

INDICE

1 - GENERALITA'	1
2 - CONSIDERAZIONI SUI PARAMETRI DI PROGETTO	4
2.1 - Parametri quantitativi.....	4
2.2 - Parametri qualitativi.....	4
3 - PARAMETRI DI PROGETTO LOTTO	6
3.1 - Acque da trattare	6
3.2 - Acque trattate	6
4 - DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	8
4.1 - Grigliatura fine.....	8
4.2 - Filtrazione finale acqua trattata	9
4.3 - Postdenitrificazione	9
4.4 - Ristrutturazione sezione trattamento fanghi	10
4.5 - Disinfezione finale dell'acqua trattata	11
4.6 - Modifica ed ampliamento del programma di supervisione.....	12
5 - DETERMINAZIONE DEL PROFILO IDRAULICO.....	13
5.1 - Formule di calcolo	13
5.1.1 - Condotte in pressione	13
5.1.2 - Condotte a gravità.....	14
5.1.3 - Stramazzi rettangolari.....	14
5.1.4 - Stramazzi triangolari a 90°	14
5.1.5 - Luci a battente	15
5.1.6 - Luci rigurgitate	15
5.1.7 - Risalti venturimetrici su canali.....	15
5.2 - Sviluppo dei calcoli	17

Tabelle allegate:

- Calcoli di determinazione del profilo idraulico

Schema allegato:

- Schema a blocchi impianto di depurazione

1 - GENERALITA'

Il presente documento ha per oggetto la progettazione preliminare dei LAVORI DI ADEGUAMENTO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI BAGNATICA, impianto di proprietà della ZERRA S.P.A.e al servizio dei territori dei seguenti undici Comuni: Albano S.Alessandro, Bagnatica, Brusaporto, Cenate, Costa di Mezzate, Montello, Pedrengo, S.Paolo d'Argon, Scanzorosciate, Seriate e Torre de' Roveri.

Gli scarichi delle reti fognarie, di tipo prevalentemente unitario, insistenti sui territori suddetti, sono raccolti dalle rete dei collettori intercomunali e convogliati all'impianto di depurazione centralizzato, situato a Bagnatica, dopo scolmatura delle acque meteoriche effettuata secondo le norme vigenti.

L'impianto è attualmente gestito dalla società UNIACQUE S.P.A..

Il progetto relativo al I LOTTO fu redatto, come preliminare per appalto-concorso, nel 1982 dallo studio ETACONSULT di Milano. La progettazione esecutiva e la costruzione del I LOTTO (80.000 AE) fu appaltata nel 1986 alla PASSAVANT IMPIANTI SPA di Novate Milanese, che ha anche elaborato il progetto di massima relativo al II LOTTO (120.000 AE).

Lungo il notevole arco temporale di realizzazione dell'impianto si sono verificati cambiamenti che ne hanno condizionato la tipologia e che sono essenzialmente:

- a) l'emanazione del Piano Regionale di Risanamento Acque (P.R.R.A.)
- b) l'emanazione del Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152;
- c) l'emanazione della Legge 12 giugno 2003, n. 185;
- d) l'adesione al Consorzio del Comune di Seriate, che ha causato un incremento del carico sul depuratore pari a 30.000 A.E. (abitanti equivalenti);
- e) la variante che ha sostituito il nucleo centrale biologico, già previsto ad ossigeno puro con processo UNOX (vasca chiusa), con un trattamento biologico ad aria basato sull'utilizzo di aeratori getto (MASS TRANSFER); è stata, inoltre, inserita la fase di predenitrificazione, che non era prevista nel progetto originale;
- f) la variante che ha sostituito l'originario processo di digestione anaerobica tradizionale, previsto su una sola linea e con insufflazione di gas, con due linee di trattamento complete, già dimensionate per il II LOTTO impostate su una tecnologia (denominata BIMA) messa a punto dalla società ENTEC.

