

COMUNE DI FANO ADRIANO
Provincia di Teramo

**PROGETTO PER L'ADEGUAMENTO DELL'IMPIANTO DI
DEPURAZIONE DELLE ACQUE REFLUE IN FRAZIONE CERQUETO**



PROGETTISTA:
Ing. Mauro Di Giandomenico

ELABORATO:

SERIE
PROGETTO DEF/ESECUTIVO

CALCOLO DEGLI IMPIANTI

TAVOLA N.
23

COMMITTENTE:
AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI FANO ADRIANO

DIMENSIONAMENTO IMPIANTO

Progetto def/esecutivo

1. PREMESSA

L'obiettivo primario che ci si è posti, nell'accingersi a tale progettazione, è stato quello di realizzare un efficace processo di trattamento, sia delle acque che dei fanghi, che prevedesse semplicità di funzionamento, ridotta manodopera, minimi costi di gestione. A tale scopo si è pensato, in primo luogo, di spostare l'impianto presso un sito che consentisse un agevole accesso ai mezzi deputati alle operazioni di manutenzione e di spurgo dei fanghi coniugando tale necessità con l'esigenza di cambiare il punto di scarico delle acque depurate dal suolo ad un corpo idrico superficiale.

Si è scelto, poi, di realizzare un impianto a letto percolatore, a basso carico di BOD, con una fase di sedimentazione primaria e secondaria attuata mediante vasche Imhoff in modo da provvedere anche alla stabilizzazione anaerobica dei fanghi. Sfruttando la giacitura del pendio, sul quale dovrà sorgere l'impianto, si è potuto ridurre al minimo indispensabile il fabbisogno energetico, che sarà garantito da un campo fotovoltaico con annesso accumulatore, limitando il ricorso alle apparecchiature elettromeccaniche, alla sola grigliatura ed al braccio rotante del letto percolatore. Il resto dell'impianto funzionerà a gravità.

Per quanto concerne le modalità di trattamento delle acque di prima pioggia ci si è attenuti a quanto indicato dalla L.R. 31/10 e dalla relazione generale del Quadro Programmatico del PTA che, sostanzialmente, ne impone l'accumulo, quando ricorrono le condizioni, in apposite vasche e, ad evento meteorico terminato, la graduale immissione nell'impianto di trattamento.

2. DATI DI PROGETTO

- Abitanti equivalenti: 220 (nel mese di agosto - periodo di massime presenze);
- Dotazione idrica procapite: 250 litri/ab · d;
- Tipo di fognatura: unitaria (acque bianche e nere);
- Limiti allo scarico scarico (Tabella C Agglomerati fino a 250 a.e.):

SST : \leq al 50% del valore a monte dell'impianto e/o \leq 200 mg/l

BOD₅ : \leq al 70% del valore a monte dell'impianto e/o \leq 250 mg/l

COD : \leq al 70% del valore a monte dell'impianto e/o \leq 500 mg/l

3. DIMENSIONAMENTO

3.1 Schema di processo

Per il conseguimento dei limiti allo scarico, si prevede di adottare uno schema di processo basato su letto percolatore a basso carico con riempimento in pietrisco e assenza di ricircolo.

La linea liquami è prevista articolata nel seguente modo:

- regolazione portate in corrispondenza delle vasche Imhoff esistenti;
- Q_{punta} all'impianto, il resto nelle vasche di 1^a pioggia;
- stoccaggio acque di 1^a pioggia ($4Q_{\text{media}} < Q_{1^{\text{a}} \text{ pioggia}} < Q_{\text{punta}}$);
- scarico al fosso della portata $> 4Q_{\text{media}}$;

all'ingresso del nuovo impianto:

- grigliatura meccanizzata;
- degrassatura-disoleatura;
- sedimentazione primaria mediante vasca Imhoff;
- reattore biologico a letti percolatori a basso C_v ;
- sedimentazione secondaria mediante vasca Imhoff;
- prelievo campioni;
- scarico in corpo idrico superficiale (fosso S. Reparata).

Il trattamento dei fanghi sarà effettuato mediante stabilizzazione anaerobica (camera di digestione delle Vasche Imhoff utilizzate come sedimentatori); il fango stabilizzato, estratto mediante autoespurgo, verrà avviato a smaltimento presso impianto di depurazione a ciò debitamente autorizzato.

Gli apparati elettromeccanici saranno limitati alla grigliatura, al meccanismo di distribuzione del liquame nel letto percolatore. Il funzionamento di tali apparati, per lo più intermittente, sarà garantito da idoneo accumulatore alimentato da campo fotovoltaico.

