



## Comune di Gorla Maggiore

# Progetto Esecutivo

SISTEMA NATURALE DI DEPURAZIONE E LAMINAZIONE DELLE ACQUE  
DI SFIORO DELLA RETE FOGNARIA COMUNALE

### Relazione generale



<b>Coordinatore del Progetto:</b> Ing. Nicola Martinuzzi		<b>Direttore Tecnico:</b> Dr. Fabio Masi
<b>Progettisti:</b> Ing. Nicola Martinuzzi - Dr. Fabio Masi - Ing. Riccardo Bresciani - Prof. Ugo Majone Ing. Alessandro Balbo - Ing. Denis Cerlini - Ing. Beatrice Majone		
ID documento: 1A	Data redazione: Luglio 2009	Revisione: 00
Redatta da: Ing. Riccardo Bresciani - Ing. Alessandro Balbo		
Verificata da: Ing. Nicola Martinuzzi		
<p>Professional stamps and signatures of the project team members, including Dott. Fabio Masi, Dott. Ing. Nicola Martinuzzi, Dott. Ing. Balbo Alessandro, Ing. Ugo Majone, Ing. Beatrice Majone, and Dott. Ing. Cerlini Denis.</p>		

<b>1.</b>	<b>RELAZIONE GENERALE.....</b>	<b>4</b>
1.1	PREMESSA.....	4
1.2	DESCRIZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE.....	6
1.3	INQUADRAMENTO LEGISLATIVO.....	7
1.4	DESCRIZIONE DEI CRITERI DELLA SCELTA PROGETTUALE ESECUTIVA.....	8
1.4.1	Obiettivi depurativi e caratterizzazione del corpo recettore.....	9
1.4.1.1	Qualità delle acque e obiettivi del Piano di Tutela relativi al Fiume Olona.....	9
1.4.1.2	Rischio idraulico.....	11
1.4.1.1	Obiettivi depurativi.....	12
1.4.2	Caratterizzazione quali-quantitativa delle acque di sfioro della fognatura mista.....	12
1.4.3	Criteri di scelta dell'area di ubicazione dell'impianto.....	16
1.4.4	Inquadramento territoriale, caratteristiche del sito e vincoli.....	17
1.4.5	Caratteristiche tecniche degli elementi componenti il sistema di fitodepurazione.....	18
1.4.6	Caratteristiche tecniche degli elementi componenti il sistema fognatura - vasca volano.....	20
1.4.6.1	Manufatto scolmatore di ingresso al sistema.....	20
1.4.6.2	Ripartizione delle portate nei diversi scenari.....	21
1.4.6.3	Vasca volano.....	21
1.4.6.4	Tubazioni, pezzi speciali, pozzetti.....	22
1.5	DATI DI PROGETTO E CRITERI DI PROGETTAZIONE.....	22
1.5.1	Dati di progetto e procedura di dimensionamento del sistema di trattamento acque di scolo.....	22
1.5.2	Dati di progetto e procedura di dimensionamento della vasca volano.....	30
1.5.3	Previsione delle rese depurative.....	33
<b>2.</b>	<b>CRONOPROGRAMMA.....</b>	<b>36</b>
<b>3.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>38</b>

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Superfici e tipologie dei bacini drenati del comune di Gorla Maggiore.....	6
Tabella 2 – Concentrazioni massime delle acque nere diluite (3.75Qn).....	12
Tabella 3 – Comparazione di qualità chimica di acque meteoriche raccolte da aree di diversa natura (Kadlec and Knight, "Treatment Wetlands", 1996).....	13
Tabella 4 - Qualità delle acque di dilavamento provenienti da varie superfici di un bacino urbano del Michigan (Steuer et al., 1997).....	13
Tabella 5 – Sostanze contaminanti e relative fonti (Fabiani et al., 2006).....	14
Tabella 6 – Apporti unitari per ettaro urbano impermeabilizzato e per mm di pioggia caduta (ARPA ER, 2006).....	15
Tabella 7 – Concentrazioni di inquinanti calcolate con il metodo proposto da ARPA Emilia Romagna.....	15
Tabella 8 – Caratterizzazione dello scarico.....	16
Tabella 9 – Caratteristiche medie acque scolmate.....	23
Tabella 10 – Dati di progetto sistema di fitodepurazione.....	24
Tabella 11 - Criteri generali di dimensionamento di zone umide per acque meteoriche (Uhl, Dittmer,2005). ..	29
Tabella 12 – Performance di zone umide a flusso sommerso per il trattamento delle acque di prima pioggia (Galli, 1990).....	33

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – reti fognarie miste del comune di Gorla Maggiore.....	6
Figura 2 – Area di intervento e scarico nel fiume Olona.....	7
Figura 3 – Stato ecologico del Fiume Olona.....	10
Figura 4 – Riqualficazione potenziale dei corsi d'acqua significativi.....	11
Figura 5 – Ietogramma corrispondente alla portata di 1° pioggia.....	25
Figura 6 – Idrogramma di 1° pioggia per evento 10 mm/h.....	25
Figura 7 – Idrogramma di 1° pioggia per evento 5 mm/h.....	26
Figura 8- Andamento della portata e della concentrazione di BOD delle acque di pioggia per un evento di altezza 10mm/ora.....	26
Figura 9 - Andamento della portata e della concentrazione di BOD (acque nere + acque meteoriche) in ingresso al sistema di trattamento per un evento di altezza 10mm/ora.....	27

Figura 10 - Andamento della portata e della concentrazione di BOD (acque nere + acque meteoriche) in ingresso al sistema di trattamento per un evento di altezza 5mm/ora .....	27
Figura 11- Carico organico espresso in termini di quantità di massa per eventi di pioggia di altezza pari a 5 e 10 mm .....	28
Figura 12- Carichi di azoto e solidi sospesi espressi in termini di quantità di massa per eventi di pioggia di altezza pari a 5 e 10 mm.....	28
Figura 13 – Idrogramma T=10 anni prodotto nel bacino 1 del comune di Gorla Maggiore.....	31
Figura 14 – Schema modello idraulico .....	31
Figura 15 – Idrogrammi in ingresso e uscita dalla vasca volano per T=10 anni in condizioni di scarico libero .....	32
Figura 16 – Idrogrammi in ingresso e uscita dalla vasca volano per T=10 anni in condizioni di scarico rigurgitato .....	32
Figura 17 – Rimozioni caratteristiche di sistemi di filtrazione per acque di scarico .....	33
Figura 18 – Andamenti della portata idraulica e delle concentrazioni di BOD e TSS in ingresso ed in uscita dall'impianto di fitodepurazione per acque meteoriche di Stretton on Fosse (UK, Cooper 2006).....	34
Figura 19 – Cronoprogramma .....	36

## 1. RELAZIONE GENERALE

### 1.1 PREMESSA

Il presente Progetto Esecutivo è stato redatto per conto del Comune di Gorla Maggiore, a partire dallo “Studio di fattibilità di sistemi naturali di depurazione delle acque di sfioro da reti fognarie” commissionato dall’Autorità di Bacino del Fiume Po alla Società IRIDRA s.r.l. in collaborazione con Studio Maione Ingegneri Associati, Land Milano Srl e Ambiente Italia s.r.l. (Contratto 304 del 22/12/2006) e a seguito della presentazione del Progetto Definitivo avvenuta nel Dicembre 2008.

Il Progetto Definitivo è stato presentato nella sua interezza a seguito delle Conferenze di Servizi svolte presso il Comune di Gorla in data 19/01/2009 e 23/01/2009; nel complesso si sono ottenuti pareri positivi da tutti gli enti interessati. La Soprintendenza per i Beni Archeologici della Lombardia ha espresso parere favorevole a condizione che i lavori di scavo vengano effettuati con l’assistenza di personale specializzato per l’individuazione e il riconoscimento dei livelli archeologici. Successivamente il Comune di Gorla Maggiore, avendo verificato la copertura finanziaria dell’opera e approvato il progetto definitivo, ha dato incarico di procedere alla redazione del Progetto Esecutivo.

Il presente Progetto Esecutivo recepisce le prescrizioni del Comune di Fagnano Olona relativamente all’inserimento paesaggistico e alla sicurezza: saranno adottate tutte le misure atte ad evitare pericoli di qualsiasi sorta provocati dagli impianti progettati come segnaletica apposita o recinzioni; per quanto riguarda l’inserimento paesaggistico non ci sono manufatti fuori terra ad eccezione del sistema di grigliatura a gradini, per il quale è prevista una recinzione e arredo a verde tale da schermare l’area. L’accesso all’area avverrà dalla stessa strada da cui è possibile accedere tutt’oggi, senza ostacoli di sorta.

La scelta di intervenire sullo sfioratore fognario situato nel Comune di Gorla Maggiore, deriva da una precedente attività di selezione fra 47 siti, che è stata basata su specifici criteri come l’effettiva realizzabilità dell’intervento, la disponibilità di aree, i benefici attesi sul corpo idrico recettore, l’idoneità alla realizzazione di interventi multifunzionali.

In particolare, l’area prescelta per l’ubicazione dell’intervento, compresa tra il Fiume Olona e la strada comunale (via per Fagnano), è già oggetto di un progetto di recupero e valorizzazione del verde, per cui è stata rivolta particolare cura all’inserimento paesaggistico del sistema di trattamento, ponendo così particolare attenzione all’obiettivo della multifunzionalità.

Nello specifico per la riqualificazione dell’area, è stata prevista la realizzazione di un “parco dell’acqua” avente caratteristiche principalmente fruibili, con percorsi pedonali e ciclabili, specchi d’acqua e percorsi didattici che illustrino le peculiarità del progetto.

Un altro aspetto del progetto riguarda la riduzione del rischio idraulico, attraverso la costruzione di una vasca volano, che ha la funzione di laminare le portate di drenaggio urbano durante gli eventi meteorici prima dello scarico nel corpo idrico recettore.

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, particolarmente attenti a conciliare capacità depurativa, riqualificazione naturalistica e fruizione, alle esperienze nord-europee, in particolare nel Regno Unito ed in Germania, talvolta meno “estetiche” ma estremamente interessanti sia per la qualità finale degli effluenti, che per gli effetti di laminazione ottenuti con un’occupazione di superficie nettamente ridotta.