Il progetto esecutivo del II LOTTO fu redatto nel dicembre 2004 dallo Studio ing. D. Manicardi di Bergamo e, dopo realizzazione, le relative installazioni furono avviate nell'aprile 2007. Le opere di II Lotto hanno riguardato essenzialmente la realizzazione del raddoppio della fase di dissabbiatura, del primo stadio di trattamento biologico e della filtrazione finale.

Si rende ora necessario procedere al completamento dell'impianto mediante aggiunta di alcune sezioni di processo (postdenitrificazione, disinfezione a raggi UV, centrifugazione

fanghi) e, soprattutto, nella ottimizzazione di numerose sezioni già esistenti, come descritto compiutamente nel seguito.

Le principali operazioni di processo sono le seguenti:

	oggetto intervento
<i>- Linea trattamento acque</i>	
- grigliatura grossolana	
- sollevamento	
- dissassatura	nuova sezione
- grigliatura fine	ristrutturazione
- dissabbiatura aerata / separazione sabbia-acqua	ristrutturazione
- miscelazione rapida	
- flocculazione	
- sedimentazione primaria	
- denitrificazione	
- nitrificazione I stadio	
- nitrificazione II stadio e riciclo miscela aerata	ristrutturazione
- postdenitrificazione	nuova sezione
- sedimentazione e riciclo fanghi sedimentati	
- rimozione del fosforo per precipitazione simultanea	
- disinfezione con ipoclorito di sodio	
- disinfezione con UV-C	nuova sezione
- sollevamento acqua alla roggia Borgogna	nuova sezione
<i>- Linea trattamento fanghi</i>	
- preispessimento	
- digestione anaerobica	
- postispessimento	
- disidratazione con pressa a nastri	dismissione
- disidratazione mediante centrifugazione	nuova sezione
- preparazione e dosaggio polielettrolita per disidratazione	ristrutturazione
<i>- Sezioni stoccaggio e dosaggio reattivi</i>	
- stoccaggio e dosaggio cloruro ferrico (flocc. e coprecipitazione P)	ristrutturazione
- stoccaggio e dosaggio solfato di alluminio (flocc. e coprecipitaz. P)	ristrutturazione
- stoccaggio e dosaggio calce idrata (flocculazione)	
- stoccaggio e dosaggio ipoclorito (disinfezione)	
- stoccaggio e dosaggio soluzione per denitrificazione (postdenit.)	nuova sezione
<i>- Sezioni di servizio</i>	
- produzione aria compressa per servizi tecnici	
- produzione acqua per servizi tecnici (pozzo)	
- deodorazione (lavaggio con acido, base, ipoclorito)	ristrutturazione

2 - CONSIDERAZIONI SUI PARAMETRI DI PROGETTO

2.1 - Parametri quantitativi

Il P.R.R.A. prevede che, all'anno 2016, l'impianto debba servire 114.572 A.E. di cui circa la metà di provenienza industriale. Il dato indicato non comprende il Comune di Seriate, che è entrato a far parte del Consorzio solo in un secondo tempo.

L'adesione del Comune di Seriate all'allora Consorzio di Tutela Ambientale del Bacino dello Zerra (ora Zerra S.p.A.), ha causato un incremento di carico sul depuratore, che, pur rilevante, non è da considerarsi critico, in quanto le previsioni effettuate nel 1982 riguardanti lo sviluppo dell'area servita in termini di abitanti equivalenti si sono dimostrate, nei fatti, largamente sovrastimate.

La potenzialità di 120.000 AE si può quindi considerare come un dato che rispecchia la realtà, riscontrabile sperimentalmente in quanto la rete di collettamento consortile è stata interamente realizzata.

2.2 - Parametri qualitativi

La normativa attualmente in vigore è costituita dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 in cui sono fissati i limiti di inquinamento residuo che devono rispettare le acque effluenti dagli impianti di depurazione.

Il P.R.R.A. é stato redatto in funzione degli obiettivi di qualità dei singoli corpi idrici in cui recapitano gli scarichi delle pubbliche fognature e quindi con l'intento di non stabilire limiti applicabili in ogni caso, ma (si cita testualmente) ".....in linea di metodo ciò ha comportato per gli scarichi delle pubbliche fognature l'assunzione di limiti di accettabilità definiti caso per caso, in funzione delle condizioni locali" (metodo del *carico compatibile*).

