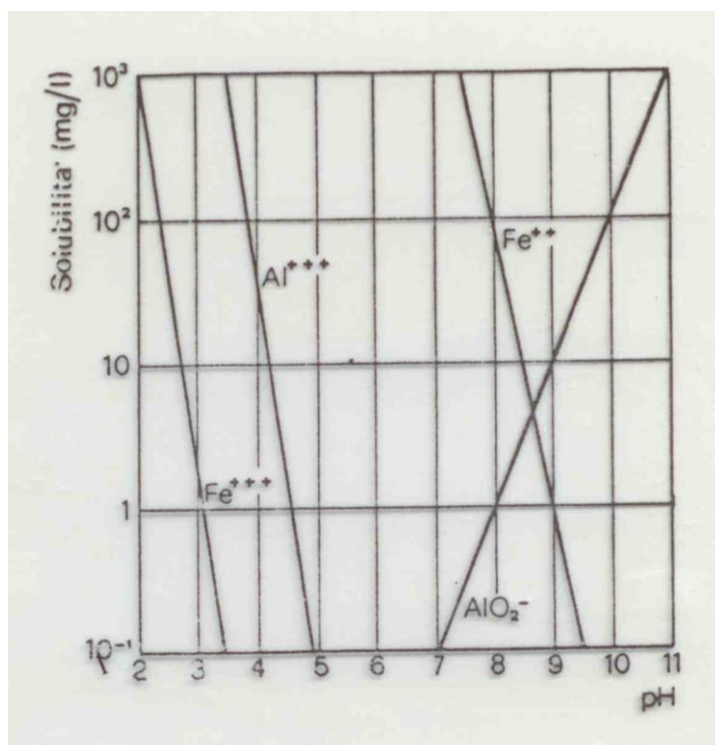


Figura 3 – Solubilità dell'idrossido di Alluminio a differenti valori del pH

11.5. RIMOZIONE DEI FLORURI MEDIANTE ADSORBIMENTO SULL'IDROSSIDO DI ALLUMINIO

La formazione dei fiocchi di idrossido di Alluminio favorisce anche l'adsorbimento e la relativa precipitazione dei Floruri presenti nelle acque in ingresso; i Floruri sono anche rimossi per scambio ionico con i gruppi OH^- delle molecole di idrossido di alluminio.

11.6. DOSAGGIO DI CARBONI ATTIVI PER FAVORIRE L'ADSORBIMENTO DEGLI IPA E DEL BORO

Per la rimozione degli IPA e del Boro presenti nelle acque in ingresso, si prevede l'aggiunta, nella vasca di miscelazione lenta, di carbone attivo in polvere; gli IPA e il Boro sono adsorbiti sulla superficie del carbone attivo e su quella dei fiocchi di idrossido di Alluminio e sono rimossi per decantazione nella successiva fase di sedimentazione.

Il dosaggio di carbone attivo in polvere nella vasca di miscelazione lenta avverrà mediante apposito dispositivo, in grado di dosare 5-50 kg/h di PAC secco in acqua con un'unità di post-diluizione di **3-5 m³/h** e una concentrazione finale max dell'1%.

In ogni caso si evidenzia che l'effettivo dosaggio sarà comunque regolato e calibrato in esercizio mediante apposito analisi sulle acque in ingresso/uscita dalla fase di trattamento in esame.

12. SEDIMENTAZIONE DEI METALLI PESANTI PRECIPITATI IN AMBIENTE NEUTRO

Lo scopo di questo trattamento è la separazione per decantazione dei fiocchi di idrossido di Alluminio formati nelle sezioni precedenti in ambiente neutro, del carbone attivo e di qualunque altro precipitato si sia formato a seguito dei dosaggi chimici effettuati, nonché delle sostanze adsorbite sulle superfici dei precipitati (Floruri, Boro ed IPA).

Anche in tal caso le vasche di sedimentazione saranno realizzate con la tecnologia dei pacchi lamellari e risulteranno delle stesse dimensioni e caratteristiche di quelle prima descritte (ambiente basico):

- n. 2 vasche in c.a. (+1R): dim. in pianta: 3.00 x 5.00 mq; altezza utile: 2.90 m
- n. 2 pacchi lamellari (+1R): dimensioni in pianta: 2.85 x 3.00 mq; altezza utile: 1.20 m; inclinazione 60°.