3.2 Linea Liquami

Calcolo delle portate

- Portata giornaliera, nell'ipotesi di un coefficiente di afflusso in fognatura $\phi = 0,8$:

$$Q_d = 0,25 \text{ (m}^3/\text{ab} \cdot \text{d)} \cdot 220 \text{ (ab)} \cdot 0,8 = 44 \text{ m}^3/\text{d}$$

- Portate orarie (media e di punta):

$$Q_{\text{media}} = Q_{24} = 44 \text{ (m}^3/\text{d)} / 24 \text{ (h/d)} = 1,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{punta}} = Q_{14} = 44 \text{ (m}^3/\text{d)} / 14 \text{ (h/d)} = 3,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calcolo delle concentrazioni medie e dei carichi

- Concentrazioni medie di BOD₅, nutrienti e SS:

Si assumono le seguenti produzioni procapite:

- BOD₅: 60 g BOD₅ / ab · d;
- Solidi Sospesi: 90 g SS / ab · d.

Risultano i seguenti carichi giornalieri e le seguenti concentrazioni medie:

- Carico giornaliero di BOD₅:
 $220 \text{ (ab)} \cdot 0,060 \text{ Kg BOD}_5 / \text{ab} \cdot \text{d} = 13,2 \text{ Kg BOD}_5 / \text{d}$
- Concentrazione media di BOD₅:
 $\text{BOD}_5 = 13.200 \text{ (g BOD}_5 / \text{d)} / 44 \text{ (m}^3/\text{d)} = 300 \text{ mg/l}$
- Carico giornaliero di SS:
 $220 \text{ (ab)} \cdot 0,090 \text{ Kg SS} / \text{ab} \cdot \text{d} = 19,8 \text{ Kg SS} / \text{d}$
- Concentrazione media di SS:
 $\text{SS} = 19.800 \text{ (g SS} / \text{d)} / 44 \text{ (m}^3/\text{d)} = 450 \text{ mg/l}$

Calcolo della sedimentazione primaria alla $Q_{\text{punta}} = 3,1 \text{ m}^3/\text{h}$

- **Calcolo decantazione:**

Fissiamo il Carico idraulico superficiale $C_{is} = Q/S = 1,2 \text{ m/h}$

Ne deriva una superficie complessiva di sedimentazione pari a:

$$S = 3,1 \text{ (m}^3/\text{h)} / 1,2 \text{ (m/h)} = 2,59 \text{ m}^2$$

Si fissa un'altezza utile d'acqua di 2,5 m. Risulta, conseguentemente, un volume di decantazione pari a:

$$V = 2,59 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} = 6,47 \text{ m}^3$$

Si verifica il seguente tempo di ritenzione T_r alla Q_p :

$$T_r = 6,47 \text{ (m}^3) / 3,1 \text{ (m}^3/\text{h)} = 2,08 \text{ h (>2h - verifica positiva)}$$

- **Scelta del numero e della tipologia di decantatori:**

Si suppone di adottare come decantatore una vasca imhoff rettangolare con vano di sedimentazione delle dimensioni di m. 1,70*2,70

Risulta:

$$S = 4,59 \text{ m}^2;$$

Volume del decantatore: $6,47 \text{ m}^3$

Altezza utile d'acqua: $V/S = 6,47 / 4,59 = 1,40$ minimo

Poiché le dimensioni sono tali da poter accedere al mercato delle strutture prefabbricate, si potrebbe scegliere una vasca di dimensioni maggiori e più prossime a quelle di calcolo teorico.

• **Verifica condizioni operative:**

alla punta:

- T_r alla Q_{punta} : $V / Q_{punta} = 9,20 \text{ (m}^3) / 4,30 \text{ (m}^3/\text{h}) = 2,14 \text{ h}$;
- CIS alla Q_{punta} : $Q_{punta} / S = 4,30 \text{ (m}^3/\text{h}) / 4,05 \text{ (m}^2) = 1,06 \text{ m/h}$.

alla media:

- T_r alla Q_{media} : $V / Q_{media} = 9,20 \text{ (m}^3) / 2,5 \text{ (m}^3/\text{h}) = 3,68 \text{ h}$;
- CIS alla Q_{media} : $Q_{media} / S = 2,5 \text{ (m}^3/\text{h}) / 4,05 \text{ (m}^2) = 0,61 \text{ m/h}$.

Calcolo della sedimentazione secondaria alla $Q_{punta} = 3,1 \text{ m}^3/\text{h}$

Come sedimentazione primaria.