Ora che il Piano é tecnicamente definito, tuttavia, sembra che l'immediata applicazione dei limiti di accettabilità riferiti alle condizioni puntuali risulti, dal punto di vista pratico, alquanto difficile.

Il COMITATO TECNICO (Regione Lombardia) PER L'ESAME DEI PROBLEMI IN MATERIA DI GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE propone, infatti, che:

".....in tale contesto la concreta attuazione di uno dei criteri qualificanti della pianificazione, consistente nel graduare l'abbattimento dei carichi inquinanti in funzione degli obiettivi di qualità prefissati per i ricettori, pur mantenendo la propria validità quale obiettivo da perseguire al 2016, come peraltro già prescritto, deve essere verificata e calibrata nelle successive revisioni di piano e nelle attuazioni intermedie."

I limiti prescritti dal P.R.R.A. al 2016 (quindi definiti con il sistema del carico compatibile) per l'impianto di Bagnatica¹ sono i seguenti (si riportano i parametri principali):

¹ E' da osservare che i (molto restrittivi) limiti allo scarico previsti al 2016 per l'impianto di Bagnatica, ricavati con il sistema del carico compatibile, sono calcolati per scarico nel torrente Zerra. In realtà, il corpo ricettore

BOD ₅	mg/L	10
COD	mg/L	80
solidi sospesi	mg/L	10
N-TK ²	mg/L	5
fosforo totale	mg/L	0,5

I limiti previsti (D.Lgs. 152/06) in aree sensibili (quale quella di Bagnatica) per gli impianti con potenzialità maggiore di 100.000 AE sono i seguenti:

BOD ₅	mg/L	25
COD	mg/L	125
solidi sospesi	mg/L	35
azoto totale	mg/L	10
fosforo totale	mg/L	1
tensioattivi totali	mg/L	2
Escherichia Coli	UFC/100 mL	5000

Il decreto stabilisce, inoltre, in tutti i casi, limiti riguardanti i parametri batteriologici per cui è ora indispensabile una efficiente fase finale di disinfezione.

Attualmente l'impianto è dotato di autorizzazione allo scarico (determinazione del Dirigente del Servizio Acque della Provincia di Bergamo n° 811 del 19.06.2000) che impone, fra le altre cose, il rispetto dei limiti di cui alle tabelle 1 e 3 del D.Lgs. 152/99. E' da rilevare, inoltre, che il punto "n" delle prescrizioni recita testualmente: "*adeguarsi* (dovrà il Consorzio, poi Zerra S.p.A., ora Uniacque S.p.A.) *alle prescrizioni integrative anche in senso più restrittivo, che si rendessero necessarie per garantire il rispetto degli obiettivi di qualità dei corpi idrici, sulla base degli indirizzi e dei provvedimenti attuativi del D.Lvo n° 152/99* (ora 152/06 n.d.r.) *che saranno emanati, in primo luogo dalla Regione Lombardia.*"

dello scarico è lo *scolmatore* del torrente Zerra (e quindi il fiume Serio). Questo fatto potrebbe essere foriero di limiti meno restrittivi.

² Azoto Kjeldhal (azoto organico + azoto ammoniacale).

3 - PARAMETRI DI PROGETTO LOTTO

3.1 - Acque da trattare

Tenendo presenti le effettive condizioni rilevate durante la gestione del primo lotto dell'impianto le caratteristiche qualitative di progetto sono state così fissate:

abitanti equivalenti	AE	120.000
portata giornaliera (Q_g)	m ³ /d	24.000
portata media (Q_m)	m ³ /h	1.000
portata di punta in tempo asciutto (Q_s)	m ³ /h	1.500
portata massima al trattamento biologico	m ³ /h	1.500
portata in tempo di pioggia	m ³ /h	3.750
COD (max)	mg/L	854
BOD ₅	mg/L	300
solidi sospesi	mg/L	300
N-TK	mg/L	35
P _{tot}	mg/L	6
temperatura minima di calcolo nitrificazione ³	°C	12