13. SOLLEVAMENTO INTERMEDIO

A seguito dei trattamenti di natura chimico-fisica descritti nelle fasi precedenti, è previsto il sollevamento delle acque chiariflocculate alla successiva sezione di osmosi inversa.

Le stazioni di sollevamento previste sulle n. 2 linee di trattamento (+1R) saranno in grado di pompare all'impianto di osmosi inversa ciascuna la portata di 70 m³/h; all'uopo si prevede per ciascuna delle vasche di pompaggio l'installazione di n. 2 elettropompe sommerse (1 + 1R) in grado di sollevare la suddetta portata di 70 m³/h con una prevalenza di 35 m (a monte dell'impianto di osmosi è infatti richiesta una pressione minima in corrispondenza dell'aspirazione della pompa di alta pressione pari a circa 3.0 bar).

Le elettropompe sommerse saranno alloggiare in apposito vasche di accumulo di dimensioni in pianta ciascuna pari a 3.0 x 3.0 m² ed altezza utile pari a 2.50 m (differenza tra il livello idrico max e min in vasca); la condotta premente di ciascun impianto è costituita da una tubazione in Pead DN140 PN10 PE100 di lunghezza pari a circa 13 m, indirizzata appunto all'impianto di osmosi.

Qualora non sia necessario sottoporre a trattamento osmotico le acque in uscita dal trattamento chimico-fisico (ad es. durante le stagioni autunnali-invernali allorchè risulta limitata la richiesta irrigua), le stazioni di sollevamento intermedio qui descritte convogliano le acque chiariflocculate al limitrofo impianto di pre-trattamento di Coroglio (e quindi alla depurazione) mediante la linea di by-pass generale del TAF3; all'uopo, risultando in tal caso necessaria una prevalenza molto minore (circa 5.0 m), si è previsto, anche in tal caso, di dotare il quadro di alimentazione delle pompe in esame di apposito inverter in grado di far lavorare le unità di sollevamento alla potenza minima necessaria, con una conseguente riduzione degli assorbimenti energetici per un significativo periodo durante l'anno.

In tal caso, mediante l'azionamento di apposito valvole di intercettazione motorizzate, le acque in uscita dal sollevamento saranno indirizzate, come detto, verso l'impianto di Coroglio (vasca di sollevamento iniziale dell'impianto); la condotta premente, collegata alla linea di by-pass dell'impianto, è costituita da una tubazione in Pead DN225 PN10 PE100 di lunghezza pari a circa 210 m.

14. OSMOSI INVERSA

La sezione di Osmosi Inversa consente di eliminare dalle acque in uscita tutti i parametri inquinanti residui presenti nelle acque da trattare e non rimossi nelle fasi precedenti (metalli pesanti, IPA, Floruri, etc.); in particolare, però, la sua installazione è prevista per la rimozione dei **Cloruri**, presenti in elevate concentrazioni nelle acque in ingresso (circa **400 mg/l**), per i quali non è stata adottata alcuna tecnica di rimozione nelle fasi precedenti.

In progetto si è prevista l'installazione di n. 2 impianti di osmosi inversa in parallelo (+1R), uno per ciascuna linea di trattamento, ciascuno in grado di trattare la portata di 70 m³/h, per un totale di 140 m³/h.

La portata di "permeato" di ciascuna linea (e cioè quella delle acque trattate ai sensi del DM 185/2003) è stata fissata pari a **42.5 m³/h** per un totale di **85.0 m³/h** (circa il 60% della portata in ingresso) corrispondente al valore di **2000 m³/g** che rappresenta il fabbisogno irriguo richiesto; il permeato sarà convogliato mediante apposito impianto di sollevamento alla vasca di accumulo a servizio dell'impianto di irrigazione del futuro Parco di Bagnoli.

