



COMUNE DI PADERNO DUGNANO (MI)

ATO Città Metropolitana Milano

PROGETTO ESECUTIVO

PARCO DELL'ACQUA

RELAZIONE TECNICA

IMPIANTO FITODEPURAZIONE

R.U.P

Ing. Davide Chiuch - CAP Holding S.p.A.

PROGETTISTA

Ing. Marco Callerio - CAP Holding S.p.A.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE OPERE SPECIALISTICHE

Ing. Marco Cottino – J+S S.p.A.



PROGETTISTA IMPIANTO FITODEPURAZIONE

Dott. Agr. Francesca Oggionni – progetto verde



Sommario

PREMESSA	3
INQUADRAMENTO LEGISLATIVO	3
Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA)	5
Regolamento Regionale n°6 del 29 marzo 2019	5
ALLEGATO E	7
D.g.r. 23 dicembre 2019 - n. XI/2723.....	9
DETTAGLI PROGETTUALI.....	9
CARATTERISTICHE DELLE ACQUE REFLUE E DI SCOLMO	10
DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	12
CALCOLO DEI VOLUMI E DEL TEMPO DI RITENZIONE IDRAULICA (HRT).....	14

PREMESSA

L'area fitodepurante costituisce il sistema naturale di depurazione delle acque di sfioro della fognatura, ubicata in comune di Paderno Dugnano a servizio della frazione di Calderara. Lo sfioratore è dimensionato sulla portata in arrivo per tempo di ritorno 10 e 50 anni, per convogliare al depuratore una portata di 180 l/s. Dallo sfioratore le acque eccedenti di prima pioggia vengono convogliate, tramite sollevamento e previo trattamento primario (grigliatura e sedimentazione), ad un impianto di fitodepurazione che le tratta per ulteriori 210 l/sec.

Portate superiori sono inviate a un ampio bacino di ritenzione in cui confluiscono anche le acque che fuoriescono dalla fitodepurazione. L'impianto di fitodepurazione, pertanto, è dimensionato per trattare in continuo la portata in arrivo dallo sfioratore di 210 l/s oltre la portata di 180 l/sec che viene mandata a depurazione tradizionale.

La scelta di sistemi di trattamento naturali per le acque di sfioro si basa su consolidate esperienze a livello internazionale: sono numerose, infatti, le applicazioni di sistemi naturali per il trattamento degli scolmatori fognari (CSO, "combined sewer overflow"), passando da approcci come quelli statunitensi e australiani di tipo estensivo, che hanno sempre privilegiato gli aspetti della qualità delle acque, specialmente in termini di disinfezione, e quello della fruizione, alle esperienze nord-europee, in particolare nel Regno Unito ed in Germania, estremamente interessanti sia per la qualità finale degli effluenti, che per gli effetti di laminazione ottenuti con un'occupazione di superficie nettamente ridotta.

Il sistema di fitodepurazione si compone di un sistema a flusso sommerso verticale adattato per il trattamento delle acque di sfioro da CSO, soluzione già adottata in diversi progetti realizzati in Lombardia negli ultimi anni con finanziamenti regionali.

In sintesi, l'applicazione di sistemi di trattamento naturali consente:

- buone rese depurative
- impatto ambientale basso;
- inserimento paesaggistico ottimale;
- costi di gestione ridotti rispetto ad un sistema convenzionale.

L'intervento permette di alleviare la rete fognaria di acque di sfioro, di trattarle nelle vasche fitodepuranti e di reimmetterle nel circolo nelle vasche di ritenzione, che, anch'esse adeguatamente equipaggiate sono in grado di svolgere un ulteriore effetto di riduzione del carico inquinante residuo.

L'intervento previsto, prevede a monte una sgrigliatura e un desabbiatore che riduce in modo considerevole i possibili intasamenti nella fitodepurazione e successivamente il passaggio del refluo grazie al trattamento nel sistema di fitodepurazione di progetto.

INQUADRAMENTO LEGISLATIVO

La corretta gestione e la tutela dall'inquinamento della risorsa idrica sono garantite dalla legge n° 36 (Legge Galli) del 5 gennaio 1994 e dal Decreto Legislativo del 11.05.99 n. 152 (inserito senza variazioni sostanziali all'interno della **Parte Terza, Sezione 2, del Nuovo Codice dell'Ambiente, il Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152, recante "Norme in materia ambientale"**, anche conosciuto

come "Codice ambientale", **pubblicato nella G.U. n. 88 del 14/04/2006 - S.O. n. 96**) che detta disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepisce la Direttiva n. 91/271/CEE, concernente il trattamento delle acque reflue urbane, e la Direttiva n. 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

Il D.Lgs. n. 152 oltre a recepire le direttive comunitarie, aggiorna il quadro normativo sulla tutela delle acque abrogando diverse leggi precedenti tra cui la legge 319/76, Legge Merli, che ha disciplinato questo settore per oltre 20 anni, affidando alle Regioni il compito di programmare le opere per la depurazione attraverso il Piano Regionale di Risanamento delle Acque (PRRA).

Lo strumento pianificatorio introdotto dal D.Lgs. n. 152 è il "Piano di Tutela", che si distingue dal PRRA perché non ha il compito di individuare le opere necessarie alla depurazione, compito che con la Legge 36/94 è di competenza di Autorità d'Ambito ed Enti gestori. Il Piano di Tutela, di competenza delle Regioni, che devono redigerlo di concerto con l'Autorità di Bacino, ha il compito di definire i seguenti aspetti:

- gli obiettivi di qualità per ciascun corpo idrico, in base ai criteri e ai parametri di cui all'allegato 1 (Monitoraggio e classificazione delle acque in funzione degli obiettivi di qualità ambientale);
- i carichi accettabili da ciascun corpo idrico, sulla base della sua capacità di diluizione e autodepurazione, perché sia garantito il raggiungimento dell'obiettivo di qualità;
- le concentrazioni ammissibili degli scarichi che insistono su un determinato corpo idrico, perché non sia superato il carico massimo accettabile;
- le eventuali strategie di interventi per ridurre l'impatto delle fonti inquinanti diffuse e aumentare la capacità autodepurativa dei corpi idrici e del territorio (rinaturalizzazione, fasce tampone o filtro (buffer zones), casse di espansione, stagni di depurazione naturale, gestione delle acque di prima pioggia, ecc.).