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

- buone rese depurative;
- impatto ambientale nullo;
- inserimento paesaggistico ottimo;
- costi di gestione ridotti rispetto ad un sistema convenzionale;
- possibilità di realizzare interventi a carattere “multifunzionale”.

Proprio al fine di garantire la multifunzionalità degli interventi, integrando gli obiettivi depurativi e idraulici con la riqualificazione ambientale e la fruizione, sono state valutate, in una fase di progettazione partecipata che ha visto il coinvolgimento sia degli enti che di alcuni gruppi e associazioni locali interessati, varie ipotesi di inserimento, che privilegiavano l'aspetto fruitivo con la creazione di percorsi, coni ottici e rilevati, o la riqualificazione naturalistica dell'area, con il potenziamento del patrimonio arboreo esistente. La soluzione di arredo a verde ed inserimento paesaggistico proposta dal presente progetto, tiene conto delle varie esigenze emerse nel corso di diversi incontri con le Amministrazioni Comunali di Gorla Maggiore, Fagnano Olona e di alcuni rappresentanti di associazioni locali ed esponenti della popolazione civile.

Tenuto conto del non trascurabile costo dell'opera il progetto è stato suddiviso in due lotti, in modo da un lato di ripartire l'investimento nel tempo e dall'altro di garantire la piena funzionalità del lotto che si va a prevedere.

### **La presente Relazione illustrativa fa parte del Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione del 1° Lotto di opere.**

Le finalità che si vogliono perseguire con il primo lotto di interventi sono principalmente legate sia alla qualità delle acque scaricate nel fiume Olona sia alla riduzione del rischio idraulico del territorio in esame. La parte di inserimento paesaggistico a verde è limitata all'area di impianto. Il **primo lotto** di interventi è costituito dai seguenti interventi:

- costruzione di nuovo manufatto scolmatore delle portate;
- realizzazione della grigliatura automatica
- realizzazione della vasca di dissabbiatura;
- realizzazione del sistema di fitodepurazione a flusso sommerso;
- realizzazione vasca volano con sistema a flusso libero integrato
- manufatto di scarico in Olona delle acque trattate e opere di protezione spondali connesse
- opere accessorie prettamente funzionali all'impianto (inerbimenti e arredo a verde, strade di manutenzione, recinzioni)
- opere per il monitoraggio delle acque in ingresso ed uscita

In un **secondo lotto** potranno poi essere realizzate le opere contenute nel Progetto Definitivo consegnato all'Autorità di Bacino del Fiume Po e relative alla creazione di una più vasta area che, oltre a migliorare ulteriormente l'inserimento paesaggistico del sistema, prevede tutta una serie di opere mirate a creare una sorta di "Parco dell'Acqua", cioè un parco fluviale di cui l'opera idraulica di depurazione e laminazione rappresenta il cuore diventando fruibile dalla popolazione: sono previste la creazione di aree a verde, percorsi ciclabili e pedonali, percorsi didattici, un laghetto ornamentale, altre opere per la fruibilità quali panchine, ponticelli, ecc), oltre a due fossi di presa e restituzione di una piccolissima quantità di acque dall'Olona lungo il percorso del paleoalveo.

Nel primo lotto di opere il prelievo della piccola quantità di acqua dell'Olona necessaria per avere continuità di flusso all'interno del sistema a flusso libero sarà comunque garantita dalla realizzazione di una tubazione interrata, che in futuro potrà comunque servire come alimentazione alternativa al fosso.

## 1.2 DESCRIZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE

Attualmente la rete fognaria del Comune di Gorla Maggiore scarica in tre punti distinti su di un collettore che poi porta le acque nere in condizioni di tempo secco al depuratore centralizzato di Olgiate Olona. In condizioni di pioggia entra in funzione in tutti e tre i siti uno sfioratore di pioggia che devia le acque in eccesso verso l'Olona, provocando sia problemi dal punto di vista igienico, in quanto si tratta di acque miste, sia dal punto di vista idraulico in caso di contemporanea piena nel fiume. Infatti in corrispondenza di eventi pluviometrici intensi l'incremento di livello del fiume Olona impedisce lo scarico dei collettori fognari provocando un funzionamento in pressione della rete fognaria con conseguenti allagamenti della parte bassa del comune.

Nella tabella seguente sono indicate le superfici dei tre bacini drenati mentre nella figura seguente si riportano le tre reti.

Bacino	Superficie (ha)	Tipologia di scarichi
1 (Blu)	56.40	Civili
2 (Verde)	12.20	Civili
3 (Rosso)	107.00	Civili con apporto significativo di industriali

Tabella 1 - Superfici e tipologie dei bacini drenati del comune di Gorla Maggiore

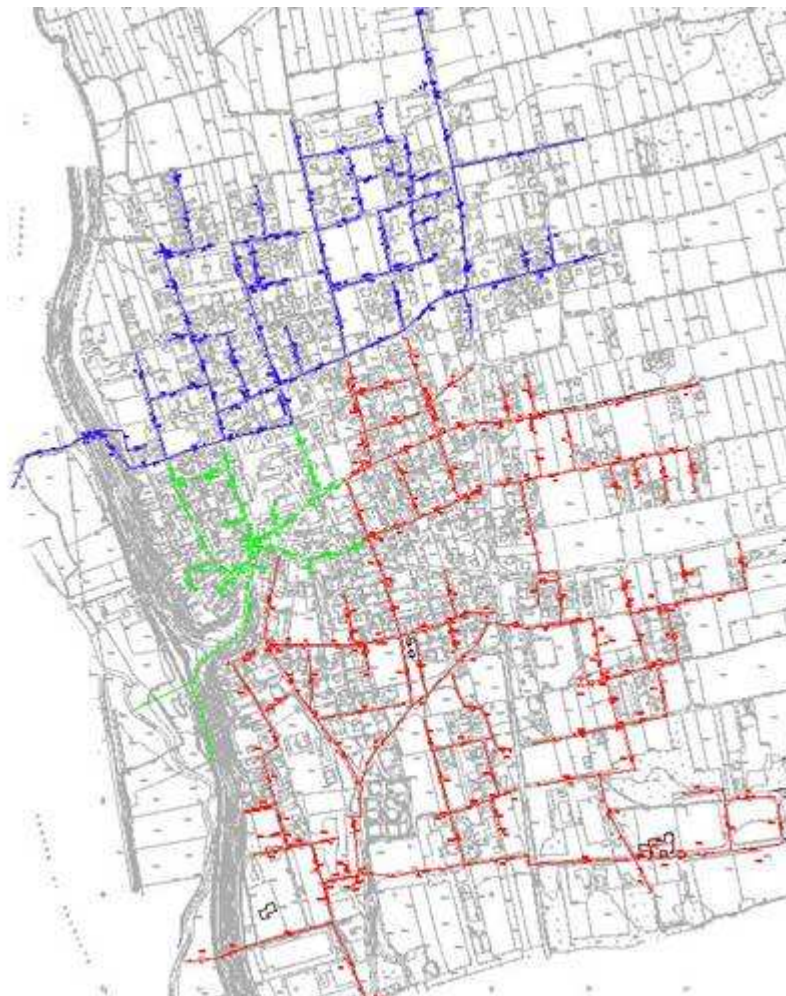


Figura 1 – reti fognarie miste del comune di Gorla Maggiore

Il presente progetto riguarda il più a monte di questi 3 scolmatori di fogna.



Figura 2 – Area di intervento e scarico nel fiume Olona

Dai rilievi effettuati, è stato constatato che lo sfiatore esistente scarica proprio sul fondo del F. Olona, con conseguenti problemi di rigurgiti idraulici e mal funzionamento del sistema. In effetti alcuni chiusini risultano danneggiati probabilmente in conseguenza di fenomeni di rigurgito del fiume che hanno fatto entrare in pressione la fognatura. Non si hanno comunque effetti diretti sulla fognatura del paese di Gorla in quanto situata alcune decine di metri più in alto.

### 1.3 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, nota come 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.L. 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: ad esempio, le acque sensibili all'eutrofizzazione, come i laghi, dovranno essere tutelate dall'eccesso di nutrienti, mentre quelle utilizzate per l'approvvigionamento idrico di acqua potabile richiederanno protezione dagli agenti patogeni.

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.

La Normativa regionale della Lombardia (R.R. n.3 del 24 marzo 2006) che disciplina gli scarichi di acque reflue domestiche sancisce all'art.15 del Capo 3 Titolo 3 che gli sfioratori di piena delle fognature miste devono essere realizzati in modo da lasciar defluire verso l'impianto di trattamento delle acque reflue la portata nera diluita uguale al massimo fra i seguenti valori:

- a) *"...salvi i casi di cui al comma 2, apporto di 750 litri per a.e. al giorno, considerati uniformemente distribuiti nelle 24 ore,....";*
- b) *Rapporto di diluizione pari a 2 rispetto alla portata nera, calcolata come media giornaliera per gli apporti civili e come media su 12 ore per quelle industriali,.....".*

Gli articoli successivi (16 e 17) normano la realizzazione di vasche di prima pioggia e vasche volano e l'adeguamento dei manufatti di sfioro.

Il volume di acque di prima pioggia viene stimato in base al recapito finale delle acque come segue:

- a) *"corpi idrici significativi come individuati dal PTUA: 50 mc/ha di superficie impermeabile scolante....";*
- b) *Corpi idrici non significativi: 25 mc/ha".*

La superficie scolante impermeabile viene calcolata come prodotto dell'effettiva area scolante con il coefficiente di assorbimento medio ponderale.

I manufatti di sfioro delle acque meteoriche delle reti fognarie di tipo unitario esistenti devono essere adeguati alle prescrizione contenute nell'articolo 15 sopra citato entro il 31 dicembre 2016.