La portata di "concentrato" di ciascuna linea (quella che raccoglie il cosiddetto "scarto" di osmosi) risulta viceversa pari a circa **28 m³/h**, per un totale di circa **55.0 m³/h** (circa il 40% della portata in ingresso); tali acque di scarto saranno convogliate, anche in tal caso mediante sollevamento, al limitrofo impianto di pre-trattamento di Coroglio (e di qui all'impianto di depurazione di Cuma), unitamente alle acque surnatanti e/o di percolazione raccolte dalla linea fanghi, nonché alle ulteriori eventuali acque di dilavamento raccolte dalla canaletta grigliata prevista lungo il perimetro dell'intera area di impianto.

Le tre unità ad osmosi previste in progetto avranno in comune il quadro elettrico per la gestione automatica ed il controllo, realizzato in conformità ai requisiti INDUSTRIA 4.0, e l'unità CIP per le attività di manutenzione straordinaria.

Nello specifico è prevista la fornitura di n° 3 skid contenenti le apparecchiature necessarie per il pretrattamento, vale a dire filtrazione automatica a 50 micron (filtro autopulente) e filtrazione a 5 micron (filtro a cartuccia), e l'osmosi inversa.

Ogni linea è provvista di una stazione di dosaggio per l'eventuale correzione del pH (con relativa misura pH) ed una stazione di dosaggio di prodotto antiscalante, mentre sarà in comune alle tre linee il quadro elettrico di gestione e comando e l'unità CIP.

Le linee ad osmosi inversa saranno costituite ciascuna da due stadi, il primo composto da 5 vessel da 6 elementi, il secondo da 3 vessel da 6 elementi, e consentono un recupero di acqua del 60% circa (42.5 m³/h rispetto ai 70.0 m³/h in ingresso).

L'impianto prevede il RATIO CONTROL in automatico, pertanto in base al valore della conducibilità in uscita sarà possibile modulare il rapporto tra la portata di permeato e la portata di concentrato gestendo la pressione di esercizio mediante l'inverter dedicato alla pompa di alta pressione.

Ad ogni fermo impianto, allo scopo di evitare il ristagno di acqua salina sulle membrane e quindi la precipitazione di sale e formazione di incrostazioni, l'impianto si porta automaticamente nella condizione di "flussaggio" in bassa pressione prima della fermata. Le acque di flussaggio vengono inviate allo scarico (unitamente alle acque di scarto o "concentrato" di osmosi).

In caso di arresto prolungato dell'impianto o calo di prestazioni delle membrane, sarà possibile utilizzare l'unità CIP per il lavaggio e la disinfezione delle membrane, tramite circolazione di una soluzione chimica idonea preparata nel serbatoio di stoccaggio per lavaggio.

Complessivamente, la dotazione dell'impianto di osmosi previsto in progetto è costituita da n. 3 linee delle seguenti caratteristiche:

a) Blocco filtrazione iniziale:

- n. 1 filtro autopulente con ugelli aspiranti a differenziale di pressione, in AISI 316, portata di esercizio massima pari a 108 m³/h. Il filtro sarà installato a servizio dell'osmosi senza prevedere accumuli; pertanto è necessario che possa funzionare con filtrazione in continuo, senza interruzioni di flusso durante il lavaggio (le acque utilizzate durante il lavaggio saranno avviate allo scarico unitamente alle acque di scarto). La pressione dell'acqua di esercizio in ingresso/acqua di lavaggio è fissata pari a 2/3 bar.

b) Blocco osmotico:

- n. 1 filtro a cartuccia da 5 µm, portata di progetto 81 m³/h;
- n. 1 gruppo pompe in serie per alta pressione, 71 m³/h – 21.2 bar, con inverter a quadro per modulazione durante il RATIO CONTROL;
- n. 8 vessel MULTIPORT 4 porte 300psi a 6 elementi – totali 48 membrane diametro 8";
- n. 3 misuratori di portata (ingresso, permeato primo e permeato secondo) collegati a PLC;
- n. 6 trasmettitori di pressione (monte e valle filtri 5 micron, alta pressione pompa, linee concentrati e permeato);
- n. 1 conduttivimetro sul permeato in uscita impianto con collegamento a PLC;
- n. 1 misuratore pH montato a deflusso, in ingresso impianto, con collegamento a PLC per dosaggio correttore pH;
- n. 1 valvola modulante automatica per la gestione del rapporto permeato/concentrato in funzione del valore di conducibilità in uscita;