L'obiettivo principale del piano di tutela delle acque sarà quello di garantire il raggiungimento di obiettivi di qualità dei corpi idrici, attivando strategie differenti in ragione delle diverse caratteristiche ecologiche e degli eventuali usi.

Inoltre la Direttiva 91/271 CEE (e il D.L. n. 152 che la recepisce) stabilisce che tutti gli agglomerati urbani devono essere dotati di rete fognaria e sistema di depurazione; individua diversi trattamenti depurativi (primari, appropriati, secondari e spinti) cui dovranno essere sottoposte le acque reflue, a seconda delle dimensioni dell'agglomerato che produce lo scarico e del grado di sensibilità delle aree soggette allo scarico.

Tutti gli scarichi provenienti da agglomerati di dimensioni superiori a 2000 abitanti che scaricano in acque superficiali interne "non sensibili all'eutrofizzazione" devono essere sottoposti ad un trattamento "secondario" (non è sufficiente la sola sedimentazione primaria ma è necessario un processo di ossidazione della sostanza organica contenuta nei reflui). Fino all'approvazione del piano di tutela da parte delle Regioni, gli scarichi di questi agglomerati devono rispettare i seguenti limiti allo scarico:

Potenzialità impianto in A.E.	2.000 – 10.000	
Parametri (1)	Concentrazione	% di riduzione
BOD5 mg/l	25	70-90
COD mg/l	125	75
Solidi Sospesi mg/l	35	90

Tabella – Limiti di emissioni per acque reflue urbane

(Allegato 5 del Testo Unico sulle Acque, D.L. del 11.05.99 n.152)

Per quanto riguarda le scelte strategiche e il dimensionamento delle opere si è fatto riferimento alle

“Direttive in ordine alla programmazione e progettazione dei sistemi di fognatura” del Programma Di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia e al Regolamento Regionale n°6 del 29 marzo 2019, oltre alla DGR del 23 dicembre 2019 - n. XI/2723.

Di seguito si riportano brevi stralci dei riferimenti legislativi citati:

Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA)

*Limitazione delle portate meteoriche recapitate nei ricettori tramite vasche volano (PTUA)
(.....)*

La critica situazione idraulica di molti corsi d'acqua, inadeguati a ricevere le portate meteoriche urbane e extraurbane, porta ad adottare scelte atte a ridurre le portate meteoriche drenate sia – ove possibile – dalle esistenti aree scolanti, sia – comunque – dalle aree di futura urbanizzazione. In particolare, occorre prevedere l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate meteoriche scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica dei ricettori e comunque entro i seguenti limiti:

- 20 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile relativamente alle aree di ampliamento e di espansione residenziali o riguardanti attività commerciali o di produzione di beni;*
- 40 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile relativamente alle aree già dotate di reti fognarie.*

Tali limiti sono da adottare per tutte le aree fognate non ricadenti nelle sottoelencate zone del territorio regionale, sia per le reti unitarie sia per quelle destinate esclusivamente alla raccolta delle acque meteoriche:

- aree situate a nord dell'allineamento pedemontano individuato dai tracciati della strada provinciale Sesto calende – Varese, della strada statale n.342 tra Varese e Como, della strada statale n.369 tra Como, Lecco e Caprino Bergamasco, della strada statale n.342 tra Caprino Bergamasco e Bergamo, dell'autostrada A4 tra Bergamo, Brescia e Peschiera del Garda;*
- aree direttamente gravitanti sui laghi o sui fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Mella, Chiese e Mincio;*
- aree situate nel settore collinare dell'Oltrepò pavese.*

Regolamento Regionale n°6 del 29 marzo 2019

Acque meteoriche da avviare alla depurazione e vasche di accumulo delle acque di pioggia (Regolamento scarichi)

Nel caso di scaricatori di piena inseriti in sistemi di fognatura unitari attraverso i quali, in tempo di pioggia, avvenga lo sfioro delle portate eccedenti in corpi ricettori esterni alla rete quali corsi d'acqua, laghi o sottosuolo, il Regolamento Regionale n°6 29 marzo 2019 in generale prescrive che: (.....)

Art. 10

(Disposizioni generali)

1. In presenza di fognature di tipo unitario, le acque meteoriche di dilavamento, fatto salvo quanto previsto dal regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4 (Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26) per le specifiche casistiche ivi disciplinate, devono essere prioritariamente smaltite in recapiti diversi dalla pubblica fognatura. Gli scarichi delle acque meteoriche di dilavamento provenienti da aree assoggettate all'applicazione del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005,

n. 12 (Legge per il governo del territorio)), devono rispettare gli obblighi previsti dallo stesso r.r. 7/2017.

2. Il programma di riassetto delle fognature e degli sfioratori, di cui all'articolo 14, individua l'entità e la localizzazione delle aree disponibili al servizio idrico integrato per gli interventi volti a contenere le portate defluenti nel sistema fognario, nonché le altre eventuali misure volte a contribuire al raggiungimento del rispetto del valore limite allo scarico di 40 L/(s ha impermeabile) previsto all'articolo 51 delle Norme Tecniche di Attuazione, di seguito NTA, del PTUA. Le misure strutturali di cui al precedente periodo sono comprese tra quelle che devono essere inserite nel piano dei servizi ai sensi dell'articolo 14, comma 5, lettera b) del r.r. 7/2017.

3. Al fine di migliorare l'efficienza complessiva dei sistemi di fognatura, collettamento e depurazione e per garantire un funzionamento adeguato della rete, l'aliquota delle acque parassite defluenti in fognatura deve essere contenuta nella maggiore misura possibile. A tale scopo, il gestore valuta l'aliquota di acque parassite presenti in rete adottando un'opportuna metodologia, si prefigge come primo obiettivo di contenerla entro un valore di portata pari al 30 per cento della portata nera media annua e persegue tale obiettivo realizzando i necessari interventi. La verifica dell'aliquota di acque parassite deve essere effettuata almeno in corrispondenza delle sezioni poste immediatamente a monte dei principali manufatti sfioratori nonché all'ingresso dell'impianto di depurazione delle acque reflue. Con deliberazione della Giunta regionale, possono essere definiti indirizzi per garantire uniformi modalità di attuazione delle disposizioni di cui al presente comma.