**Nel progetto in esame il volume di prima pioggia è stato stimato assumendo 50 mc/ha in quanto il corpo idrico recettore, Fiume Olona, è classificato come corpo idrico significativo. La portata oltre cui si deve attivare lo scolmatore è stata calcolata considerando 750 litri per a.e. con riferimento alla porzione di fognatura drenata a monte dello scolmatore; la fognatura è di tipo prevalentemente civile. Gli abitanti sono pari a 2017 a.e.**

#### **1.4 DESCRIZIONE DEI CRITERI DELLA SCELTA PROGETTUALE ESECUTIVA**

Come debitamente descritto nel Progetto Definitivo, i criteri generali che hanno portato alla scelta progettuale effettuata possono essere riportati in sintesi nelle seguenti voci:

1. Obiettivo depurativo in funzione degli obiettivi di qualità del corpo idrico recettore.
2. Capacità di laminazione richiesta in funzione della caratterizzazione idraulica del corpo idrico recettore.
3. Disponibilità e morfologia dell'area.
4. Caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle acque di scolo da trattare e da laminare.
5. Caratteristiche tecniche del sistema di trattamento: il sistema multistadio di fitodepurazione è stato scelto in quanto ritenuto di maggiore economicità, semplicità realizzativa e gestionale, adeguatezza alle rese depurative previste, affidabilità nelle continuità di ottenimento di un trattamento adeguato, ottimo inserimento paesaggistico e impatto igienico – sanitario.

Lo scolmatore in progetto rappresenta il primo di tre sfioratori di fogna mista posizionati lungo l'Olona e riconducibili alla fognatura di tipo misto del Comune di Gorla Maggiore.



Nel progetto definitivo era stata inoltre valutata l'eventualità di unificare il trattamento in modo da depurare le acque sfiorate in un unico sito più a valle; tale ipotesi richiedeva la realizzazione di un unico collettamento lungo strada a partire dallo scolmatore più a monte, in percorrenza per oltre 1 km lungo la Strada Comunale. Date le grosse sezioni richieste per smaltire tutta la portata di pioggia, l'intervento si configurava come piuttosto oneroso sia dal punto di vista dei tempi di realizzazione che dei costi (stimati in circa 800.000,00 €); d'altronde le economie di scala nel realizzare, con sistemi di depurazione naturale, un trattamento per l'intero bacino drenato dai tre scolmatori, non erano tali da consentire un risparmio economico tale da recuperare i costi del collettamento (circa 1.900.000 € contro 2.100.000 € nell'ipotesi di realizzare trattamenti separati per i tre sfioratori). Le aree necessarie a valle dell'ultimo scolmatore, nel caso si fosse scelto un trattamento centralizzato, sarebbero state inoltre molto grandi e di non immediata reperibilità.

Considerando il carattere sperimentale del progetto, mirato alla valutazione dell'efficienza dei sistemi di depurazione naturale per il trattamento degli sfiori fognari ed all'ottimizzazione del design e dei dimensionamenti, ci è sembrato più sostenibile dal punto di vista tecnico ed ambientale la scelta di trattare separatamente i tre scolmatori.

Dal punto di vista della qualità ambientale del Fiume Olona, prevedere tre trattamenti decentralizzati potrebbe avere un effetto benefico in quanto si va a restituire acque di buona qualità in diverse sezioni del suo percorso. Il terzo scolmatore oltretutto drena un'area con diverse industrie, per cui è da aspettarsi un refluo non particolarmente adatto ad essere trattato, a meno di non prevedere superfici molto più estese, con un sistema di fitodepurazione.

Gli altri due scolmatori potranno essere trattati successivamente: per il secondo scolmatore, che drena un'area urbana a carattere prevalentemente civile, potrebbe essere una valida alternativa il ricorso ad un sistema di depurazione naturale. L'implementazione ed il monitoraggio del sistema oggetto della presente progettazione esecutiva potrebbe oltretutto fornire elementi utili per un'ulteriore ottimizzazione del suo dimensionamento. Per il terzo scolmatore si ritiene invece più conveniente il ricorso ad un sistema costituito da grigliatura automatica e vasca di prima pioggia, da predisporre interrata. Per quanto riguarda invece la realizzazione di una vasca volano per le acque di seconda pioggia, come richiesto dalla normativa vigente, dovrà essere valutata in modo approfondito la composizione di tali acque e soprattutto gli inquinanti pericolosi che potrebbero veicolare durante l'evento di pioggia ed eventualmente predisporre sistemi in grado di bloccarli o di limitarne l'impatto sul Fiume Olona e/o sui terreni adiacenti.

#### **1.4.1 Obiettivi depurativi e caratterizzazione del corpo recettore**

Il bacino dell'alto Olona, compreso tra la sorgente e il limite urbano di Milano, ha una superficie di circa 911 km<sup>2</sup>, di cui 902 km<sup>2</sup> in territorio italiano e il rimanente territorio del bacino è in ambito montano.

L'Olona Settentrionale ha origine alle pendici dei monti a nord di Varese a circa 1.000 m s.l.m. e, dopo un tragitto di circa 60 km, entra nella città di Milano da cui esce con il nome di Lambro Meridionale.

Il bacino dell'Olona si può dividere in due zone distinte: una montana, dal limite superiore del bacino fino a Ponte Gurone, e una pianeggiante, da Ponte Gurone a Milano. Fino all'altezza dell'autostrada Milano Laghi, dove ha termine la valle dell'Olona, i centri abitati sono situati in posizione sopraelevata rispetto al corso del fiume; in prossimità dell'alveo sono invece presenti numerose industrie. A valle dell'autostrada, il territorio diventa pianeggiante e il fiume entra nella zona più intensamente urbanizzata, attraversando i comuni di Castellanza e Legnano. A valle di questi centri si ha ancora alternanza di aree agricole e urbane fino al confine del comune di Rho, dove è posta l'opera di derivazione "olona 1" attraverso la quale le piene sono scolmate nello Scolmatore di Nord Ovest. L'Olona confluisce nel Po presso Corteolona.

I principali corsi d'acqua naturali del bacino sono i torrenti Lura, Bozzente e il fiume Seveso in sinistra orografica, i torrenti Arno, Rile e Tenore in destra orografica. La portata massima convogliabile dall'Olona nel reticolo idrografico a nord di Milano è pari a 58 m<sup>3</sup>/s.

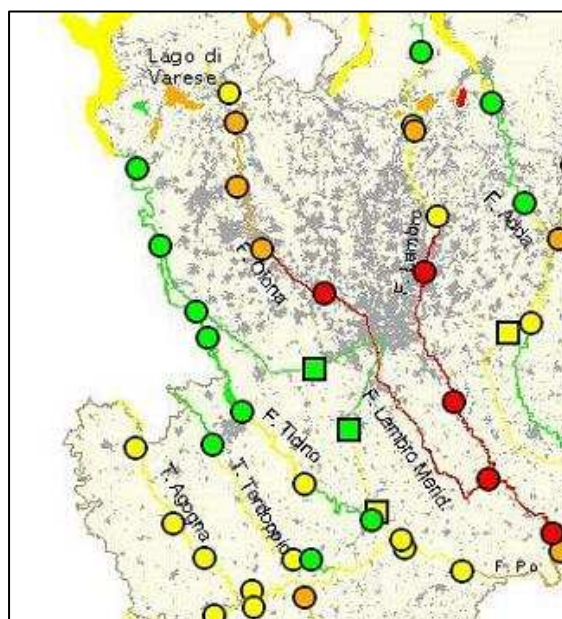
##### **1.4.1.1 Qualità delle acque e obiettivi del Piano di Tutela relativi al Fiume Olona**

Dal punto di vista qualitativo l'esame del PTUA della Regione Lombardia, approvato con Delibera regionale del 29 marzo 2006, evidenzia una situazione di stress sull'intero bacino, con sintomi di alterata capacità

autodepurativa del fiume; tutte le stazioni di monitoraggio, nonché il 90% delle stazioni dell'intero bacino, presentano SECA in classe 4 o 5, corrispondente a qualità scadente o pessima. Lo studio dei parametri rilevati nelle varie stazioni di monitoraggio evidenzia un progressivo e costante aumento del carico inquinante lungo l'asta fluviale.

Il D.Lgs.152/2006 prevede entro il 2016 il mantenimento o raggiungimento per i corpi idrici significativi superficiali e sotterranei dell'obiettivo di qualità ambientale "buono" e il mantenimento, ove esistente, dello stato "elevato".

E' previsto che le Regioni possano motivatamente stabilire termini diversi o obiettivi di qualità ambientale meno rigorosi per taluni corpi idrici, qualora ricorrano particolari condizioni.



LEGENDA

Corpi idrici significativi ai sensi del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 e succ. modif. e integ.

Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (SECA)

- Classe 1 - Ottimo
- Classe 2 - Buono
- Classe 3 - Sufficiente
- Classe 4 - Scadente
- Classe 5 - Pessimo

Stato Ecologico dei laghi secondo la nuova metodologia IRSA-CNR

- Classe 1 - Ottimo
- Classe 2 - Buono
- Classe 3 - Sufficiente
- Classe 4 - Scadente
- Classe 5 - Pessimo

Misura dello Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (SECA) alle stazioni di monitoraggio qualitativo ARPA

Stazioni dei corsi d'acqua naturali

- Classe 1 - Ottimo
- Classe 2 - Buono
- Classe 3 - Sufficiente
- Classe 4 - Scadente
- Classe 5 - Pessimo

Stazioni dei canali artificiali

- Classe 1 - Ottimo
- Classe 2 - Buono
- Classe 3 - Sufficiente
- Classe 4 - Scadente
- Classe 5 - Pessimo

Altre informazioni rappresentate

- Urbanizzato

Figura 3 – Stato ecologico del Fiume Olona

Nel PTUA della Regione Lombardia, per salvaguardare le caratteristiche degli ambienti acquatici, sono stati definiti degli obiettivi di riqualificazione ambientale dei corsi d'acqua ed i conseguenti indirizzi e criteri di intervento, al fine di mantenere e migliorare le condizioni di assetto complessivo dell'area fluviale. A tale fine i tronchi d'alveo dei principali corsi d'acqua regionali sono stati classificati in funzione della potenzialità di riqualificazione come segue:






- tratti OK sui quali intraprendere azioni di tutela ambientale;
- tratti Rpot, sui quali intraprendere azioni di riqualificazione ambientale;
- tratti KO, sui quali intraprendere azioni di recupero ambientale.