- n. 1 set valvole automatiche, manuali, non ritorno, piping e strumenti per un corretto uso e gestione.

c) Dosaggio per ciascuna linea

- n. 1 centralina dosaggio antiscalante costituita da serbatoio da 500 lt con vasca di sicurezza, una pompa dosatrice, interruttore di livello, lancia di aspirazione e valvole intercetto e non ritorno, agitatore elettrico su serbatoio;
- n. 1 centralina dosaggio correttore pH costituita da serbatoio da 500 lt con vasca di sicurezza, una pompa dosatrice, interruttore di livello, lancia di aspirazione e valvole intercetto e non ritorno, trappola fumi su serbatoio. Elettropompa con dosaggio proporzionale al valore di pH.

d) Unità di lavaggio membrane - singola

- n. 1 pompa di lavaggio centrifuga
- n. 1 serbatoio da 1000 lt con interruttore di livello e valvolame
- n. 1 filtro a cartuccia 5 micron
- n. 1 agitatore verticale manuale
- n. 1 flussimetro e n. 1 pressostato

e) Quadro di comando e controllo per ciascuna linea

- L'unità di controllo dell'impianto sarà realizzata con un PLC con pannello operatore e router per il controllo da remoto e la teleassistenza. L'impianto è corrispondente ai requisiti relativi all'Industria 4.0.

f) Compressore a servizio impianti

- Compressore da 5.5 KW per produzione aria compressa a servizio impianti: filtro autopulente, valvole pneumatiche.

Si evidenzia che, come già detto, le acque trattate mediante osmosi inversa verranno utilizzate anche per usi secondari, e cioè per diluire i reattivi in soluzione (è il caso del Permanganato di sodio e del Polielettrolita che sono forniti in soluzioni commerciali aventi grado di diluizione inferiore a quello previsto ai fini del trattamento chimico-fisico), ovvero come lavaggio dei componenti elettromeccanici installati nel limitrofo impianto di pre-trattamento di Coroglio.

15. SOLLEVAMENTO FINALE

A valle del trattamento di osmosi inversa, sempre nell'ambito dell'edificio del TAF3, è previsto il sollevamento finale delle acque trattate ("permeato di osmosi") da indirizzare alla vasca di accumulo a servizio dell'impianto di irrigazione del futuro Parco di Bagnoli; tale fase è unica per le n. 2 linee di trattamento ed è costituita da n. 2 elettropompe sommerse (+1R) ciascuna in grado di sollevare la portata di 42.5 m³/h (pari al 60% di 70 m³/h), per un totale di 85 m³/h, con una prevalenza di circa 6.0 m.

In via cautelativa, per consentire il massimo sfruttamento delle acque in arrivo al TAF3 e sempre che la qualità delle acque in ingresso lo permettano, si potrà opportunamente calibrare il rendimento della sezione di osmosi inversa, fino ad ottenere il valore teorico della portata permeata pari a 140 m³/h (70 m³/h per linea); ciò consentirebbe di far fronte, per determinati periodi dell'anno o per determinati tipi di colture, ad una maggiore richiesta da parte dell'utenza irrigua. Per tenere conto di tale eventualità, l'impianto di sollevamento in esame è stato dimensionato per pompare l'intera portata di 140 m³/h (70 m³/h per linea) in arrivo all'osmosi; si è pertanto prevista l'installazione di n. 2 unità di sollevamento (+1R) ciascuna in grado di pompare i 70 m³/h alla vasca irrigua.

Considerato ancora che le acque pompate potranno essere impiegate per il controlavaggio della condotta di adduzione al TAF 3 proveniente dalla vasca di sollevamento iniziale, si è previsto come detto di prolungare la premente dell'impianto di sollevamento finale fino a detta vasca (lungh. totale 1546 m); pertanto, la prevalenza delle elettropompe da installare è stata valutata con riferimento a tale ulteriore scenario di funzionamento ed è stata assegnata pari a 15 m.