(.....)

Art. 12

(Sfioratori di piena delle reti fognarie)

1. In relazione alla portata di soglia, gli sfioratori sono classificati come segue:

A. sfioratori di alleggerimento idraulico: sfioratori il cui valore della portata di soglia è maggiore o uguale al doppio della portata da avviare all'impianto di trattamento delle acque reflue, determinata in base ai criteri descritti nell'allegato E;

B. sfioratori volti alla limitazione delle portate meteoriche da addurre alla depurazione: sfioratori il cui valore della portata di soglia è minore del doppio della portata da avviare all'impianto di trattamento delle acque reflue, determinata in base ai criteri descritti nell'allegato E.

2. Gli sfioratori che sottendono un bacino proprio avente una popolazione servita maggiore di 10.000 AE sono considerati, ai fini dell'applicazione del presente regolamento, come quelli di cui alla lettera b) del comma 1.

3. Il gestore, per garantire la buona funzionalità della rete, modifica gli sfioratori esistenti in modo da adeguarli, in relazione alle loro caratteristiche idrauliche e all'ubicazione, ai valori di soglia indicati alle lettere a) o b) del comma 1.

Art. 13

(Gestione delle acque di sfioro delle reti fognarie)

1. Per agglomerati di dimensione inferiore a 2000 AE, fatto salvo quanto previsto al comma 5, nel caso di reti fognarie di tipo unitario non c'è obbligo di realizzazione di vasche di accumulo o sistemi di trattamento delle acque scaricate dagli sfioratori. In sede di autorizzazione dei relativi scarichi, qualora necessario per la tutela del recettore, la provincia competente o la Città metropolitana di Milano prescrive, ove necessario, la realizzazione di sistemi di accumulo o anche di trattamento in loco dell'effluente di sfioro in funzione dell'impatto dello scarico.

In caso di sfioratori di cui all'articolo 12, comma 1, lettera a), le acque sfiorate sono avviate direttamente ai recapiti naturali, senza necessità di vasca di accumulo o di sistema di trattamento delle acque di sfioro. Resta comunque salvo l'obbligo di rispettare le portate limite previste all'articolo 51 delle NTA del PTUA.

2. In caso di sfioratori di cui all'articolo 12, comma 1, lettera b), le modalità di raccolta e gli eventuali trattamenti ai quali sottoporre le acque sfiorate sono disciplinati nella sezione 3 dell'allegato E. Con deliberazione della Giunta regionale sono adottate linee guida per la progettazione e realizzazione dei sistemi di trattamento delle acque reflue provenienti da sfioratori di reti fognarie.

3. I criteri per il dimensionamento delle vasche di accumulo delle acque sfiorate sono riportati nella sezione 4 dell'allegato E.

4. In testa agli impianti di depurazione deve essere sempre presente una vasca di accumulo finalizzata, oltre all'accumulo delle acque provenienti dallo sfioratore di testa impianto e all'accumulo necessario a soddisfare i requisiti previsti dal comma 9 dell'articolo 11, al miglioramento dell'elasticità gestionale dell'impianto e all'accumulo temporaneo per emergenze o per manutenzione, ad eccezione del caso di sistemi di trattamento costituiti da vasche Imhoff. Nella Sezione 4.1 dell'allegato E sono riportati indirizzi per la realizzazione delle vasche di cui al presente comma.

ALLEGATO E

SEZIONE 1.1 – Criteri realizzativi per sfioratori e reti fognarie unitarie

In caso di fognature unitarie la portata da avviare a depurazione è stabilita pari al massimo tra:

a. Il valore corrispondente ad un apporto di 750 litri per abitante equivalente al giorno, considerati uniformemente distribuiti nelle 24 ore, determinando in termini idraulici, ossia per rapporto tra il consumo giornaliero medio industriale accertato e la dotazione idrica della popolazione residente, assunta pari a 200 l/ab giorno, gli a.e. degli scarichi di acque reflue industriali non caratterizzabili in base all'apporto di sostanze biodegradabili. Il valore di 750 è elevato a 1000 l/ab giorno per gli sfioratori le cui acque eccedenti siano recapitate in laghi ovvero su suolo o nello starti superficiali del sottosuolo.

b. Il valore ottenuto assumendo un rapporto di diluizione paria a 2 rispetto alla portata nera, calcolata come media giornaliera del giorno di massimo consumo per gli apporti civili e come media su 12 ore per quelli industriali, salvo presenza di significativi complessi che lavorino su più turni giornalieri; il rapporto di diluizione è incrementato a 2,5 nel caso gli apporti industriali in termini di abitanti equivalenti, calcolati con il criterio di cui alla lettera a), superino il 50% del totale.

La portata di soglia degli sfioratori di piena delle reti fognarie, definita in conformità a quanto previsto dall'Art.12, comma 1 del presente regolamento, deve comunque essere sempre maggiore o uguale a 20 l/sec, al fine di ridurre il rischio di occlusione. I gestori dismettano o adeguano gli sfioratori che hanno una portata di soglia minore di 20 l/sec. (....)

SEZIONE 3 – Gestione delle acque di sfioro delle reti fognarie

Come indicato nel comma 1 dell'art. 13, le acque sfiorate dagli sfioratori di alleggerimento idraulico, descritti nell'art. 12 c. 1 lett. a), il cui valore di portata soglia è superiore a 1.500 L/AE giorno (o a 2.000 L/AE giorno se le acque eccedenti sono recapitate in laghi ovvero sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo), sono inviate direttamente ai recapiti naturali senza necessità di accumulo o trattamento. Relativamente alle previsioni regolamentari del comma 3 dell'art. 13, le acque sfiorate dagli sfioratori di piena cui all'art. 12 comma 1 lettera b), possono essere avviate direttamente al recettore solo qualora si verifichino contemporaneamente due specifiche condizioni:

- il bacino proprio servito dallo sfioratore deve avere una popolazione servita minore di 10.000 AE;
- la portata da avviare all'impianto di trattamento delle acque reflue, determinata con riferimento al solo bacino proprio, deve essere minore della metà della portata da avviare all'impianto di trattamento delle acque reflue, determinata con riferimento al bacino totale sotteso dallo sfioratore.