3.2 - Acque trattate

Le acque trattate avranno le seguenti caratteristiche (anche in funzione dei Piani di Tutela, in via di predisposizione da parte della Regione Lombardia):

BOD ₅	mg/L	<25
COD	mg/L	<125
Solidi sospesi totali	mg/L	<35
N-complessivo	mg/L	<10
NH ₄ ⁺	mg/L	---
N-org	mg/L	---
N-NO ₃	mg/L	---
P _{tot}	mg/L	<1
Tensioattivi totali	mg/L	<2
Escherichia Coli	UFC/100 mL	<5000

E' da sottolineare che i limiti di cui sopra sono notevolmente restrittivi e che la necessità di rispettarli incrementerà sensibilmente i costi di esercizio, probabilmente fino a valori non compatibili con gli attuali livelli tariffari, definiti per legge.

In particolare la necessità di scendere al di sotto dell'unità nei riguardi del fosforo imporrà consistenti dosaggi di cloruro ferrico con rischio di un eccessivi abbassamento del pH: La

³ Secondo la normativa regionale. Va tuttavia evidenziato che la normativa non indica alcun sistema di dimensionamento.

limitata autonomia di stoccaggio presente sull'impianto esistente non ha consentito di effettuare prove volte a stabilire la consistenza del rischio sopra esposto.

Nel caso in cui il pH diminuisse eccessivamente sarà indispensabile effettuare il dosaggio di calce. Presso l'impianto è già disponibile la relativa sezione di stoccaggio e dosaggio che dovrà essere opportunamente revisionata.

4 – DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Le esperienze gestionali maturate dalla Società ZERRA, che è proprietaria dell'impianto e lo ha gestito, hanno evidenziato carenze in alcune fasi del processo che sono descritte nel seguito.

4.1 - Grigliatura fine

La sezione di grigliatura fine attualmente esistente è costituita da una griglia a tappeto, installata in occasione della prima fase di realizzazione del primo stralcio dell'impianto, che sin dalla prima messa in marcia ha denotato notevoli carenze nel rendimento e la non indifferente necessità di interventi manuali di pulizia con l'impegno costante del personale addetto alla conduzione dell'impianto. E' stata quindi installata, nell'esistente canale costruito nella prima fase di costruzione delle opere edili, una griglia a gradini con luce di passaggio di 3 millimetri e provvista di flussaggio automatico della parte inferiore sommersa effettuato con acqua in pressione prelevata dalla rete di distribuzione dell'acqua servizi. L'aspetto negativo dell'ottimale funzionamento della griglia è rappresentato dalla presenza nei liquami di sassi e scaglie di catrame che saltuariamente ne provocano il blocco. Il materiale grigliato viene scaricato dalle griglie in nastro trasportatore comune che lo scarica in big-bag in cui viene accumulato prima dello smaltimento effettuato secondo le disposizioni vigenti.

Le opere previste da realizzare sono essenzialmente costituite da:

- installazione, nel canale in cui scaricano le tubazioni di mandata delle pompe di alimentazione dell'impianto e realizzato in calcestruzzo armato rivestito in AISI, di un deflettore-convogliatore in lamiera d'AISI di opportuno spessore, completo di supporti e irrigidimenti tutti in AISI, per alimentare il flusso al successivo dissassatore;
- posizionamento di un dissassatore costituito da serbatoio verticale in AISI, aperto superiormente e con fondo a tramoggia conica, completo di deflettore per favorire la precipitazione dei corpi solidi da saldare al deflettore installato nel canale. Il dissassatore sarà completo di air-lift per l'estrazione del materiale sedimentato che sarà trasferito per mezzo di una tubazione ad separatore sabbia-acqua a coclea. Il materiale depositato sarà trasferito per mezzo della coclea ad un big-bag e quindi smaltito, mentre l'acqua tornerà alla stazione di pompaggio. Per il funzionamento dell'air-lift è prevista una soffiante dedicata. Su fondo del dissassatore è prevista una valvola per le necessarie operazioni di svuotamento e pulizia.
- rimozione e successiva rottamazione della griglia a tappeto esistente;
- rimozione e successiva rottamazione, previa asportazione delle parti recuperabili, del nastro trasportatore esistente;
- installazione della nuova griglia a gradini completa del sistema di flussaggio;
- montaggio di due coclee, una per griglia, complete di scivolo di alimentazione, per convogliare il materiale grigliato ai big-bag, per mezzo di condotte verticali, posizionati all'interno di cassonetti carrellati; tutti i materiali sono in AISI;
- fornitura e montaggio delle carpenterie, quali passerelle, corrimani, supporti ecc. necessarie all'accesso alle apparecchiature e alla supportazione di tutte le forniture;
- quadro e impianto elettrico a servizio delle nuove apparecchiature installate;