#### LEGENDA

Corpi idrici significativi ai sensi del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 e succ. modif. e integr.

Zonizzazione dei principali corsi d'acqua naturali

-  KO
-  OK
-  Rpot
-  Altri corsi d'acqua naturali non oggetto di studio
-  Laghi naturali

Altre informazioni rappresentate

-  Urbanizzato

Figura 4 – Riqualificazione potenziale dei corsi d'acqua significativi

La condizione ambientale critica del F. Olona messa in evidenza dallo Stato ecologico comporta la necessità di intraprendere interventi di recupero ambientale per migliorare la qualità del corso d'acqua: infatti il gruppo dei corsi d'acqua milanesi Lambro-Seveso-Olona nel suo complesso, rappresenta l'area di massima pressione antropica della Lombardia, con un carico molto elevato in termini sia di popolazione residente, con la presenza di oltre 5 milioni di abitanti, sia di attività. Sulla base di ciò, per il F. Olona (e per tutti gli altri corsi d'acqua significativi del bacino del Fiume Lambro, ad eccezione solo del tratto del F. Lambro a monte di Monza) si assume l'obiettivo di qualità "sufficiente", da raggiungere alla data del 2016.

#### 1.4.1.2 Rischio idraulico

Secondo lo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona" dell'Autorità di Bacino del Po, l'area oggetto di interesse risulta trovarsi interna ad una delle 4 vasche di espansione previste lungo il Fiume Olona.

Si tratta della vasca di espansione n°3 situata nella zona tra i comuni di Gorla Maggiore e Fagnano Olona, con sezione di chiusura nei pressi del confine tra Gorla Maggiore e Minore. Si tratta di una vasca in linea sul fiume Olona, che si estende a monte per circa 1,3 km. Il volume di laminazione stimato è di 550.000 m<sup>3</sup> con la funzione di eliminare le situazioni di criticità localizzata presenti nel tratto seguente del fiume che precede l'imbocco nella tombinatura di Milano, permettendo una riduzione consistente dei colmi di piena provenienti da monte da 76 a 45 m<sup>3</sup>/s.

A monte di tale vasca nel citato studio sono previste anche la vasca n°1 in fase di completamento in località Ponte Gurone tra i comuni di Malnate e di Varese e la vasca n°2 nella cosiddetta “piana di Lozza”. Più a valle, tra San Vittore Olona, Canegrate e Parabiago, è prevista la vasca n°4.

Il presente progetto, potrebbe essere integrato all’interno della vasca prevista dallo studio citato, come un comparto con la duplice funzione della laminazione degli scarichi fognari per tempi di ritorno in linea con quelli previsti per la progettazione delle reti fognarie, come previsto da PRRA, e della laminazione delle piene di Olona per tempi di ritorno molto superiori.

Per quanto riguarda la compatibilità con le aree di allagamento del fiume Olona come è stato considerato come assetto di stato di fatto quello con realizzata la vasca di Ponte Gurone, attualmente in fase di realizzazione. In questo assetto nel tratto in cui è prevista la vasca volano l’Olona è in grado di contenere la portata centennale e pertanto l’opera oggetto della presente progettazione non va ad interferire con l’area di esondazione del fiume Olona.

#### 1.4.1.1 Obiettivi depurativi

Il Fiume Olona presenta uno stato qualitativo classificato come “scadente” ed in alcuni tratti come “pessimo”. L’obiettivo di qualità fissato dal PTUA per il 2016 è il raggiungimento della classe di qualità ambientale “sufficiente”. Secondo i dati del PTUA, il Fiume Olona presentava nella stazione di monitoraggio di Fagnano Olona un valore di inquinamento da macrodescrittori (LIM) pari a 105 nel 2000, a 110 nel 2002 e a 35 nel 2003. A tali punteggi corrispondono plausibilmente concentrazioni di BOD<sub>5</sub> e COD maggiori o uguali rispettivamente a 15 e 25 mg/l. Per il raggiungimento dell’obiettivo di sufficiente, è necessario il raggiungimento di concentrazioni intorno a 8 mg/l di BOD e a 15 mg/l di COD.

In base alle considerazioni precedentemente espresse, si ritiene quindi di dover assicurare innanzitutto un buon abbattimento sia di BOD che di SS, prevedendo riduzioni nelle concentrazioni di ingresso del 70-80% per il BOD e del 90% per i SS. Inoltre, dato che le concentrazioni variano in funzione dell’evento meteorico, si ritiene di dover garantire un trattamento in continuo, tale da bloccare maggiori inquinanti in termini di quantità di massa e di offrire di conseguenza un maggior livello di protezione ambientale. Il sistema sarà cioè concepito non per trattare un volume di prima pioggia, bensì una portata di prima pioggia; il sistema a flusso libero consentirà inoltre anche un trattamento delle portate di seconda pioggia, oltre che un affinamento delle prime piogge trattate nello stadio a flusso sommerso.

#### 1.4.2 Caratterizzazione quali-quantitativa delle acque di sfioro della fognatura mista

Lo scolmatore fognario oggetto del presente progetto, una volta entrato in funzione durante un evento meteorico, può trasportare verso il Fiume Olona, mescolati con le acque di pioggia, reflui di tipo civile provenienti dalla fognatura mista del Comune di Gorla Maggiore per una superficie drenata complessivamente pari a 56,38 ha.

La popolazione dell’area è stimata in 2017 a.e. 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. Per la caratterizzazione delle portate nere si sono assunti carichi specifici unitari pari 60 kg/abxgiorno di BOD, 12 kg/abxgiorno di Azoto totale e 80 kg/abxgiorno di TSS, valori comunemente riportati in letteratura (Masotti, 1990) e un coefficiente di diluizione minimo pari a 3.75 (in linea con la normativa regionale per la quale si devono collettare al depuratore tutte le portate minori o uguali a 3.75 volte la portata media di tempo secco, ovvero 750 l/a.e. gg).

Parametro	Concentrazione (mg/l)
BOD <sub>5</sub>	80
TSS	106
N-NH <sub>4</sub>	16

Tabella 2 – Concentrazioni massime delle acque nere diluite (3.75Qn)

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 scolatori 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 residenziali/commerciali	Aree agricole	Aree incolte
BOD <sub>5</sub>	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 <sub>4</sub> -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 3 – Comparazione di qualità chimica di acque meteoriche raccolte da aree di diversa natura (Kadlec and Knight, "Treatment Wetlands", 1996)

Dalla Tabella 3 si può notare come le aree impermeabilizzate interessate da traffico veicolare o da attività umane siano delle efficaci sorgenti di inquinamento diffuso.

Tipologia superficie dilavata	Concentrazione media di tutti gli eventi					
	HC tot (µg/l)	Zn solubile (µg/l)	Cu solubile (µg/l)	Fosforo (mg/l)	Azoto (mg/l)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)
Parcheggio zona commerciale	75,6	64	10,7	0,2	1,94	10,5
Strada alto traffico	15,2	73	11,2	0,31	2,95	14,9
Strade medio traffico	11,4	44	7,3	0,23	1,62	11,6
Strade basso traffico	1,72	24	7,5	0,14	1,17	5,8
Tetti zona commerciale	2,1	263	17,8	0,09	2,09	17,5
Tetti zona residenziale	0,6	188	6,6	0,06	1,46	9
Viali accesso zona residenziale	1,8	27	11,8	0,35	2,1	13
Prati zona residenziale	n.a	n.a	n.a	2,33	9,7	22,6

Tabella 4 - Qualità delle acque di dilavamento provenienti da varie superfici di un bacino urbano del Michigan (Steuer et al., 1997)

I dati di qualità, riportati nella Tabella 4, sono riferiti a 550 campioni prelevati nel corso di 12 eventi. La tabella mostra che le acque di dilavamento di aree a parcheggio sono quelle che presentano la maggiore concentrazione di idrocarburi, mentre quelle che dilavano i tetti sono caratterizzate dalla maggiore concentrazione di zinco; del tutto analoghe fra loro risultano invece le concentrazioni delle acque di dilavamento delle varie aree per quanto riguarda gli inquinanti convenzionali (BOD<sub>5</sub> e nutrienti).

I valori di concentrazione dei vari inquinanti nelle acque di dilavamento dipendono, come mostrato dalle precedenti Tabelle, da numerosi fattori: entità e tipologia del traffico veicolare, intensità dell'evento meteorico, distanza temporale tra due successivi eventi di pioggia sono tra i principali. Per questi motivi non è semplice fornire dei valori di riferimento validi in assoluto. Per quantificare il carico associato ad uno scolaratore di acque di pioggia, sarebbe quindi necessaria per ogni manufatto un'accurata analisi idrologica del bacino drenato in modo da determinare l'intensità degli eventi di pioggia che provocano lo scarico, le portate sversate e il carico inquinante ad esse associato.

Attualmente non risultano studi che correlino gli eventi di prima pioggia con lo stato di qualità ambientale dei corpi recettori poiché in genere questo problema è affrontato in coincidenza di eventi critici segnalati da impatti evidenti quali le morie di pesci. Tuttavia esistono studi che associano questi impatti ad alcuni cicli fondamentali per la vita acquatica (per esempio il ciclo dell'ossigeno). Di seguito viene riportata una tabella in cui vengono descritti i contaminanti e le relative fonti nel caso di dilavamento delle aree urbane.