In tutti gli altri casi non rientranti in quanto precedentemente descritto le acque sfiorate sono immesse:

- in vasche di accumulo delle acque di pioggia a perfetta tenuta per evitare infiltrazioni negli strati superficiali del sottosuolo, dimensionate come indicato nella successiva Sezione 4 oppure*
- in presidi/sistemi di trattamento da progettare secondo le “Linee guida per la progettazione e realizzazione dei sistemi di trattamento delle acque reflue provenienti da sfioratori di reti fognarie”. Tale soluzione non è ammessa nel caso di presenza di carico industriale, espresso in AE, in percentuale superiore al 20%.*

In ogni caso inoltre, le acque di sfioro provenienti dagli sfioratori di testa impianto sono sottoposte a un trattamento di rimozione dei solidi grossolani.

È opportuno ricordare che le reti, i manufatti di sfioro nonché i sistemi e gli impianti di trattamento devono essere realizzati in modo da evitare l'attivazione degli sfioratori per cause diverse dall'accadimento di eventi piovosi o, in particolari aree del territorio montano, di intensi fenomeni di disgelo.

SEZIONE 4 – Vasche di accumulo delle acque sfiorate

Il dimensionamento delle vasche di accumulo delle acque di sfioro delle reti fognarie unitarie dovrà essere basato sulla superficie scolante impermeabile del bacino proprio dello sfioratore. Nella definizione del volume utile della vasca si dovrà tener conto, tra l'altro, dei tempi di corrivazione del bacino proprio, della vulnerabilità del recettore e delle caratteristiche qualitative delle acque sfiorate. Qualora ai fini della programmazione degli interventi non siano effettuate valutazioni specifiche sulle caratteristiche quali-quantitative

delle acque sfiorate e sui carichi inquinanti intercettati, per il calcolo del volume utile dovrà essere considerato il valore di riferimento di 50 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile. In alternativa, in presenza delle suddette valutazioni specifiche, il volume utile potrà essere definito tenendo conto dell'obiettivo di intercettare almeno il 50 % del carico annuo sfiorato (in termini di COD e solidi sospesi totali), e non potrà essere in ogni caso inferiore a quello calcolato applicando il valore di 25 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile. Nel calcolo del volume delle vasche si potrà tenere conto, a seguito delle opportune valutazioni, della capacità di invaso delle reti fognarie.

Il sistema di alimentazione delle vasche di accumulo del tipo fuori linea (o di cattura) è realizzato in modo da escludere le stesse a riempimento avvenuto.

Lo svuotamento delle vasche avviene con modalità a scelta del gestore. Esso inizia al termine dell'evento meteorico, che si può assumere coincidente con l'esaurimento della portata meteorica nella condotta di alimentazione, e deve concludersi entro 48 ore termine dell'evento medesimo. Le acque dovranno essere inviate all'impianto di trattamento, in modo da mantenere nelle condotte portate inferiori a quelle delle acque nere diluite da addurre direttamente all'impianto di trattamento delle acque reflue urbane, calcolate come descritto nella sezione 1.1 “Criteri realizzativi per le reti fognarie unitarie” e comunque tali da assicurare il corretto funzionamento dell'impianto stesso.

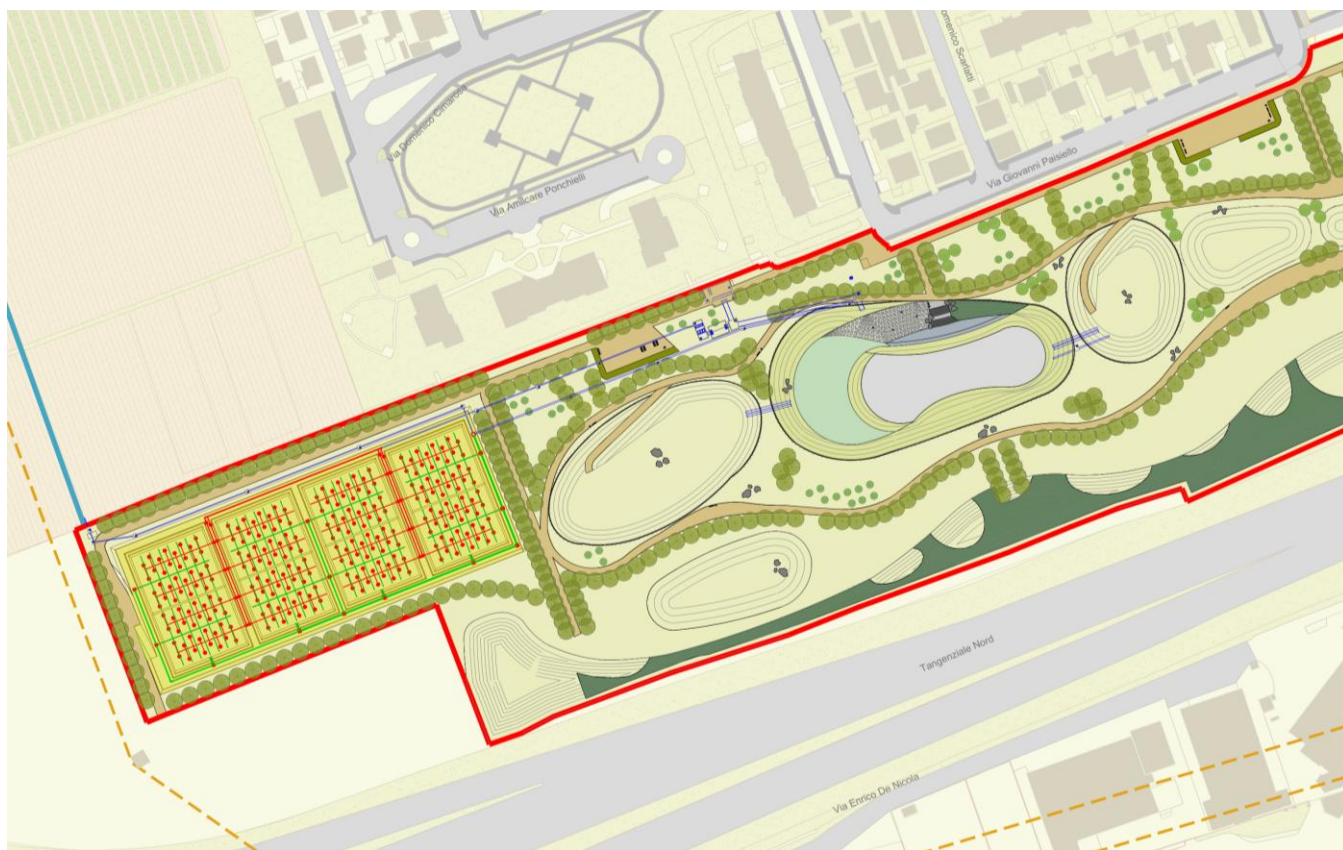
Per agglomerati di dimensioni inferiori a 2.000 AE, dati i valori modesti di acque da sottoporre a trattamento di depurazione, al fine di evitare che lo scaricatore di piena in testa all'impianto si attivi in tempo asciutto, la separazione delle acque da sottoporre a trattamento deve avvenire mediante sollevamento meccanico delle medesime o mediante l'adozione di accorgimenti tali da evitare tale evenienza.