- fornitura e montaggio di un nuovo serbatoio per lo stoccaggi del cloruro ferrico, verticale con volume utile di 30 mc in PRFV rinforzato, completo di indicatore di livello a galleggiante, trasmettitore di livello a ultrasuoni, tubazioni e raccordi, impianto elettrico e bacino di contenimento in calcestruzzo armato con trattamento interno antiacido.

4.2 - Filtrazione finale acqua trattata

La sezione esistente di filtrazione finale dell'acqua trattata, inserita tra la sedimentazione secondaria e la disinfezione, è attualmente attrezzata con due filtri a dischi mentre nella precedente fase di progettazione, per garantire costantemente il raggiungimento dei limiti previsti dalla normativa per il parametro solidi sospesi, erano stati previsti tre filtri. Tutte le altre apparecchiature facenti parte la sezione sono già state installate, così come è già stata realizzata la parte civile relativa all'installazione del terzo filtro e sono già state previsti ed attrezzati con le opportune apparecchiature i cassetti del quadro elettrico compreso il sistema di controllo e supervisione.

Gli interventi da realizzare sono essenzialmente costituiti dall'installazione di un terzo filtro, uguale a quelli attualmente funzionanti, ai collegamenti idraulici ed elettrici e alla fornitura e montaggio degli accessori di completamento per rendere funzionante la nuova installazione.

4.3 - Postdenitrificazione

Con la recente messa in esercizio del primo stadio della sezione di trattamento biologico, costituito da due linee in parallelo di pre-denitrificazione e nitrificazione con ossigeno, l'impianto produce un effluente con il parametro azoto ammoniacale conforme con quanto previsto dalla normativa. Anche a causa della presenza negli scarichi affluenti all'impianto di una quota rilevante di reflui provenienti da attività produttive, al fine di rispettare i limiti previsti per l'azoto totale si rende necessario inserire nel processo una sezione di post-denitrificazione seguita da una fase di riaerazione.

Le opere previste da realizzare sono essenzialmente costituite da:

- realizzazione in entrambe le linee e nella parte terminale della nitrificazione, di due pareti in calcestruzzo per delimitare la sezione di post-denitrificazione con un setto centrale, sempre in calcestruzzo;
- modificare il sistema esistente di insufflazione dell'aria, inserendo un tratto nuovo di tubazioni per entrambi i collettori della miscela aerata e dell'aria nella zona in cui vengono ricavate la post-denitrificazione e la riaerazione, andando ad interessare la prima sezione, nella quale sono attualmente installati diffusori a bolle grosse che dovranno essere asportati, come la relativa rete di alimentazione dell'aria, e riposizionati nella riaerazione;
- modificare le tubazioni di aspirazione delle pompe di alimentazione dei mass-trasfer in modo da prelevare la miscela prima della post-denitrificazione;
- modificare la posizione delle pompe sommerse di riciclo della miscela aerata alla pre-denitrificazione, prelevando la miscela prima della post-denitrificazione, modificare anche le tubazioni di mandata e l'impianto elettrico;