Contaminanti	Fonte dei contaminanti
Sedimenti e materiali galleggianti	strade, prati, viali, attività costruttive, deposizioni atmosferiche, erosione di canali di drenaggio
Pesticidi ed erbicidi	Giardini e prati residenziali, aree sportive (campi di golf, ecc.), parchi pubblici
Materiali organici	Giardini e prati residenziali, marciapiedi, rifiuti animali
Metalli	Autoveicoli (freni, gomme, ecc), ponti, deposizioni atmosferiche, aree industriali, erosione dei suoli, corrosione delle superfici metalliche, processi di combustione
Oli e grassi/idrocarburi	Strade, parcheggi, aree di servizio, scarico illegale negli sfioratori di piena
Batteri e virus	Prati, strade, perdite da tubazioni fognarie, sistemi settici
Azoto e fosforo	Fertilizzanti, deposizioni atmosferiche, scarichi degli autoveicoli, erosione dei suoli, rifiuti animali, detersivi

Tabella 5 – Sostanze contaminanti e relative fonti (Fabiani et al., 2006)

Tra questi contaminanti, quelli dotati di attività potenzialmente tossica includono i metalli come piombo, rame e zinco, e composti organici come oli, grassi, ftalati ed idrocarburi clorurati. Ad esempio, in un programma di monitoraggio eseguito nell'intero territorio statunitense (U.S. EPA, 1993), rame, zinco e piombo sono stati rilevati in più del 90% di campioni di acque di prima pioggia, e 14 composti organici tossici in più del 10% dei campioni. In relazione agli effetti tossici nei recettori, nutrienti e sostanze organiche tendono a stimolare le attività di decomposizione batterica e il conseguente consumo di ossigeno, fino a un suo eventuale esaurimento. Numerosi casi di morie di pesci sono dovuti proprio alla deossigenazione dei corpi idrici conseguente al dilavamento. Anche i sali utilizzati sulle strade durante il periodo invernale possono essere dilavati e raggiungere le acque con concentrazioni tossiche per gli organismi acquatici. La notevole quantità di sedimento trasportata dalle acque di prima pioggia ha effetti dannosi per la vita acquatica. Il sedimento in sospensione, irritando le branchie, favorisce l'insorgenza di infezioni e malattie nelle popolazioni ittiche. Inoltre, i sedimenti possono veicolare nutrienti, batteri, metalli tossici e sostanze organiche nelle acque. Sono stati descritti i mutamenti termici che il runoff urbano induce, favorendo così lo sviluppo di fioriture algali e causando forti impatti su organismi acquatici di acque fredde.

Ad esempio l'ARPA Emilia Romagna, nell'ambito dello studio iniziato nel 2002 "Analisi modellistiche qualitative quantitative della regione" ha cercato di stimare gli apporti inquinanti degli sfioratori fognari di reti miste in condizioni medie su base annuale: dalle simulazioni compiute su alcuni bacini urbani sperimentali della rete fognaria di Bologna, è stato possibile individuare valori specifici che consentono di stimare il carico

inquinante sversato dagli sfioratori in funzione della superficie impermeabile a monte dello sfioratore stesso e dell'altezza di pioggia.

Parametro	Carico inquinante (kg/ha/mm)	Carico inquinante bacino gorla n°1 ( kg/ha/mm)
<b>BOD<sub>5</sub></b>	0,297	0,297
<b>COD</b>	0,68	0,68
<b>P<sub>tot</sub></b>	0,010	0,010
<b>N<sub>tot</sub></b>	0,032	0,032

Tabella 6 – Apporti unitari per ettaro urbano impermeabilizzato e per mm di pioggia caduta (ARPA ER, 2006)

Nel caso in esame la superficie effettiva drenata è stata stimata pari a circa 20 ha, per cui si otterrebbe un carico inquinante annuo sversato nell'Olona pari a circa 6 kg BOD ogni mm di pioggia. Considerando che in media si hanno circa 1100 mm/anno, questo corrisponde ad un carico complessivo di 6,6 t/anno.

Dai valori proposti da ARPAER si può risalire alle seguenti concentrazioni, in linea con i valori medi indicati nella Tabella 3. Valori maggiori si ottengono invece considerando un evento meteorico meno intenso e più distribuito nel tempo.

Parametro	Concentrazione (mg/l)
<b>BOD<sub>5</sub></b>	30
<b>COD</b>	67
<b>N<sub>tot</sub></b>	3

Tabella 7 – Concentrazioni di inquinanti calcolate con il metodo proposto da ARPA Emilia Romagna

I valori indicati in tabella sono valori medi, indipendenti dal fatto che l'evento si distribuisca in 1 h oppure in 24 h; dato che sono stati ricavati empiricamente su un certo numero di eventi di pioggia, rappresentano un evento di pioggia medio.

Oltretutto i valori indicati da ARPAER rappresentano valori medi anche per quanto riguarda gli a.e. drenati; essendo riferiti a misurazioni condotte in diversi punti della città di Bologna, sono riferibili ad una densità abitativa probabilmente maggiore di quella di Gorla Maggiore (dove su un bacino di 50 h, insistono circa 2000 a.e.)

Le concentrazioni di progetto da assumere nei dimensionamenti sono il risultato della miscelazione tra la portata nera veicolata in fognatura e dalle portate di pioggia, dilavanti aree urbane e cariche anch'esse di inquinanti con concentrazioni che dipenderanno da diversi fattori (intensità evento meteorico, idrogramma prodotto, periodo tempo secco antecedente, ecc).

Per individuare le concentrazioni di progetto in ingresso al sistema si è quindi seguito un percorso più analitico:

- si sono considerate le concentrazioni di acque meteoriche in ingresso al sistema partendo dai valori indicati in Tabella 3; si è assunta una concentrazione variabile dei vari parametri considerando di avere le punte di concentrazione distribuite nei primi 5 mm dell'evento meteorico e i valori medi distribuiti su tutto quanto l'idrogramma generato dall'evento meteorico considerato;
- si sono considerate le concentrazioni di acque reflue riportate in Tabella 2;
- si è calcolata la concentrazione degli inquinanti derivante dalla miscelazione tra le portate di acque meteoriche date dagli idrogrammi considerati e le portate di acque nere corrispondenti ad una portata pari a  $3.75Q_m$

Si sono considerati due idrogrammi corrispondenti ad eventi di pioggia di 5 mm/h e 10 mm/h.

Dato che lo scolmatore entra in funzione quando alla portata media giornaliera di acque nere (circa 5 l/s) si somma una portata pari a  $2.5 Q_m$  (circa 18 l/s), si è stimato che l'evento in grado di produrre 13 l/s di acque meteoriche su quel bacino sia un evento di circa 0,20 mm/h. Per tali eventi è difficile calcolare l'idrogramma di piena con i modelli a disposizione (tarati per portate "di piena"), per cui è stata fatta un'approssimazione considerando un idrogramma dato da valori volumetrici 25 volte inferiori.

In tal modo si ottiene una portata media di 25 l/s che può protrarsi idealmente per un certo numero di ore, con una concentrazione media di BOD<sub>5</sub> pari a circa 75 mg/l; facendo lo stesso ragionamento

- per un evento di 0,5 mm/h si ottiene 36 l/s ed una concentrazione di 72 mg/l;
- per un evento di 1 mm/h si ottiene 50 l/s ed una concentrazione di 70 mg/l;
- per eventi più consistenti di 5 e 10 mm/h che producono rispettivamente portate 210 e 390 mm/h con concentrazioni medie attese di 60 e 40 mg/l

Considerando che, secondo vari testi di idrologia consultati e secondo analisi statistiche condotte su dati giornalieri di varie località del Nord Italia:

- mediamente il 90% degli eventi meteorici giornalieri è minore di 8-10 mm;
- la durata media della pioggia giornaliera è pari a circa 5-8 h

si assume nei dimensionamenti un evento meteorico rappresentativo di 2 mm/h avente una durata di 5 h; con tale evento si ottengono concentrazioni teoriche di BOD<sub>5</sub> pari a circa 70 mg/l e una portata media di 95 l/s.

Nei dimensionamenti si sono quindi considerate le seguenti situazioni a nostro avviso rappresentative per valutare le condizioni di carico più critiche per il sistema di depurazione e sulla base di queste si sono effettuati i dimensionamenti dei sistemi di depurazione.

Evento	2 mm/h	5 mm/h	10 mm/h
Portata (l/s)	90	210	390
BOD <sub>5</sub>	70	60	40
COD	210	180	120
SST	300	380	390
N <sub>tot</sub>	6	3	2

Tabella 8 – Caratterizzazione dello scarico

Per il calcolo del COD si è assunto un rapporto COD/BOD = 3, leggermente superiore a quello utilizzato nei reflui civili (2,2) data la presenza delle acque di dilavamento di superfici urbane. Per i solidi sospesi si è assunto che in corrispondenza di eventi più intensi (5 e 10 mm/h) la concentrazione possa essere più elevata in quanto è maggiore la % di solidi dilavati e portati in sospensione.

Le acque di seconda pioggia, meno inquinanti delle acque di prima pioggia che vengono trattate con sistemi di filtrazione verticale, vengono inviate in un bacino di ritenzione prolungata che funge contemporaneamente da vasca volano. Esso ha lo scopo di laminare le portate in eccesso e di restituirle al corpo recettore nel tempo affinando ulteriormente il processo di depurazione.

La massima portata meteorica scaricabile nei recettori superficiali viene fissata dal Piano di Tutela delle Acque, per le aree già dotate di pubblica fognatura, in 40 l/s\*ha<sub>imp</sub>: applicando tale criterio al bacino scolante relativo alla rete fognaria a servizio del comune di Gorla Maggiore, si ricava un valore di 0.79 l/s. Per i dimensionamenti della vasca e dei manufatti si è assunta una portata massima scaricata in Olona pari a 0.70 m<sup>3</sup>/s.

### 1.4.3 Criteri di scelta dell'area di ubicazione dell'impianto

I criteri generali adottati per la scelta del posizionamento dell'impianto sono i seguenti:

- localizzazione dello sfioratore;
- usi attuali e futuri dell'area, infatti l'area in esame è già oggetto di un progetto di riqualificazione ambientale e attualmente è occupata da un pioppeto maturo per essere abbattuto;
- riduzione del rischio idraulico;
- caratteristiche geologiche e idrogeologiche;
- caratteristiche ambientali in generale.

Il sito per l'ubicazione dell'impianto è stato individuato in accordo con la Committenza.



#### **1.4.4 Inquadramento territoriale, caratteristiche del sito e vincoli**

Lo sfioratore e la rete fognaria appartengono al territorio di Gorla Maggiore, mentre l'area di intervento si sviluppa su di una superficie complessiva di 6,8 ha, sita sia nel Comune di Gorla Maggiore per 4,4 ha (65%) e che nel Comune di Fagnano Olona per 2,4 ha (35%).