Anche in tal caso, considerata la variabilità delle portate da sollevare e delle relative prevalenze, si è prevista l'installazione di inverter al fine di calibrare al minimo necessario la potenza assorbita dalle apparecchiature di sollevamento ed evitare sprechi energetici.

La vasca di accumulo a servizio dell'impianto di sollevamento finale è stata prevista di dimensioni in pianta pari a 3.0 x 3.0 m² ed altezza utile pari a 2.50 m (differenza tra il livello idrico max e min in vasca).

16. CONDOTTA PREMENTE ACQUE TRATTATE

La condotta premente dell'impianto è costituita da una tubazione in Pead DN225 PN10 PE100, di lunghezza pari a circa 1105 m, che recapita nella vasca di accumulo delle acque ad uso irriguo ubicata a margine di via Coroglio; si evidenzia che, anche in tal caso, lungo la diramazione di tale condotta in ingresso alla vasca si è prevista l'installazione di apposita valvola motorizzata DN200 e, successivamente, di valvola a galleggiante di pari diametro necessaria al fine di interrompere l'ingresso d'acqua qualora la vasca sia piena.

In progetto si è previsto di prolungare la suddetta condotta premente di ulteriori 441 m circa, per un totale di circa 1546 m, fino alla vasca di sollevamento iniziale delle acque da trattare (acque provenienti dalla barriera idraulica e dai sollevamenti degli arenili di Bagnoli e Coroglio), anche essa ubicata a margine di via Coroglio (alt. canale Bianchettaro); in tal modo si potranno utilizzare tali acque per il "controlavaggio" della condotta di adduzione al TAF3 (tubazione in Pead DN225 PN10 PE100 di lunghezza pari a circa 1520 m prima descritta al par. 6.2). Come già detto in precedenza tale condotta, che corre in parallelo a quella delle acque da trattare, verrà posata in opera in parte, lungo via Coroglio ed in parte nell'area del futuro Parco di Bagnoli; le n. 2 tubazioni prementi, inoltre, attraversano via Cattolica per collegarsi, in entrata o in uscita, al TAF 3.

17. VASCA DI ACCUMULO ACQUE TRATTATE

Tale vasca costituisce, come detto, il recapito delle acque trattate provenienti dal TAF3 ed ha la funzione di garantire il necessario volume di stoccaggio per l'utenza irrigua del futuro Parco di Bagnoli.

Il manufatto verrà anche esso localizzato nell'area del futuro Parco di Bagnoli, a margine di via Coroglio, in prossimità degli attuali binari di attraversamento della sede stradale

La vasca, prevista di capacità utile pari a circa 1000 m³, è costituita da un manufatto interrato in c.a. composto da n. 5 compartimenti tra loro collegati di dimensioni in pianta pari a 20.0 x 4.0 m² ed altezza utile pari a 2.60 m (altezza interna netta 3.60 m); in adiacenza alla vasca è stata prevista la realizzazione di un ulteriore manufatto interrato in c.a. di dimensioni in pianta 4.00 x 4.00 m², di pari altezza (3.60 m) adibito a camera di manovra del futuro impianto di pressurizzazione a servizio della rete irrigua del Parco (non oggetto del presente progetto).

La profondità di scavo totale (4.60 m rispetto al p.c.) è stata determinata, anche in tal caso, in relazione all'esigenza di evitare interferenze con la falda acquifera che, nell'area in esame, è stata riscontrata a quota pari a +0.30 m.s.m. (come nel caso della vasca di sollevamento iniziale); la quota di estradosso fissata per la platea di fondazione (+1.00 m.s.m.) e la quota di imposta di tale platea (+0.50 m.s.m.) consentono di scongiurare le suddette interferenze sia in fase di esecuzione che in fase di esercizio dell'opera.