- modificare la posizione attuale delle sonde per la rilevazione dell'ossigeno spostandole alla fine del secondo stadio di nitrificazione;
- fornire e posizionare due miscelatori sommersi all'interno di ognuna delle due nuove sezioni di post-denitrificazione;
- installare due nuove soffianti, una di riserva, per alimentare la rete di distribuzione dell'aria nella riaerazione;
- sostituire entrambe le soglie stramazzanti riducendo la zona di sfioro;
- risagomare il canale di alimentazione della quota di liquami da trattare provenienti direttamente dalla canale di sfioro della sedimentazione primaria;
- installare un serbatoio in AISI 304 avente capacità pari a 30 m³ per lo stoccaggio della soluzione necessaria allo svolgimento del processo di denitrificazione e le relative pompe di dosaggio;
- installare un trasmettitore di rilevamento della concentrazione di nitrati per il controllo del processo;
- fornire e adeguare le carpenterie, le tubazioni e i raccordi, in AISI, per rendere completamente funzionanti le sezioni.

4.4 – Ristrutturazione sezione trattamento fanghi

Nella attuale configurazione la sezione di trattamento dei fanghi prodotti dall'impianto è costituita da una fase di preispessimento, in cui vengono alimentati i fanghi primari e i fanghi si supero biologici, da una digestione seguita da postispessimento e disidratazione effettuata per mezzo di 2 nastropresse con tele filtranti da 2 metri. Gli interventi riguardano la sostituzione delle nastropresse con 2 centrifughe e tutte le apparecchiature connesse, la ristrutturazione delle stazioni di dissoluzione, stoccaggio e dosaggio della soluzione di polielettrolita, la modifica e ristrutturazione dei postispessitori, la realizzazione di una zona di stoccaggio per gli eventuali prodotti necessari a garantire il processo anaerobico e la ristrutturazione della sezione di deodorazione.

I lavori previsti da realizzare o ristrutturare sono essenzialmente costituiti da:

- smantellamento delle due nastropresse, delle pompa di alimentazione delle stesse, delle apparecchiature necessarie al lavaggio delle tele, delle coclee trasportatrici ed elevatrici con il recupero di tutti quei componenti riutilizzabili sia nella fase di ripristino della sezione che per servizi in altre sezioni dell'impianto;
- asportazione, ristrutturazione con sostituzione degli elementi per i quali se ne reputa la convenienza, e rimessa in posizione e di esercizio delle stazioni per la preparazione ed il dosaggio del polielettrolita;
- demolizione delle parti non più necessarie, ripristino delle parti ammalorate e adeguamento alle esigenze della nuove apparecchiature per quanto riguarda le parti edili esistenti della disidratazione;
- ripristino e rifacimento dove necessario dell'impianto elettrico/strumentale;
- montaggio delle 2 nuove centrifughe comprensive di tutte le apparecchiature a corredo per rendere la sezione funzionante quali le coclee di trasporto e sollevamento dei fanghi disidratati, le pompe di alimentazione del fango da disidratare, le tubazioni, i raccordi, il valvolame, gli strumenti e le carpenterie di completamento;

- fornitura e montaggio delle pareti mobili e i materiali e dispositivi necessari per isolare acusticamente le zone delle centrifughe dalle rimanenti apparecchiature;
- riposizionamento e rimessa in esercizio, con l'eventuale sostituzione dove necessario, delle apparecchiature e stazioni di preparazione e dosaggio del polielettrolita compreso il nuovo serbatoio di accumulo dell'acqua necessaria alla diluizione e delle relative pompe, tubazioni e organi di controllo e intercettazione;
- modifica dei raschiatori dei postispessitori con asportazione dei picchetti e installazione in ciascuna delle vasche di un miscelatore sommerso per omogeneizzare il fango da alimentare alle centrifughe, comprese le relative parti elettriche;
- modifica della sezione di deodorazione con lo smantellamento degli esistenti serbatoi di accumulo dei reagenti, la ristrutturazione del sistema dei bacini di contenimento con la realizzazione di un unico bacino in calcestruzzo con l'interno trattato antiacido, per il posizionamento di un nuovo serbatoio in PRFV di volume maggiore di quello attualmente installato, compreso di tutti gli accessori necessari e della parte impiantistica;
- realizzazione di due bacini di contenimento in calcestruzzo con trattamento interno antiacido e posizionamento all'interno degli stessi di 2 serbatoi verticali in PRFV da 30 m³ di volume per lo stoccaggio di eventuali prodotti necessari al mantenimento di un efficiente rendimento della sezione di digestione anaerobica, completi di pompe di dosaggio, tubazioni, raccordi, valvole, carpenterie varie, strumentazione e impianto elettrico necessari ad un corretto funzionamento.