NB: per fermare le particelle più piccole e leggere si dovrebbe diminuire la velocità di attraversamento in tal modo aumenta il coefficiente di sicurezza per i SST infatti il limite di tollerabilità:

$$\text{SST} : \leq \text{al } 50\% \text{ del valore a monte dell'impianto e/o } \leq 200 \text{ mg/l}$$

è garantito dal sedimentatore primario che abbatta i SST del 60% per cui allo scarico si avrà una concentrazione media di SS:

$$\text{SS} = 7.920 \text{ g SS/d} / 44 \text{ m}^3/\text{d} = 180 \text{ mg/l.}$$

Il che dimostra il rispetto del limite ma con un basso fattore di sicurezza.

Calcolo del volume V del letto percolatore

• **Carichi in ingresso al letto percolatore:**

Si prevede che, in sede di sedimentazione primaria, si realizzino i seguenti rendimenti di rimozione:

- η (BOD₅) = 25 %;
- η (SS) = 60 %.

Risulteranno i seguenti carichi giornalieri e le seguenti concentrazioni medie in ingresso al reattore biologico:

- Carico di BOD₅ in ingresso al trattamento biologico (**C₀**):
 $13,2 \text{ Kg BOD}_5/\text{d} \cdot 0,75 = 9,9 \text{ Kg BOD}_5/\text{d};$
- Concentrazione media di BOD₅:
 $\text{BOD}_5 = 9.900 \text{ g BOD}_5/\text{d} / 44 \text{ m}^3/\text{d} = 225 \text{ mg/l};$
- Carico di SS in ingresso al trattamento biologico:
 $19,8 \text{ Kg SS/d} \cdot 0,40 = 7,92 \text{ Kg SS/d}.$
- Concentrazione media di SS:
 $\text{SS} = 7.920 \text{ g SS/d} / 44 \text{ m}^3/\text{d} = 180 \text{ mg/l}.$

• **Calcolo del Volume V del corpo di riempimento del letto percolatore:**

Si sceglie di adottare un carico volumetrico di progetto $C_v = 0,1 \text{ Kg BOD}_5 / \text{m}^3 \cdot \text{d}$, al fine di realizzare un rendimento di depurazione biologica η (BOD₅) il più possibile prossimo al 90%.

Infatti, dalla formula di Schreiber (applicando a C_v il fattore correttivo $15/n$, con $n = 10$ nel caso di A.E. < 1.000 ed adottando per il coefficiente K il valore di 30 trattandosi di impianto da ubicarsi alle pendici montane ad una quota di 650 m.s.l.m.) si ottiene:

$$\eta (\%) = 93 - 25 C_v \cdot 15/n = 93 - 25 \cdot 0,1 \cdot 15/10 = 89,25\%$$

Per tale motivo, allo scarico, è attesa una concentrazione media di BOD₅ pari a:

$$\text{BOD}_5 = 225 \text{ mg/l} \cdot 10,75\% = \mathbf{24,19 \text{ mg/l}}.$$

Poiché la norma impone che allo scarico sia \leq al 70% del valore a monte dell'impianto ($300 \text{ mg/l} \times 0,70 = 210 \text{ mg/l}$) e/o $\leq 250 \text{ mg/l}$, si evince il rispetto del predetto limite con ampio margine di sicurezza (oltre 8 volte).

$$V (\text{m}^3) = \frac{C_o}{C_v} = (9,90 \text{ kg BOD}_5/\text{d}) / (0,1 \text{ kg BOD}_5/\text{m}^3 \cdot \text{d}) = 99 \text{ m}^3$$

Posta l'altezza del letto di riempimento: $h = 2,5 \text{ m}$. ne consegue:

- Superficie letto percolatore:

$$S = 99 \text{ m}^3 / 2,5 \text{ m} = 39,6 \text{ m}^2.$$

Realizzando un letto percolatore circolare, esso avrà le seguenti caratteristiche:

$$R = (S/3,14)^{0,5} = (39,6 / 3,14)^{0,5} = 3,55 \text{ m (arrotondato a 3,60 m)}$$

- **Caratteristiche del mezzo di riempimento:**

- Materiale di riempimento: pietrisco di cava;
- Caratteristiche del materiale di riempimento:
- pezzatura: $6 \div 8$ cm;
- superficie specifica: $\approx 80 \text{ m}^2/\text{m}^3$;
- altezza del letto di riempimento: $H = 2,5$ m.

- **Calcolo della produzione di fango di supero biologico**

Le tipiche produzioni di fango di supero (pellicole di spoglio) sono stimate in $13 \div 20$ g SS/ab · d (dati empirici) in dipendenza dal C_v .

Si adotta, prudenzialmente, il valore di 20 g SS/ab · d.