L'intervento si colloca nella valle del Fiume Olona, in un'area ora ricoperta da un pioppeto delimitata ad Ovest dal Fiume Olona, a Nord dal limite comunale di Fagnano Olona, ad Est dalla Ferrovia della Valmorea, affiancata dalla Strada Comunale Via per Fagnano al piede di una ripida scarpata e a Sud dalla Ditta Ravazzani & Fortunato, ditta distributrice dell'acqua Lurisia.

Si tratta di una zona verde, dove attualmente è presente un pioppeto, destinato ad essere abbattuto per la commercializzazione del legname.

Dato che l'area, catalogata come zona di Pianura ad Alta Urbanizzazione (PAU), è già oggetto di un disegno di valorizzazione del verde, è stata posta particolare cura all'inserimento paesaggistico del sistema di trattamenti naturali.

L'intervento proposto si inserisce, quindi, nell'ambito di un più vasto progetto per la riqualificazione e la fruizione dell'area, ponendo così particolare attenzione all'obiettivo della multifunzionalità. Inoltre, il sito appartiene alla rete ecologica del Comune di Gorla Maggiore.

La maggior parte dei terreni interessati dall'intervento si collocano nel comune di Gorla Maggiore, in particolare quelli in cui sono previsti i sistemi di fitodepurazione e la vasca volano (lotto n°1), mentre la parte del progetto di riqualificazione e sistemazione del verde (lotto n°2) e lo sbocco della vasca volano verso il Fiume Olona ricade anche nel comune di Fagnano Olona.

I fogli di mappa interessati sono i numeri 9 e 11 del Comune di Fagnano Olona e il numero 4 del Comune di Gorla Maggiore.

Per quanto riguarda il lotto n°1, oggetto della presente progettazione esecutiva, le particelle interessate sono le seguenti:

Comune di Gorla Maggiore: 551-556-673-836 Foglio n° 4

Comune di Fagnano Olona: 892-893-894-2636 Foglio n° 9

Il sistema di fitodepurazione e laminazione delle acque scolmate dalla fognatura mista in questione è situato sulla sponda sinistra del Fiume Olona in un'area interna alla Fascia A del **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Po** adottato con delibera di Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001 ed approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 24 maggio 2001.

La Direttiva prevede di favorire la destinazione prevalente delle Fasce A e B ad aree a primaria funzione idraulica e di tutela naturalistica e ambientale prevedendo destinazioni che ne migliorino le caratteristiche favorendo l'integrazione delle Fasce A e B nel contesto territoriale e ambientale, ricercando la massima coerenza possibile tra l'assetto delle aree urbanizzate e le aree comprese nella fascia.

Sono sottoposti a **vincolo idrogeologico** (R.D.L. n° 3267 del 30/12/1923) tutti i terreni, di qualsiasi natura e destinazione, che per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con quelle attuali (trasformazione di boschi in altre qualità di coltura, trasformazione di terreni saldi in terreni soggetti a periodica lavorazione, lavorazione da bosco o pascolo a coltura agraria, dissodamento dei terreni) possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque.

Il tratto di Olona in cui si colloca il presente progetto era storicamente sede di diversi impianti industriali, quali cartiere e concerie, che ai giorni d'oggi assumono rilevante importanza storica pertanto risultano sottoposte a **vincolo storico-artistico**.

Inoltre l'area dove si localizzerà l'impianto di fitodepurazione risulta interna alla fascia di circa 150 metri lungo il corso d'acqua sottoposta a **vincolo archeologico**, in quanto nei secoli precedenti dopo piene alluvionali significative sono stati ritrovati reperti d'interesse forse trascinati dalle piene stesse. Ai fini della

tutela di queste aree, gli scavi o le arature dei terreni di profondità maggiore di 50 centimetri, devono essere preventivamente segnalati alla Soprintendenza Archeologica e nell'eventualità di scavi o movimenti di terra, gli stessi devono essere effettuati attraverso l'uso di mezzi idonei al fine di salvaguardare l'integrità di eventuali reperti. I lavori di scavo dovranno essere eseguiti con l'assistenza di personale specializzato in grado di riconoscere e documentare i livelli archeologici, sotto la direzione della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Lombardia; nel caso di rinvenimenti, dovrà essere effettuato uno scavo archeologico nei tempi e nei modi da concordarsi con la Soprintendenza. Prima dell'inizio dei lavori, dovranno essere concordate le modalità di intervento con l'ufficio predisposto, come prescritto nella nota n°14688 del 30-12-08 prot. 477 della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Lombardia.

L'area oggetto di studio risulta interessata **dal vincolo ambientale** della Legge Galasso (l. n° 431 dell'8/8/1985, art. 1, lett. c), secondo la quale sono tutelate le zone di particolare interesse ambientale e sottoposti a vincolo paesaggistico di cui alla L. 1497/1939, i territori costieri e quelli contermini ai laghi (300 metri dalla linea di battigia); fiumi, torrenti e corsi d'acqua (150 metri dalla sponda o piede dell'argine); le montagne (oltre i 1600 metri s.l.m. per le Alpi e 1200 metri per gli Appennini); i ghiacciai e i circhi glaciali; i parchi e le riserve nazionali e regionali; le foreste e i boschi; le zone gravate da usi civici (300 m dalla linea di battigia); le zone umide; i vulcani e le zone di interesse archeologico.

Successivamente, il Decreto Legislativo n° 490 del 29/10/1999 ("Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali), con l'articolo 146 riprende l'elenco dei beni da sottoporre a tutela.

**L'area è quindi soggetta a vincolo storico, artistico e archeologico ai sensi del D. Lgs. N° 490 del 29/10/1999.**

Secondo il Piano Regolatore Generale vigente del Comune di Gorla Maggiore (2005; 2008) l'area è inclusa nell'ambito delle zone a verde. Nello specifico l'area rientra interamente nelle zone di "Zone di rispetto e salvaguardia ambientale" (E2) che "riguardano le zone agricole ove è vietata ogni modificazione della morfologia agraria, vegetale e topografica esistente, a protezione dell'ambiente naturale e del prossimo abitato; è imposto quindi il mantenimento di filari di alberi, di gruppi di alberi, di siepi, di recinzioni e di alberi consistenti elementi di verde".

L'azonamento del Comune di Fagnano secondo il Piano Regolatore Generale vigente (2003) include l'area di progetto all'interno della "Zona Omogenea E" definita come "le parti del territorio destinate ad usi agricoli e boschivi, o ad essi assimilabili, nonché alla conservazione allo stato di natura al fine di garantire protezione paesistica ed ambientale". Il PRG di Fagnano Olona riporta l'area anche all'interno della "Fascia A" (o Fascia di deflusso della piena) del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) "costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena".

#### 1.4.5 Caratteristiche tecniche degli elementi componenti il sistema di fitodepurazione

La descrizione dettagliata dei vari componenti del sistema di fitodepurazione è riportata nel Disciplinare Descrittivo del Progetto Definitivo consegnato. Si riporta una tabella riassuntiva contenente tutti i criteri di scelta adottati per ogni singolo componente.

Elemento di analisi	Scelta	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4
<b>Tipologia e geometria impianto</b>	<b>Sistema multistadio di trattamenti naturali in continuo</b>	Massimizzare la capacità di abbattimento in termini di quantità di massa	Laminazione delle portate di piena e riduzione del rischio idraulico	Contenimento dei costi di gestione	Ottimizzare l'inserimento paesaggistico e la fruibilità dell'intervento
<b>Trattamenti preliminari</b>	<b>Grigliatura meccanica: griglia a gradini</b>	Evitare il trascinarsi di materiale grossolano verso gli stadi successivi del processo	Agevolare l'estrazione e l'allontanamento del grigliato	Limitazione della diffusione di cattivi odori	
<b>Trattamenti preliminari</b>	<b>Dissabbiatore</b>	Rimozione oli, sabbie e terriccio per evitare la riduzione dei volumi utili degli stadi	Equalizzazione delle portate	Riduzione dell'energia cinetica	

		successivi			
<b>Sistema di filtrazione a flusso sommerso</b>	<b>Sistema orizzontale/verticale alla "tedesca" con riempimento a strati di diverse granulometria</b>	Elevate rese di abbattimento grazie alle diverse condizioni idrauliche che si instaurano durante il funzionamento	Capacità di laminazione	Utilizzo di diverse granulometrie del medium per minimizzare il rischio di fenomeni di occlusione	Trattamento in continuo delle acque di pioggia
<b>Medium di riempimento sistema di filtrazione</b>	<b>Ghiaia fine e Risetta</b>	Scelta della porosità in modo da assicurare una adeguata conducibilità idraulica	Buona efficienza dei processi di rimozione per sedimentazione	Buon supporto per lo sviluppo della comunità di macrofite	Buon supporto per lo sviluppo del biofilm batterico, principale responsabile della rimozione di inquinanti
<b>Sistema di alimentazione sistema di filtrazione</b>	<b>Canalette in cls con stramazzo per le portate più elevate e sistema di distribuzione iniziale per quelle più basse</b>	Possibilità di far funzionare il sistema nel modo più congeniale a seconda delle portate in arrivo	Massima uniformità nella distribuzione del refluo	Ridotto rischio di intasamenti	
<b>Sistema di drenaggio vasche</b>	<b>Tubazione in Pead corrugata micro fessurata</b>	Prelievo effettuato dal fondo vasca	Impedisce l'infiltrazione di materiale grossolano	Permette di effettuare il controlavaggio	Permette l'aerazione del letto
<b>Sistema FWS</b>	<b>Sistema a profondità variabile piantumato con essenze idrofite ed elofite</b>	Trattamento delle acque di prima e seconda pioggia	Creazione di microhabitat differenziati		
<b>Medium di riempimento zone filtranti FWS</b>	<b>Ghiaia 5-10 mm</b>	Scelta della porosità in modo da assicurare una buona conducibilità idraulica	Buona efficienza dei processi di rimozione per sedimentazione	Buon supporto per lo sviluppo della comunità di macrofite	Buon supporto per lo sviluppo del biofilm batterico, principale responsabile della rimozione di inquinanti
<b>Substrato fondo FWS</b>	<b>terreno vegetale + Ghiaia 5-10 mm</b>	Necessità di offrire un buon substrato per l'attecchimento delle piante	Buon supporto per lo sviluppo del biofilm batterico, principale responsabile della rimozione di inquinanti	Ghiaia per evitare eccessiva risospensione del terreno	
<b>Impermeabilizzazione vasche di filtrazione e FWS</b>	<b>Geomembrana in PeAD</b>	Modesto impatto ambientale rispetto ad altre alternative	Impermeabilizzazione totale del sistema	Alta resistenza meccanica e chimico-fisica	Facilità di modellazione nella posa in opera per vasche con forme regolari
<b>Rivestimento vasche di filtrazione</b>	<b>Utilizzo di TnT</b>	Modesto impatto ambientale rispetto ad altre alternative	Separazione della sabbia dal terreno e protezione superficie geomembrana sul lato esterno.	Biodegradabile	
<b>Rivestimento sponde sistemi di filtrazione a flusso sommerso</b>	<b>Semina ricoprimento con juta</b>	Mitigazione dell'impatto ambientale della geomembrana	Permette di impacchettare uno strato di terreno	Difesa dall'erosione delle sponde nel periodo successivo della semina e Impedisce il ruscellamento della terra in caso di forti piogge	Rende le sponde già facilmente fruibili
<b>Pozzetti di regolazione</b>	<b>Camerette in CIs</b>	Facile ispezionabilità	Facile manovrabilità del regolatore di livello		