4.5 – Disinfezione finale dell'acqua trattata

La disinfezione finale dell'acqua trattata prima dello scarico è attualmente effettuata mediante dosaggio di ipoclorito di sodio in una vasca attrezzata con due miscelatori sommersi. Prima dell'inizio del tratto finale della tubazione di alimentazione, sulla quale è installato il misuratore di portata, viene dosata la soluzione di ipoclorito di sodio in concentrazione commerciale con portata variabile proporzionalmente alla portata dell'acqua trattata. Dalla sezione passano sia le acque provenienti dal ciclo totale di depurazione che quelle scaricate dai troppo pieni e by-pass intermedi. Le acque che subiscono il ciclo di trattamento passano attualmente dalla sezione di filtrazione finale attrezzata con due filtri a dischi. E' prevista l'installazione di un terzo filtro.

E' prevista la realizzazione delle seguenti opere essenzialmente costituite da:

- realizzazione delle opere civili costituite dalle varie sezioni in calcestruzzo armato impermeabilizzate internamente per la dislocazione delle apparecchiature di disinfezione e l'installazione di un misuratore di portata in canale;
- installazione, all'interno delle opere civili, di due linee di disinfezione costituite ognuna da 10 moduli da 40 lampade UV per un totale di 400 lampade per linea. Il controllo del corretto funzionamento dei moduli è affidato a due PLC, uno per linea, che comandano anche il sistema di pulizia delle singole lampade effettuato con anelli raschianti asserviti ad un impianto di azionamento pneumatico; l'aria necessaria è fornita da un compressore silenziato dedicato esclusivamente a questo servizio;
- fornitura e posa di tutte le tubazioni, raccordi e organi di intercettazione necessari al corretto funzionamento della sezione compresi i necessari strumenti per il comando e controllo;

- installazione e fornitura di tutte le carpenterie necessarie per le operazioni di manutenzione e conduzione della sezione comprese le paratoie per l'intercettazione delle linee di trattamento;
- realizzazione dell'impianto elettro/strumentale a completamento di quanto già realizzato nella fase di allestimento della sezione di filtrazione finale;
- realizzazione di canale venturimetrico per la misura della portata completo di trasmettitore ad ultrasuoni.

4.6 – Modifica ed ampliamento del programma di supervisione

Attualmente, l'impianto è dotato di un sistema di supervisione che consente di operare sulle varie utenze dall'ufficio in cui è installato il relativo personal computer.

Tramite internet tale supervisione è utilizzabile anche a distanza.

Si rende necessario, a seguito delle modifiche ed aggiunte sull'impianto, effettuare la modifica e l'integrazione di tale sistema di supervisione.

5 - DETERMINAZIONE DEL PROFILO IDRAULICO

5.1 - Formule di calcolo

5.1.1 - Condotte in pressione

Per il calcolo delle condotte in pressione si é utilizzata la formula di Fanning:

$$\Delta h = \frac{fv^2L}{2gD}$$

con (formula di Colebrook, valida per $N_{Re} > 2000$):

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

dove (numero di Reynolds):

$$N_{Re} = \frac{\rho v D}{\mu}$$

e :

- Δh = perdita di carico (m c.l.)
- f = fattore di attrito (adimensionale)
- v = velocità (m/s)
- L = lunghezza tubazione (m)
- ρ = densità (kg/m³)
- g = accelerazione di gravità (m/s²)
- D = diametro tubazione (m)
- μ = viscosità (kg/m s)
- ε = rugosità tubazione (m)