Per tale motivo, la produzione di fango di supero sarà:

$$20 \text{ g SS ab} \cdot d \cdot 220 \text{ ab} = \underline{4,4 \text{ kg SS}_d}$$

Poiché tali fanghi sono caratterizzati da un contenuto di SS pari al 2% (98% acqua) ne deriva una quantità di 20 Kg SS/ m^3 ;

La portata di fango di supero sarà:

$$4,4 \text{ Kg SS/d} / 20 \text{ Kg SS/ m}^3 = 0,22 \text{ m}^3/\text{d}.$$

- **Aerazione**

Per assicurare alla pellicola biologica la necessaria aerobicità dell'ambiente, è importante che vi sia una buona circolazione d'aria, la quale si ottiene sfruttando le correnti naturali che si instaurano a causa del gradiente di temperatura tra l'ambiente esterno ed il liquame stesso all'interno del percolatore.

Per favorire tale ventilazione, il percolatore è dotato di fori disposti alla base della parete in corrispondenza delle canalette di drenaggio.

Tali correnti saranno ascendenti in inverno, quando la temperatura del liquame è maggiore di quella dell'aria esterna e, inversamente, saranno discendenti in estate.

3.3 Linea fanghi

Calcolo della produzione di fango

La produzione complessiva di fango è data dalla somma del fango di supero biologico e del fango primario.

• Calcolo della produzione di fango primario

Il calcolo della produzione di fango primario viene effettuato sulla base di:

- produzione pro capite di Solidi Sospesi Sedimentabili: 60 g SSS/ab · d
- rendimento di abbattimento dei SS, assunto prudenzialmente, pari al 90 %.

Si ha, pertanto:

$$\text{Fango primario} = 0,060 \text{ Kg SS/ab} \cdot d \cdot 220 \text{ ab} \cdot 0,9 = 11,88 \text{ Kg SS/d}$$

Poiché i fanghi primari sono caratterizzati da una concentrazione di SS pari al 4% mentre il restante 96% è acqua, ne deriva che un mc. di fango primario è composto da 40 Kg SS e 960 kg. di acqua.

La portata di fango primario è, pertanto, stimabile come segue:

$$\text{Portata di fango primario} = 11,88 \text{ Kg SS/d} / 40 \text{ Kg SS/ m}^3 = 0,3 \text{ m}^3/\text{d}.$$

• Dimensionamento vano digestione anaerobica per la stabilizzazione dei fanghi primari

Avendo adottato come sedimentatore primario una Vasca Imhoff della superficie di 4,05 m² prevediamo di stabilizzare i fanghi mediante digestione anaerobica, nella camera inferiore della vasca stessa, avremo:

$$\text{portata di fango primario} = 0,3 \text{ m}^3/\text{d}$$

il dimensionamento viene effettuato sulla base di un tempo di ritenzione $T_r > 20$ d.

Volume complessivo di digestione:

$$20 \text{ d} \cdot 0,3 \text{ m}^3/\text{d} = 6 \text{ m}^3$$

Essendo la superficie utile di 4,05 m² l'altezza necessaria della camera di digestione sarà:
 $H = V/S = 6 / 4,05 = 1,30$ m. Dovendosi prevedere lateralmente un volume per la fuoriuscita dei gas l'area della camera di digestione si riduce sensibilmente e quindi l'altezza sarà aumentata fino a mt. 2,30

• Dimensionamento vano digestione anaerobica per la stabilizzazione dei fanghi secondari

Il calcolo della produzione di fango di supero biologico ha evidenziato una portata pari a:

$$0,22 \text{ m}^3/\text{d}.$$

Avendo adottato come sedimentatore secondario una Vasca Imhoff della superficie di 4,05 m² prevediamo di stabilizzare i fanghi mediante digestione anaerobica, nella camera inferiore della vasca stessa, dove si prevede un tempo di ritenzione $T_r > 20$ d.

Volume complessivo di digestione:

$$20 \text{ d} \cdot 0,22 \text{ m}^3/\text{d} = 4,4 \text{ m}^3$$

Da cui ne discende un'altezza, pari a:

$$H = V/S = 4,4 / 4,59 = 1,00 \text{ m. circa minimo (si assume H 1.30 m)}$$

Trattamento acque di prima pioggia

Per quanto concerne le modalità di trattamento delle acque di prima pioggia ci si è attenuti a quanto indicato dalla L.R. 31/10 e dalla relazione generale del Quadro Programmatico del PTA che, sostanzialmente, ne impone l'accumulo, se ne ricorrono le condizioni in apposite vasche e, ad evento meteorico terminato, la graduale immissione nell'impianto di trattamento. Nonostante nell'agglomerato di Cerqueto non siano presenti attività elencate agli art. 14 comma 2 e art. 17 commi 1 e 2 della L. R. 31/10, il nuovo impianto viene dotato anche di una vasca di accumulo per la prima pioggia.