18. SOLLEVAMENTO DEL CONCENTRATO DI OSMOSI

Le acque di scarto prodotte dalla sezione di osmosi ("concentrato di osmosi") verranno indirizzate mediante sollevamento al limitrofo impianto di pre-trattamento di Coroglio (e di qui alla depurazione); tale fase è unica per le n. 2 linee di trattamento ed è costituita da n. 1 elettropompa sommersa (+1R) in grado di sollevare la portata di 55 m³/h (pari al 40% di 140 m³/h). In via cautelativa, qualora i valori dei parametri di qualità delle acque in ingresso all'osmosi risultassero particolarmente gravosi, si è ipotizzato che le unità di sollevamento previste siano in grado di pompare una portata massima di concentrato pari 70 m³/h (e cioè fino al 50% di quella in arrivo), con una prevalenza di 10 m. Anche in tal caso, considerata la variabilità delle portate da sollevare e delle relative prevalenze, si è prevista l'installazione di inverter al fine di calibrare al minimo necessario la potenza assorbita dalle apparecchiature di sollevamento ed evitare sprechi energetici.

La vasca di sollevamento a servizio dell'impianto di sollevamento dello scarto di osmosi, anche essa ubicata nell'edificio del TAF3, è stata prevista di dimensioni in pianta pari a 2.20 x 2.20 m² ed altezza utile pari a 2.50 m (differenza tra il livello idrico max e min in vasca).

La condotta premente dell'impianto è costituita da una tubazione in Pead DN140 PN10 PE100 che, dopo un primo tratto di lunghezza pari a circa 12 m, si interconnette alla condotta di by-pass dell'impianto prima descritta (DN225 in Pead – L ≅ 210 m) ed, unitamente a questa, recapita nella vasca di pompaggio dell'impianto di Coroglio che solleva le acque pre-trattate all'impianto di depurazione di Cuma.

19. LINEA REATTIVI

Il comparto che contiene i serbatoi di stoccaggio dei reattivi (Permanganato di sodio, Polielettrolita anionico, Soda caustica, Cloruro ferrico ed Acido Cloridrico) è stato previsto, come detto, in posizione esterna all'edificio, in prossimità dello spigolo Sud-Est dello stesso, in modo da favorire il riempimento dei suddetti serbatoi senza dover accedere al capannone coperto del TAF 3.

Esso è costituito da una "vasca" sottoposta rispetto al p.c. avente funzione di "contenimento" dei liquidi che possano accidentalmente fuoriuscire dai manufatti di stoccaggio; tale vasca è stata prevista di dimensioni in pianta pari a 5.50 x 17.35 m² ed altezza di 1.00 m (q.ta fondo +4.50 m.s.m.).

Il manufatto risulta suddiviso in diversi comparti, ciascuno in grado di contenere il volume dei liquidi stoccati per i diversi reattivi; in particolare si sono previste le seguenti volumetrie per ciascun comparto:

- Permanganato di sodio: $W = 14.6 \text{ m}^3$ (volume reattivo $\cong 4.0 \text{ m}^3$);
- Polielettrolita anionico: $W = 14.6 \text{ m}^3$ (volume reattivo $\cong 4.0 \text{ m}^3$);
- Cloruro ferrico: $W = 9.66 \text{ m}^3$ (volume reattivo $\cong 3.0 \text{ m}^3$);
- Soda caustica: $W = 20.0 \text{ m}^3$ (volume reattivo $\cong 15.0 \text{ m}^3$);
- Acido Cloridrico: $W = 20.0 \text{ m}^3$ (volume reattivo $\cong 15.0 \text{ m}^3$).

Per ciascun reattivo si è prevista la realizzazione di n. 3 linee di distribuzione distinte, ciascuna asservita a pompa dosatrice, indirizzate alle vasche delle n. 3 linee di trattamento; in particolare:

- Il Permanganato di sodio in soluzione viene indirizzato alle vasche di miscelazione rapida in ambiente basico; per ottenere la soluzione da immettere nelle vasche a partire da quella commerciale, si è resa necessaria, per tale reattivo, l'installazione di apposite stazioni di preparazione e dosaggio con aggiunta di acqua prelevata dal sollevamento finale posto a valle del trattamento osmotico.
- Il Polielettrolita anionico viene indirizzato, sia alle vasche di miscelazione lenta in ambiente basico che a quelle in ambiente neutro; per ottenere la soluzione da immettere nelle vasche a partire da quella commerciale, si è resa necessaria, anche per tale reattivo, l'installazione di apposite stazioni di preparazione e dosaggio con aggiunta di acqua prelevata dal sollevamento finale posto a valle del trattamento osmotico;
- Il Cloruro ferrico in soluzione viene indirizzato alle vasche di miscelazione rapida in ambiente basico; in tal caso non è stato necessario operare un'ulteriore diluizione della soluzione commerciale.