Le perdite di carico localizzate sono state calcolate utilizzando l'espressione:

$$\Delta h = K \frac{v^2}{2g}$$

e si sono assunti i seguenti valori per il coefficiente K:

- K = 0,50 imbocco
- K = 1,00 sbocco
- K = 0,35 curve a 45°
- K = 0,65 curve a 90°
- K = 1,75 pezzo a T
- K = 0,24 valvola a farfalla (aperta)
- K = 0,17 valvola a saracinesca (aperta)
- K = 2,00 valvola di non ritorno

5.1.2 - Condotte a gravità

Per il calcolo delle condotte a gravità si é utilizzata la formula di Chézy:

$$Q = \chi \Omega \sqrt{Ri}$$

dove (formula di Kutter):

$$\chi = \frac{100}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}}$$

con :

- χ = coefficiente di attrito ($m^{0,5}/s$)
- Q = portata (m^3/s)
- Ω = area della sezione liquida (m^2)
- R = raggio idraulico (m)
- i = cadente piezometrica (m/m)
- m = coefficiente dipendente dal tipo di parete della condotta ($m^{0,5}$)



5.1.3 - Stramazzi rettangolari

Si é utilizzata la formula di Poleni:

$$Q = \frac{2}{3} \mu W h \sqrt{2gh}$$

dove :

- Q = portata (m^3/s)
- h = altezza della lama liquida sulla soglia (m)
- W = lunghezza dello stramazzo (m)
- g = accelerazione di gravità (m/s^2)
- μ = coefficiente pari a 0,6 (adimensionale)

5.1.4 - Stramazzi triangolari a 90°

Si é utilizzata la formula di Thomson:

$$Q = \frac{8}{15} \mu \sqrt{2g} h^{5/2} = 1,46 h^{5/2}$$

- Q = portata (m³/s)
 h = altezza della lama liquida sulla soglia (m)
 g = accelerazione di gravità (m/s²)
 μ = coefficiente pari a 0,62 (adimensionale)

5.1.5 - Luci a battente

Si é utilizzata la formula di Torricelli:

$$Q = \mu \Omega \sqrt{2gh}$$

dove :

- Q = portata (m³/s)
 h = altezza del liquido sulla mezzeria della luce (m)
 Ω = area della sezione (m²)
 g = accelerazione di gravità (m/s²)
 μ = coefficiente pari a 0,62 (adimensionale)

5.1.6 - Luci rigurgitate

Si é utilizzata la formula, analoga alla precedente:

$$Q = \mu \Omega \sqrt{2g\Delta h}$$

dove :

- Q = portata (m³/s)
 Δh = differenza dei livelli liquidi monte-valle della luce (m)
 Ω = area della sezione (m²)
 g = accelerazione di gravità (m/s²)
 μ = coefficiente pari a 0,62 (adimensionale)

5.1.7 - Risalti venturimetrici su canali

Il principio di funzionamento si basa sulla realizzazione di una sezione di controllo, ottenuta mediante una strozzatura attraverso la quale il deflusso avviene in condizioni di corrente veloce provocando il passaggio attraverso lo stato critico.

Per il calcolo della sezione di controllo si é utilizzata la formula seguente:

$$Q = \mu l h \sqrt{2gh}$$

dove:

$$\mu = \frac{2}{r^{3/2}} * \cos^{3/2} \frac{\pi + \arccos r}{3}$$

- μ = coefficiente di efflusso del misuratore (adimensionale)
 Q = portata (m³/s)
 L = larghezza del canale (m)
 l = larghezza della sezione ristretta (m)
 h = altezza dell'acqua nel canale (m)
 g = accelerazione di gravità (m/s²)
 r = l/L

5.2 - Sviluppo dei calcoli

I calcoli relativi al profilo idraulico sono sviluppati a vari valori di portata così come riportati sulle tabelle CALCOLI DI DETERMINAZIONE DEL PROFILO IDRAULICO che sono stati eseguiti elaborandone il modello matematico.