<b>Piantagione per sistemi di filtrazione a flusso sommerso</b>	<b>Phragmites australis</b>	Forte capacità di sopravvivenza in situazioni ambientali estreme e buona sopportazione di reflui aggressivi	Ampio utilizzo di queste essenze nelle zone umide costruite a livello internazionale e quindi maggiori garanzie generate dalla maggiore conoscenza scientifica dei comportamenti in svariati scenari	Specie autoctona, di facile ed economica reperibilità	Maggiore sviluppo parte radicale rispetto alle altre macrofite
<b>Piantagione per sistema FWS</b>	<b>Piante acquatiche (varie specie)</b>	buona sopportazione di reflui con caratteristiche variabili e anche aggressive	Ampio utilizzo di queste essenze nelle zone umide costruite a livello internazionale e quindi maggiori garanzie generate dalla maggiore conoscenza scientifica dei comportamenti in svariati scenari	Specie autoctone della zona	
<b>Derivazione dall'Olona</b>	<b>Portata 5 l/s</b>	Compensazione delle perdite evaporative e mantenimento del sistema costantemente umido	Evitare la diffusione di zanzare e insetti e creazione di un habitat ad elevata biodiversità	Funzionamento come wetland fuori alveo migliorando la qualità del F. Olona	

#### 1.4.6 Caratteristiche tecniche degli elementi componenti il sistema fognatura - vasca volano

##### 1.4.6.1 Manufatto scolmatore di ingresso al sistema

Il manufatto scolmatore è stato progettato per funzionare correttamente al variare della portata in arrivo dalla rete fognaria di Gorla Maggiore. Come detto precedentemente infatti ad oggi la rete fognaria comunale non è in grado di smaltire l'intera portata decennale (Q=3.40 mc/s). Attualmente il tratto terminale della rete è costituito da un collettore DN 500 mm con pendenza del 18.5%. Questo collettore a pieno riempimento è in grado di convogliare una portata massima di 1.7 mc/s.

Pertanto nel dimensionamento del manufatto si è verificata la funzionalità dell'opera oltre che per eventi ordinari anche per eventi con portate di picco corrispondenti alla massima portata attualmente in grado di essere convogliata dalla rete fognaria (1.7 mc/s) e alla massima portata generata dal bacino urbano drenato per T=10 anni (3.4 mc/s).

La ripartizione delle portate tra i diversi componenti del sistema sarà gestita da un manufatto scolmatore da realizzarsi in sostituzione di quello oggi esistente, posto a valle dell'attraversamento della ferrovia della Valmorea.

La condotta esistente DN 500 mm entra nel manufatto a quota 219.58 m s.l.m. in un primo comparto, con savanella di fondo a quota 219.40 m s.l.m.. Fintanto che il livello nel manufatto è inferiore a 219.58 m s.l.m., l'intera portata in ingresso prosegue, attraverso una luce circolare DN 160 mm con regolatore di portata, verso un secondo comparto con quota di fondo posta a quota 218.74 m s.l.m. e da qui verso il collettore consortile attraverso una condotta DN 400 mm.

Quando il livello supera 219.58 m s.l.m., parte delle portate inizia a defluire verso un secondo comparto con fondo a quota 219.58 m s.l.m. Da qui attraverso una luce di controllo rettangolare 0.7 m x 0.6 m regolata da paratoia automatizzata, le portate vengono convogliate verso il sistema di trattamento delle prime piogge.

Il collegamento tra manufatto e sistema di prima pioggia è dato da una condotta DN 800 mm con  $i=0.5\%$ .

Quando il livello nel manufatto raggiunge quota 220.25 m s.l.m. (67 cm) si attiva un ulteriore scolmatore di lunghezza 4 m che alimenta un comparto del manufatto regolato da una luce circolare DN 1000 mm con

paratoia manuale, da cui parte il collettore che alimenta la vasca volano, anch'esso con DN 1000 mm e pendenza 0.5%.

#### 1.4.6.2 Ripartizione delle portate nei diversi scenari

Fino a che la portata in arrivo al manufatto si mantiene inferiore a 20 l/s, questa viene interamente inviata alla depurazione attraverso la luce circolare DN 160 mm con regolatore di portata e da qui attraverso il collettore DN 400 mm viene inviata al collettore consortile.

Come detto all'aumentare della portata in arrivo si attiva anche il collegamento verso il sistema di prima pioggia. L'intera portata è inviata ai due sistemi di depurazione (collettore consortile e sistema di prima pioggia) fino a che il livello in vasca risulta inferiore o uguale a 220.25 m s.l.m. In corrispondenza di questo livello, le due aperture verso il collettore consortile e il sistema di prima pioggia funzionano a battente con una portata defluente rispettivamente di 20 l/s e 640 l/s. All'aumentare della portata in arrivo al manufatto, si attiva lo scolmatore che invia le acque alla vasca volano. Le portate che proseguono verso la depurazione o il comparto di prima pioggia all'aumentare del livello nel manufatto rimangono sostanzialmente inalterate grazie alla presenza di un regolatore di portata e di una paratoia automatizzata.

In corrispondenza della portata massima oggi convogliabile dalla rete pari a 1.7 mc/s il livello nel manufatto a monte dello sfioratore verso la vasca volano è pari a 220.54 m s.l.m.

Nell'ipotesi di adeguamento della rete con portata al colmo pari a 3.4 mc/s e di regolazione delle paratoie le portate vengono così ripartite

- collettore consortile: 0.02 mc/s
- 1° pioggia: 0.64 mc/s
- vasca volano: 2.78 mc/s

con un livello nel manufatto di 220.80 m s.l.m.

In entrambi gli assetti il tratto terminale della fognatura in arrivo risulta rigurgitato in corrispondenza della portata al colmo. Tuttavia a causa delle pendenze elevate della condotta in arrivo, il rigurgito si esaurisce nei 10 m a monte del manufatto.

#### 1.4.6.3 Vasca volano

Il sistema a flusso libero è inserito in una vasca volano del volume di 7700 mc e coprirà una superficie di circa 7200 mq; la portata di restituzione massima corrisponde al limite di 40 l/s ha, per portate superiori si ha quindi un aumento dei tiranti idrici all'interno della zona umida con possibilità di occasionale allagamento delle aree laterali facenti parte della vasca volano. In tali aree potrà essere prevista vegetazione arborea ed arbustiva privilegiando per le fasce limitrofe al sistema a flusso libero specie adatte a temporanei allagamenti.

La quota di fondo vasca sarà posta ad una quota media di 218.30 m s.l.m. con fondo degradante da monte verso valle per favorire lo svuotamento dell'invaso. Nella parte centrale dell'invaso è prevista un'area umida con pelo libero in condizioni ordinarie a quota 217.80 m s.l.m. Questa area umida sarà alimentata in continuo con acque dell'Olona grazie a un tubo di DN 125 mm. La dimensione molto ridotta del tubo fa sì che da un lato le portate derivate dall'Olona in magra siano ridotte e non causino problemi di DMV al fiume e dall'altro impedisce che vi siano fenomeni di riempimento della vasca con le acque del fiume. La portata che verrà derivata è dell'ordine dei 10 l/s. Il volume utile della vasca si troverà interamente al di sopra del livello dello specchio d'acqua. Le sponde della vasca sono poste ad una quota di 220.00 m s.l.m. Tenuto conto che lo sfioratore di emergenza è posto a quota 219.40 m s.l.m. e che questa è anche la quota prevista di massimo invasore, il volume da laminare è contenuto nella vasca con un franco di sicurezza di circa 60 cm.

Sul fondo vasca è realizzato un canale in terra con sezione trapezia avente base maggiore 1 m, base minore 0.5 m e altezza 0.4 m che consente in caso di portate non particolarmente elevate, di scaricare in Olona senza allagare il resto della vasca. Il canale in prossimità dell'argine dell'Olona e dello sfioratore di emergenza, entra in un pozzetto da cui parte un tubo DN 500 mm con pendenza dello 0.4% e lunghezza 5 metri con un clapet in testa per evitare il rigurgito dell'Olona.

La condotta scarica in Olona a quota 217.50 m s.l.m. in un punto in cui la quota di fondo del corso d'acqua è 217.17 m s.l.m.

Nello stesso punto è previsto a quota 219.40 m s.l.m. uno sfioratore di emergenza in massi cementati che consente di scaricare in Olona le eventuali portate che si hanno per eventi con tempo di ritorno superiore a 10 anni.

Per proteggere il fiume da fenomeni erosivi che si potrebbero generare a causa dello scarico della condotta e dello sfioratore d'emergenza si prevede di proteggere per 25 metri il fondo alveo e la sponda destra del corso d'acqua con massi sciolti di dimensione non inferiore ad 1 metro di diametro e peso di 1500 kg.