Approvazione delle «Linee guida per la progettazione e realizzazione dei sistemi di trattamento delle acque reflue provenienti da sfioratori di reti fognarie» e degli «Indirizzi per l'elaborazione del programma di riassetto delle fognature e degli sfioratori» in attuazione di quanto disposto dagli articoli 13, comma 3 e 14, comma 2 del regolamento regionale n. 6 del 2 aprile 2019 e in particolare l'allegato A LINEA GUIDA PER LA PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI SISTEMI DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE PROVENIENTI DA SCARICHI DI SFIORATORI DI RETI FOGNARIE.

In cui sono messi a confronto i diversi sistemi di trattamento delle acque reflue rientra anche il sistema che viene qui ipotizzato che tiene conto della presenza di un parco a elevata fruizione e che ha considerato di disperdere su suolo acque derivanti dallo sfioro solo quando le portate sono davvero molto elevate e comunque sono stati attivati i sistemi di fitodepurazione su superfici piuttosto ampie.

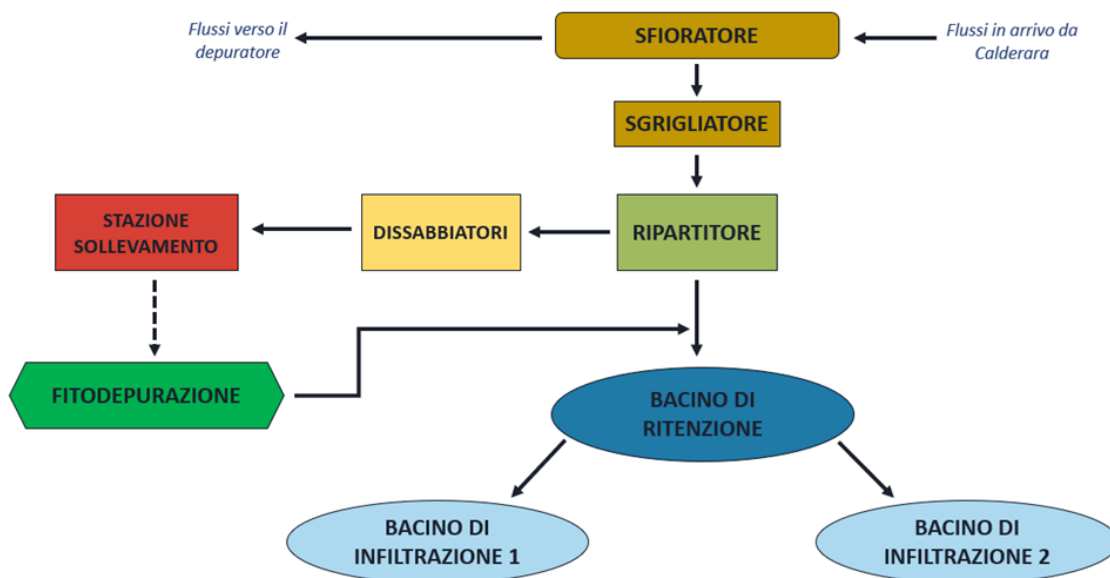
quindi riduce le possibili problematiche derivanti da dispersione sul suolo di acque non depurate.

DETTAGLI PROGETTUALI



Nel dettaglio la soluzione progettuale fitodepurante proposta prevede:

- Il trattamento delle acque sfiorate come richiesto dall'art. 13 del nuovo regolamento RL 06/2019 in linea con Allegato E del RL 06/2019 e prevedendo il trattamento in continuo con soluzioni naturali (natural based solutions, NBS);
- la realizzazione di bacini di ritenzione nel rispetto del regolamento di RL 06/2019 per il raggiungimento degli obiettivi del PTUA in termini di invarianza idraulica.



Nel progetto in esame:

- lo sfioratore visto il particolare luogo, un parco a fruizione intensa, è stato ridimensionato e per un carico sotteso 8241 a.e. Una portata nera pari a 90 l/s dovrà continuare ad essere addotta alla pubblica fognatura, ed anche una ulteriore portata di prima pioggia pari a altri 90 l/s deve continuare a venire inviata alla fognatura. Pertanto solo le portate eccedenti i 180 l/s vengono inviate all'impianto fitodepurante fino a una portata sfiorata di ulteriori 210 l/sec;
- dalla fitodepurazione le acque vengono immesse tramite una condotta a gravità nella vasca di ritenzione, che potrà determinare una ulteriore affinamento alle acque lì recapitate anche se le acque in uscita dalla fitodepurazione dovranno già rispondere agli standard qualitativi degli scarichi su suolo
- dalla vasca di ritenzione (impermeabilizzata), le acque ulteriori vengono scaricate nelle aree di dispersione che sono 2 e che sono in grado di smaltire lentamente nel suolo le acque che in caso contrario sarebbero causa di allagamento della frazione
- le aree di dispersione non scaricano in corpo idrico ma nel sottosuolo; il dimensionamento è effettuato considerando l'infiltrazione di tutte le acque nel sottosuolo, si è quindi verificata la permeabilità dei suoli che rende il sistema in grado o meno di svuotarsi mantenendo comunque il primo laghetto sempre pieno per realizzazione di una migliore qualità ambientale.