Tale metodo presuppone la determinazione dei volumi di acqua meteorica effettivamente interessati dal fenomeno del "first flush", fortemente dipendente dalle caratteristiche dell'area drenata (bacino scolante) dalla rete fognante dell'agglomerato:

- a) caratteristiche idrologiche (durata ed intensità dell'evento meteorico);
- b) caratteristiche morfologiche (pendenza, rapporto tra aree pavimentate e non);
- c) superficie effettivamente drenata dalla rete fognante, diametro e pendenza dei collettori, presenza di scolmatori;
- d) tempo di corrvazione sia sul terreno che nel sistema delle condotte, fino alla vasca di accumulo delle acque di prima pioggia;
- e) coefficienti di afflusso alla rete fognante, usualmente pari a :
 - 1 per superfici pavimentate;
 - 0,3 per superfici permeabili;
 - 0 per le superfici coltivate.

La relazione generale del Quadro Programmatico del PTA della Regione Abruzzo arriva a definire acque di prima pioggia come i primi 40 mc/Ha, in un tempo di 15 min., per eventi meteorici distanziati tra loro di almeno 7 giorni.

Considerando i suddetti parametri e tenendo conto della prassi progettuale consolidata, per il corretto dimensionamento della vasca di accumulo, è stata condotta una accurata analisi del bacino scolante costituito dall'agglomerato di Cerqueto, la cui consistenza è risultata di mq. 80.000,00 (di cui mq. 7.000,00 pavimentati e interessati dalle acque di prima pioggia) .

–Dei 7.000 mq. pavimentati solo 2.000 mq. sono effettivamente drenati dalla rete fognante in quanto, le acque meteoriche, sono prevalentemente disperse tramite una condotta separata e per scorrimento superficiale nei fossati e lungo la Strada Provinciale che attraversa l'abitato tramite i relativi tombini.

Tale circostanza ha determinato che, durante tutto il periodo in cui si è realizzata la rete fognante, fino alla attuale consistenza, le relative condotte non fossero state dimensionate in modo idoneo a raccogliere e convogliare verso l'impianto tutta l'acqua piovana.

Il volume della vasca di accumulo delle acque di 1^a pioggia dovrà essere dunque:

$$40 \text{ m}^3/\text{ha} \times 0,20 \text{ ha} = 8,00 \text{ m}^3$$

Adottando una vasca di 2,00 ml. di altezza, la stessa avrà una superficie di almeno 4,00 mq.

Si adotta pertanto una vasca quadrata di 2,00*2,00 mt ed un'altezza bagnata di ml. 2,00.

Come prescritto dalla Direzione Lavori Pubblici Ciclo integrato Servizio qualità delle acque della regione Abruzzo con Determina Dirigenziale DC 27/33 del 07.11.2013 di approvazione del progetto, l'impianto sarà dotato di un sistema di trattamento finale con acido peracetico con dosaggio di 1-2 mg/l all'interno di un pozzetto tale da garantire la permanenza dei fluidi per un tempo di almeno 15/20 minuti.

Considerato la portata media di progetto di 1.80 mc/h, occorrono circa $1.5 \times 1.80 \times 1000 \times 24 = \text{mg.}64800/\text{giorno} = 64800/1000/1000 = 0.0648 \text{ kg/giorno} = 0.0648 \times 31 = 2,00 \text{ kg/mese} = 2 \times 12 = 24 \text{ kg/anno}$.

Si prevede quindi l'utilizzo di un contenitore di 30 - 50 kg. in grado di tenere la soluzione di acido per più di un anno di funzionamento.

Alcune controindicazioni sull'utilizzo:

Si rileva come l'uso dell'acido peracetico pone alcune problematiche di gestione, manipolazione, stoccaggio e compatibilità con i materiali a causa della sua instabilità e acidità:

Infatti

- l'acido peracetico nel tempo tende a decomporsi con formazione di notevoli quantità di ossigeno, causando rischi di sicurezza per gli operatori. La decomposizione del PAA è catalizzata dalla presenza di metalli ed è favorita nelle miscele a più alta concentrazione;
- la caratteristica fortemente acida del PAA può causare problemi di corrosione dei metalli e di irritazione per gli occhi e, a questo, si aggiunge l'odore sgradevole.

Pertanto, considerato quanto detto e i problemi legati alla sicurezza degli operatori, tale trattamento di disinfezione, con le dovute cautele, sarà utilizzato da operatori debitamente informati.