- La Soda caustica in soluzione viene indirizzata alle vasche di miscelazione rapida in ambiente basico; anche in tal caso non è stato necessario operare un'ulteriore diluizione della soluzione commerciale.
- L'Acido Cloridrico viene indirizzato alle vasche di miscelazione rapida in ambiente neutro; anche in tal caso non è stato necessario operare un'ulteriore diluizione della soluzione commerciale.

I carboni attivi in soluzione verranno immessi direttamente nelle vasche di miscelazione lenta in ambiente neutro mediante apposito impianto di preparazione e dosaggio montato su skid in carpenteria metallica che verrà installato a bordo vasca; anche in tal caso si rende necessario l'allaccio alla rete idrica per diluire il prodotto fornito in polvere.

20. TRATTAMENTO FANGHI

La produzione di fango dell'impianto, ipotizzando il raggiungimento dei valori attesi allo scarico, è stimata pari a circa l'1.00% della portata di acqua trattata; si ha pertanto:

$$Q_{\text{fanghi}} = Q_{\text{prog}} / 100 = 1.40 \text{ m}^3/\text{h} = 33.5 \text{ m}^3/\text{g}$$

L'estrazione dei fanghi avviene dal fondo dei sedimentatori lamellari mediante pompe monovite temporizzate; ipotizzando una concentrazione del fango pari a $15 \text{ kg}_{\text{SST}}/\text{m}^3$, la quantità di fango prodotta quotidianamente risulta pari a:

$$M_{\text{fanghi}} = Q_{\text{fanghi}} \times C_{\text{fanghi}} = 33.6 \times 15 \cong 500 \text{ kg}_{\text{SST}}/\text{g}$$

Le pompe monovite sono previste in numero di 6 unità (1+1R per ciascuna linea di trattamento), di portata massima pari a $2 \text{ m}^3/\text{h}$; considerando n. 2 pompe contemporaneamente in funzione, si ha che la portata di fango massima convogliata all'ispessimento risulta pari a $4.0 \text{ m}^3/\text{h}$.

La fase di ispessimento si svolge mediante un ispessitore statico in c.a. di forma cilindrica, di diametro pari a 4.50 m ed altezza utile 2.10 m, cui corrisponde un volume utile totale pari a circa $W_{\text{ispess}} \cong 33.5 \text{ m}^3$.

Il tempo di permanenza della fase di ispessimento risulta quindi pari a:

$$t_{\text{det}} \cong 1.0 \text{ g (valore ritenuto ampiamente accettabile).}$$

La vasca è dotata di tramoggia di fondo in cui si realizza l'accumulo e l'ispessimento dei fanghi in ingresso; le acque surnananti vengono convogliate all'impianto di sollevamento delle acque di scarto dell'osmosi, mediante apposita linea di tubazioni.

Il fango in uscita avrà una concentrazione pari a circa $40 \text{ kg}_{\text{SST}}/\text{m}^3$, corrispondente a un volume pari a:

$$W_{\text{fanghi}} = 500 / 40 \cong 12.6 \text{ m}^3/\text{g}$$

La disidratazione sarà effettuata mediante l'installazione di un filtro-pressa a piastre. La macchina scelta avrà 50 piastre da 800 mm x 800 mm e sarà in grado di trattare $130 \text{ kg}_{\text{SST}}/\text{ciclo}$; pertanto si prevede l'effettuazione di n. 4 cicli di pressatura al giorno (necessari per disidratare i $500 \text{ kg}_{\text{SST}}/\text{d}$ in ingresso), ottenendo circa $1.70 \text{ m}^3/\text{d}$ di fango al 30% di secco.