CARATTERISTICHE DELLE ACQUE REFLUE E DI SCOLMO

Le acque reflue prodotte e recapitate in fognatura sono prevalentemente di natura civile o assimilabile a civile, con una percentuale derivante da allacci industriali pari a meno del 20% in riferimento agli A.E. calcolati.

L'analisi dell'utenza presente, in condizioni di punta massima, e la stima degli abitanti equivalenti effettuata, secondo i dati forniti dalla committenza e considerando dei coefficienti di incremento, individua in 8241 AE le connessioni alla fognatura nel bacino fognario sotteso dallo sfioratore, di cui 898 AE industriali.

Lo scolmatore fognario, oggetto del presente progetto, una volta che entra in funzione durante un evento meteorico può trasportare, mescolati con le acque di pioggia, reflui di tipo civile provenienti dalla fognatura mista, ma con un ampio fattore di diluizione.

Le acque nere vengono collettate verso il depuratore di Paderno Dugnano che serve la frazione Calderara.

Lo sfioratore è dimensionato per inviare a depurazione tradizionale una portata **Q1 = 180 l/s**, ulteriori 210 l/sec vengono trattati nella fitodepurazione.

La caratterizzazione delle acque di sfioro risulta abbastanza complessa in quanto, oltre alle portate nere diluite, si deve considerare il carico inquinante apportato dalle acque di dilavamento che però in buona parte (soprattutto considerando i primi 5 minuti di pioggia considerati quelli che contengono l'80% degli inquinanti) vengono inviate a trattamento tradizionale rientrando nei primi 180 l/sec.

Per la caratterizzazione delle portate nere si sono assunti carichi specifici unitari pari a:

- BOD 60 kg/ab×giorno
- N-totale 12 kg/ab×giorno
- TSS 80 kg/ab×giorno

valori comunemente riportati in letteratura (Masotti, 1990).

Più complessa risulta la caratterizzazione qualitativa delle acque di dilavamento meteoriche: durante gli eventi meteorici notevoli quantità di inquinanti vengono asportate dalle superfici scolanti urbane e rimosse dai collettori fognari, dove si erano deposte in condizione di tempo secco, e veicolate, attraverso gli scaricatori di piena, nei corsi d'acqua senza subire alcun trattamento. Gli scarichi degli scolmatori fognari urbani possono pertanto alterare sia le condizioni idrauliche che chimiche ed ecologiche dei corpi d'acqua ricettori, in particolar modo se questi sono di piccole dimensioni e superficiali.

Le problematiche legate al trattamento delle acque di prima pioggia possono presentare aspetti diversi in relazione alla tipologia del bacino di raccolta e alle attività antropiche svolte sull'area in esame. In particolare, specifici insediamenti produttivi, infrastrutture e servizi turistico/commerciali presenti sul territorio possono essere caratterizzati da acque di dilavamento con proprietà tali da richiedere il trattamento anche delle acque successive a quelle di prima pioggia (acque di seconda pioggia). I fenomeni di inquinamento delle acque meteoriche di dilavamento di superfici urbane sono ben conosciuti e riportati in numerosi testi scientifici.

COMPOSIZIONI MEDIE DELLE ACQUE DI DILAVAMENTO					
Parametri (mg/l)	Aree urbane	Aree industriali	Aree resid/comm	Aree agricole	Aree incolte
BOD ₅	20 (7-56)	9.6	20	3.8	1.45
COD	75 (20-275)	-	-	-	-
TSS	150 (20-2890)	93.9	140	55.3	11.1
NH ₄ -N	0.582	-	-	0.48	-
TN	2	1.79	2.8	2.32	1.25
TP	0.36	0.31	0.51	0.344	0.053
Rame	0.05	-	-	-	-
Piombo	0.18	0.202	0.214	-	-
Zinco	0.2	0.122	0.170	-	-
Ferro	8.7	-	-	-	-
Mercurio	0.00005	-	-	-	-
Nickel	0.022	-	-	-	-
Cianuri	0.0025	-	-	-	-
Fenoli totali	0.0137	-	-	-	-
Oli e grassi	2.6	-	-	-	-

Tabella – comparazione di qualità chimica di acque meteoriche raccolte da aree di diversa natura (Kadlec and Knight, treatment wetland, 1996)

Dalla Tabella sopra riportata si può notare come le aree impermeabilizzate interessate da traffico veicolare o da attività umane siano delle efficaci sorgenti di inquinamento diffuso.

Nel nostro caso specifico le acque di prima pioggia sono in parte comprese nel volume delle acque da inviare direttamente al depuratore.

Considerando casi analoghi, ma con sfioro a portate molto inferiori, abbiamo ipotizzato una superficie fitodepurante ampia per poter comunque accogliere anche portate ulteriori e maggiormente diluite in modo che una ritenzione di circa 24 ore risulti comunque sufficiente

Per il calcolo dell'ampiezza delle vasche fitodepuranti è stato tenuto in considerazione anche il volume di pioggia che comunque cade sulla superficie fitodepurante ed è stato considerato trascurabile.

Solo con un riempimento della vasca al di sopra dei 20 cm dalla superficie libera della ghiaia si attivano due tubi di troppo pieno che recapitano le acque in eccesso direttamente nella rete scolante e successivamente nella vasca di ritenzione.

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Gli interventi previsti sono i seguenti.

- Realizzazione di uno sfioratore tale da consentire l'invio a depurazione di una portata fino a 180 l/s.
- Installazione sullo sfioro di un sistema di grigliatura e di desabbatura, come descritto in altre relazioni tecniche.
- Realizzazione di un sistema di fitodepurazione a flusso sommerso per acque di prima pioggia di estensione pari a 6000 mq. Il sistema di fitodepurazione è realizzato completamente fuori terra in modo da riutilizzare completamente le terre depositate in loco e in parte le terre di coltivo derivanti dalla realizzazione del parco; viene successivamente impermeabilizzato

fondo e sponde mediante interposizione di manto in policloruro di vinile (PVC) stabilizzato ai raggi UV, armato con velo di vetro di spessore 1.5 mm e strato di geotessuto in polipropilene da 350 gr/mq e poggiante su uno strato di sabbia che definisce le pendenze di fondo sagomato a falda con pendenze interne 1%. Sotto la sabbia è presente un ulteriore strato di geotessuto in polipropilene da 350 gr/mq. Sul fondo della vasca, che è completamente impermeabile, viene steso il sistema di drenaggio delle acque costituito da tubazioni microfessurate con diametro di 20 cm e successivamente riempita mediante ghiaia di diverse granulometrie per un'altezza complessiva di 100 cm. L'alimentazione della vasca è invece realizzato con tubazioni in polietilene ad alta densità PE100 stese a quota intermedia nella ghiaia e con le torrette verticali distribuite come evidenziato nella tavola, che permettono la distribuzione delle acque pompate sulla superficie della vasca.

- Sulla superficie delle vasche è prevista la messa a dimora di piantine di *Phragmites australis* in numero di 5 ogni mq.
- Le acque in uscita dalle 4 vasche, al loro interno comunque compartimentate, vengono regolate mediante un sistema di tubazioni che a gravità permette lo svuotamento delle vasche. Sono previste tubazioni PVC-U di dimensioni 400 / 630 mm che raccolgono le acque derivanti dalle tubazioni provenienti dalle singole vasche di dimensioni inferiori. Una paratoia consente di trattenere le acque nell'impianto in caso di qualsivoglia individuazione di carichi inquinanti superiori alle soglie di scarico in modo che lasciando le acque nelle vasche con tempi di ritenzione superiore, il sistema fitodepurante possa affinare il trattamento. Il dispositivo permette inoltre di mantenere la vasca in condizioni di totale o parziale svuotamento, o di allagamento nelle fasi iniziali per assicurare la migliore radicazione delle specie vegetali messe a dimora.
- Le acque vengono quindi raccolte e inviate per gravità al bacino di ritenzione.
- I pendii esterni si prevede vengano inerbiti con idrosemia a spessore e vengano realizzate opere di ingegneria naturalistica (gradonata viva) in cui sono impiegate talee di salice in associazione con arbusti per una mitigazione visiva e un migliore inserimento naturalistico dell'impianto.

Dati tecnici

Il sistema di filtrazione estensivo per acque meteoriche, composto complessivamente da una superficie pari a 6000 mq, suddivisa in 4 settori uguali di dimensioni 30x50 m.

Ogni bacino di 1500 mq presenta le seguenti caratteristiche:

Sistema di filtrazione verticale	
n. bacino	1
Lunghezza	50 m
Larghezza	30 m
Altezza inerte	1 m
Suddivisione interna	Si in 2
Superficie	1500 mq
Portata massima all'ingresso	0,052 mc/sec

Opere di consolidamento dei fronti del terrapieno

Lungo i fronti esterni si prevede la realizzazione di un' opera di ingegneria naturalistica , la gradonata viva con talee di salice e piantine radicate autoctone. Le balze della gradonata sono consolidate mediante uso di georete di fibra di cocco (750 gr/mq). La tecnica permette di

raggiungere una ottima azione antierosiva. Inoltre si prevede la idrosemina a spessore con fiorume certificato.

Il salice è utilizzato in virtù della rapida crescita e sviluppo radicale, nonché dell'elevata flessibilità dei fusti. Le talee da utilizzare nella gradonata avranno un diametro massimo di 8 cm ed una lunghezza di circa 0,6-1 metro, e saranno sistemate orizzontalmente e coperte con terreno per almeno i due terzi della lunghezza.

La georete in cocco (700 gr/mq) costituisce un elemento antierosivo ad azione temporanea, capace di proteggere la scarpata favorendo al tempo stesso la crescita della vegetazione. Essendo realizzata in fibra naturale si degrada dopo qualche stagione vegetativa dopo aver svolto la sua funzione e quindi dopo che la vegetazione avrà attecchito.

Il miscuglio detto fiorume è ricco di fioriture in modo da migliorare l'inserimento paesaggistico delle opere e sostenere la biodiversità dei luoghi. La distribuzione attraverso idrosemina assicura un miglior attecchimento vista la presenza di collanti, adesivanti e mulching.

CALCOLO DEI VOLUMI E DEL TEMPO DI RITENZIONE IDRAULICA (HRT)

Il tempo di ritenzione idraulica (τ) definisce il tempo medio di permanenza del fluido nei vuoti del mezzo filtrante.

Dati di input geometrici

Volume poroso della ghiaia

Superficie totale (A) = 6.000 mq

Altezza del corpo filtrante (h) = 1,0 m

Porosità efficace della ghiaia idraulica (n) = 0,35 (pari al 35% di vuoti intergranulari, dato standard per granulometrie 5 – 20 mm)

Formula del Volume Utile dei vuoti Vu:

$$Vu = A * h * n = 6000 * 1 * 0,35 = 2.100 \text{ mc}$$

Volume libero sopra la ghiaia

Con 15 cm di battente:

$$V \text{ libero} = 6000 * 0,15 = 900 \text{ mc}$$

$$\text{Volume di laminazione superficiale} = 900 \text{ m}^3$$

Volume totale invasabile

$$V_{\text{tot}} = 2100 + 900 = 3000 \text{ mc}$$

Il volume complessivamente disponibile all'interno del sistema prima dell'attivazione dei dispositivi di troppo pieno risulta pertanto pari a 3000 mc.

Il volume utile di trattamento del sistema di fitodepurazione è pari a circa 2.100 m³, calcolato considerando una porosità efficace del materiale inerte pari al 35%. Al di sopra del letto filtrante è inoltre disponibile un franco idraulico di 15 cm, corrispondente a un ulteriore volume di laminazione di circa 900 m³. Il volume complessivamente invasabile prima dell'attivazione dei troppo pieni risulta pertanto pari a circa 3.000 m³.

In corrispondenza della portata massima di progetto in ingresso pari a 210 l/s (0,21 m³/s), e

ipotizzando cautelativamente l'assenza di scarichi contemporanei nella fase iniziale dell'evento, il tempo teorico di riempimento completo risulta pari a circa 4 ore:

$Q_{in} = 210 \text{ l/s} = 0,21 \text{ mc/s}$
e trascurando qualsiasi uscita:
 $t = 3000 / 0,21 = 14286 \text{ s} = 3,97 \text{ ore}$
cioè circa:
3 ore e 57 minuti.

Gli eventi di pioggia intensi presentano generalmente durate dell'ordine di alcune ore e intensità variabili nel tempo. Il volume di laminazione di 3.000 mc consente la gestione dell'onda di piena senza attivazione immediata dei troppi pieni, garantendo l'equalizzazione del carico idraulico verso le fasi successive di trattamento.

Per il calcolo della portata di filtrazione teorica attraverso la ghiaia si fa riferimento alla legge di Darcy:

$$Q = k \cdot A \cdot i$$

dove:

k = permeabilità ghiaia (m/s)
 A = superficie di filtrazione (m²)
 i = gradiente idraulico ($\approx h/L$)

Le quattro vasche sono divise ciascuna in due comparti di 750 mq, per un totale di 6000 mq di area in progetto. Considerando inoltre:

- Altezza ghiaia 1 m
- k tipico ghiaia 5-20mm: $k = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
- se il livello dell'acqua sopra la ghiaia è circa 0,1–0,2 m si può assumere un gradiente idraulico $i \approx 0,1 - 0,2$

Per comparto, si ottiene pertanto una portata di filtrazione pari a circa 113 l/s.

In realtà, la portata in uscita dal sistema è governata dalle condotte di scarico che lavorano in pressione, grazie al carico generato dal bacino sovrastante, con scarico ad efflusso libero nel pozzetto di recapito.

La portata in uscita è quindi determinata dal carico disponibile e dalle perdite distribuite lungo la condotta stessa.

Per il calcolo delle perdite di carico si considerano perdite distribuite pari a $DH_d = J \times L$, dove L [m] è la lunghezza della condotta premente e J la cadente piezometrica calcolata in funzione della scabrezza del materiale (formula di Chezy):

$$J = \frac{v^2}{k_s^2 \cdot R^{4/3}}$$

Per il caso in esame, con tubazione in materiale plastico Dn90 (Di 80 mm), lunghezza 43 m sul percorso più lungo, il carico di 1.15 m si esaurisce allo sbocco con il transito di una portata di circa 5.5 l/s.

Quindi risultano circa 4 h per riempire i 3000 mc e poi 19 ore per svuotarli, quindi 23 ore di ritenzione.

Di seguito viene illustrato il calcolo della portata oraria della singola condotta passo dopo passo.

Il sistema di filtrazione estensivo presenta una superficie complessiva di 6.000 mq, strutturata in 4 settori speculari da 30x50 m. Ciascun settore è a sua volta suddiviso in due sotto-settori indipendenti, per un totale di 8 comparti di filtrazione paralleli.

Lo svuotamento a gravità dell'intero sistema è garantito da n. 8 condotte di scarico distinte (una per ogni sotto-settore). Le singole condotte lavorano in pressione grazie al carico idraulico generato dal battente del bacino sovrastante, con efflusso libero nel pozzetto di recapito.

La portata della singola condotta espressa nel testo è di circa 5.5 l/s.

Per convertirla in metri cubi all'ora m³/h, si moltiplica per il fattore di conversione 3.6:

$$Q_{\text{singola}} = 5.5 \text{ l/s} * 3.6 = 19.8 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Verificando il calcolo con la portata complessiva delle 8 condotte in parallelo, si ottiene:

$$Q_{\text{totale}} = 8 * 19.8 \text{ m}^3/\text{h} = 158.4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_{\text{svuotamento}} = 3000 \text{ mc} / 158.4 \text{ m}^3/\text{h} = 18.94 \text{ ore}$$

Il tempo di svuotamento sopra calcolato assume in via semplificata una portata costante pari a quella di picco (5,5 l/s). Nella realtà fisica del fenomeno, lo svuotamento a gravità avviene a carico idraulico decrescente; la progressiva riduzione del battente idraulico ridurrà la portata di efflusso nel tempo, comportando un prolungamento del tempo di svuotamento effettivo rispetto al modello lineare esposto, a tutto vantaggio del tempo di permanenza dell'acqua nel sistema biologico.

Di seguito viene analizzata l'efficacia delle 23 ore di ritenzione sul tuo sistema da 6.000 m²:

Abbattimento del BOD₅ (Sostanza Organica)

- Impatto delle 23 ore: Le 23 ore complessive (tra riempimento e scarico) garantiscono ai batteri eterotrofi adesi alla ghiaia un tempo di contatto cinematico ampiamente sufficiente per metabolizzare e abbattere quasi completamente il BOD₅ disciolto nell'acqua meteorica di dilavamento.

Abbattimento dei TSS (Solidi Sospesi Totali)

- Impatto delle 23 ore: Poiché il fluido permane nel sistema per quasi un giorno, i solidi sospesi subiscono una fortissima azione combinata di filtrazione meccanica intergranulare e sedimentazione interna nei vuoti della ghiaia.

Abbattimento dell'Azoto Totale (N-Totale)

- Impatto delle 23 ore: Le 23 ore sono sufficienti per abbattere la frazione di azoto organico particolato (tramite filtrazione dei solidi) e per avviare una parziale assimilazione da parte delle macrofite (le piante), ma non bastano per completare il ciclo biologico di nitrificazione-denitrificazione se il refluo è molto concentrato. Trattandosi però di acque meteoriche di dilavamento e non di reflui fognari puri, l'abbattimento sarà comunque soddisfacente per i limiti di scarico ambientali.