In condizioni di scarico libero la vasca inizia a scaricare praticamente da subito una portata via via crescente attraverso la luce di fondo e la condotta DN 500 mm. All'aumentare della portata in arrivo e conseguentemente del livello in vasca la luce inizia a funzionare sottobattente. La portata scaricata all'aumentare del livello cresce fino al valore massimo di 0.68 mc/s, corrispondente ad un livello massimo in vasca di 219.28 m s.l.m. Il volume complessivamente accumulato in vasca rappresentato dall'area compresa tra le due curve fintanto che la curva blu risulta più alto della curva viola è pari a 7100 mc.

In condizioni di scarico rigurgitato, all'inizio dell'evento il collettore di scarico non è in grado di scaricare niente in quanto il livello nella vasca risulta inferiore al livello in Olona. La presenza di un clapet sulla luce di scarico impedisce che le acque dell'Olona entrino nella vasca. Quando il livello in vasca supera il livello in Olona la vasca inizia a scaricare una portata via via crescente attraverso la luce di fondo e la condotta DN 500 mm. La portata scaricata all'aumentare del livello cresce fino al valore massimo di 0.70 mc/s, corrispondente ad un livello massimo in vasca di 219.37 m s.l.m. Il volume complessivamente accumulato nella vasca in questo assetto è pari a 7700 mc.

#### 1.4.6.4 Tubazioni, pezzi speciali, pozzetti

Tutte le tubazioni di collegamento fra i vari stadi del sistema saranno realizzate in PEAD per fognature interrato; per diametri superiori a DN630 mm si è previsto di ricorrere a tubazioni in calcestruzzo armato autoportanti. Le tubazioni di drenaggio dei filtri verticali saranno realizzate in PVC microforato o PEAD microfessurato. In corrispondenza di curve a 90° verranno collocati dei pozzetti con funzione di ispezione e in modo da evitare rotture.

Tutti i pozzetti sono prefabbricati in C.A.V. per evitare la realizzazione in opera, riducendo i costi ed i rischi sul luogo di lavoro; vengono posti in opera su platea in cls e rinfiacati in cls. I pozzetti sono di forma rettangolare e muniti di chiusini in ghisa per consentire la verifica e l'accesso del personale per la manutenzione per mezzo di una scala a muro in ferro.

### 1.5 DATI DI PROGETTO E CRITERI DI PROGETTAZIONE

#### 1.5.1 Dati di progetto e procedura di dimensionamento del sistema di trattamento acque di scolmo

Tradizionalmente le vasche di prima pioggia hanno lo scopo di raccogliere le acque di primo dilavamento delle superfici scolanti (acque di prima pioggia), che sono quelle che corrono il maggior rischio di inquinamento. Ad evento meteorico esaurito, tale volume viene inviato alla fognatura nera e di qui al trattamento di depurazione. Il presente progetto ha lo scopo di depurare tali portate tramite sistemi naturali direttamente in loco e di restituirle direttamente al corso d'acqua senza inviarle all'impianto di depurazione che ne risulta notevolmente alleggerito.

Come già accennato nell'inquadramento legislativo l'articolo 15 del regolamento regionale n°3 del 24 Marzo 2006 definisce il criterio per il calcolo della portata nera diluita da inviare all'impianto di trattamento (in questo caso l'impianto di Olgate Olona) come segue:

*“Gli sfioratori di piena delle reti fognarie di tipo unitario sono realizzati in modo da lasciare direttamente defluire all'impianto di trattamento delle acque reflue urbane la portata nera diluita corrispondente al più elevato dei valori derivanti dall'applicazione dei seguenti criteri:*

a) salvi i casi di cui al comma 2, 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/abxg, gli a.e. degli scarichi di acque reflue industriali non caratterizzabili in base all'apporto di sostanze biodegradabili;

b) rapporto di diluizione pari a 2 rispetto alla portata nera, calcolata come media giornaliera 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. [...]"

Il calcolo della portata nera diluita è stato quindi fatto seguendo le metodologie a) e b).

Nel caso della **metodologia a)** si è considerato un numero di abitanti equivalenti pari a 2017 cioè pari al 40% dell'intero abitato di Gorla Maggiore. Tenuto conto che nel bacino drenato non vi è significativa presenza di scarichi industriali è risultata una portata da inviare al trattamento pari a 17.50 l/s.

Per applicare la **metodologia b)**, anche in questo caso solo su scarichi civili, è necessario conoscere la portata nera media giornaliera generata nel bacino. Questa è determinabile come prodotto tra la dotazione idrica giornaliera, che è definita dalle autorità d'ambito per ciascuna regione e per la Lombardia è pari a 358 l/ab/giorno, per gli abitanti equivalenti serviti dalla rete, per un coefficiente di trasformazione pari a 0.8. Applicando questa metodologia la portata nera prodotta risulta pari a 6.69 l/s e pertanto la portata da inviare al depuratore pari a  $2 \times Q_n$  è 13.37 l/s.

Pertanto il valore massimo risultante dalle due metodologie è pari a **17.50 l/s** ed è la portata minima da inviare alla depurazione presa a riferimento per il dimensionamento del manufatto scolmatore.

Le acque di prima pioggia sono definite dalla L.R. 62 del 27.05.85, Art. 20 come "quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm (pari a 50 mc/ha<sub>imp</sub>) uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio".

Nell'ipotesi di stoccare queste acque e non di trattarle in continuo, il Piano di Tutela delle Acque, riprendendo il Piano di Risanamento Regionale, prescrive un volume per le acque di prima pioggia pari a 50 mc per ettaro di superficie impermeabile effettivamente drenata dalla rete. La superficie impermeabile si ottiene moltiplicando la superficie scolante per il coefficiente di afflusso medio.

Applicando tali criteri al bacino scolante, si otterrebbe un volume da assegnare alla vasca di prima pioggia pari a **987 mc**.

Nel presente progetto si prevede di realizzare un sistema di filtrazione verticale, che entra in funzione ogni qualvolta si verifica un evento di pioggia tale per cui entra in funzione lo scolmatore di piena delle acque da inviare all'impianto di depurazione di Olgiate Olona. A differenza di un vasca di prima pioggia tradizionale che immagazzina esclusivamente un volume d'acqua pari a quello di prima pioggia, il sistema di fitodepurazione proposto continua a trattare una quota parte delle acque in ingresso al sistema, anche dopo che si attiva il secondo scolmatore che invia le acque in eccesso, meno inquinate (quelle di seconda pioggia) direttamente alla vasca volano e da qui all'Olona.

I dati di progetto utilizzati per il dimensionamento del sistema di trattamento sono i seguenti:

Evento	2 mm/h	5 mm/h	10 mm/h
Portata (l/s)	90	210	390
BOD <sub>5</sub>	70	60	40
COD	210	180	120
SST	300	380	390
N <sub>tot</sub>	6	3	2

Tabella 9 – Caratteristiche medie acque scolmate

<b>PARAMETRI</b>		<b>Unità di misura</b>
Superficie drenata (lorda)	56,38	ha
Coefficiente di assorbimento	0,35	-
Superficie drenata (impermeabile)	19,73	ha
Volume di prima pioggia	50	mc/ha sup dren
Volume di prima pioggia	989	m <sup>3</sup>
Volume utile	1278	m <sup>3</sup>
Portata di prima pioggia massima	0,64	m <sup>3</sup> /s
Altezza dello strato di riempimento	0,7	m
Altezza freeboard	0,1	m
Porosità del medium di riempimento (n)	0,35	Ghiaia 5-10 mm

*Tabella 10 – Dati di progetto sistema di fitodepurazione*

Cautelativamente al fine di ridurre al minimo il rischio che siano inviate alla vasca volano acque con una carica inquinante, in termini di concentrazioni, ancora non trascurabile, si è verificato quello che accade con una portata addotta al trattamento delle acque di prima pioggia calcolata come quella corrispondente ad un'altezza di pioggia di 10 mm/ora su tutto il bacino drenato, per un evento di durata pari al tempo di corrivazione della rete, ovvero per un volume superiore a quello di prima pioggia.

Nelle Figure seguenti sono rappresentati lo ietogramma considerato e l'idrogramma in ingresso al trattamento di 1° pioggia ottenuto tramite un modello afflussi-deflussi. Il volume dell'idrogramma inviato al trattamento in continuo risulta pari a 1980 mc.



letogramma di 1° pioggia

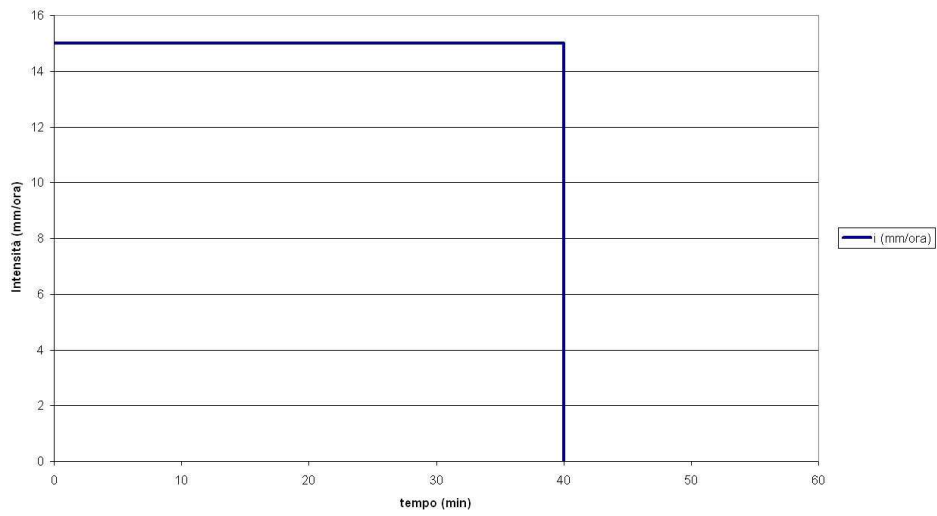


Figura 5 – Ietogramma corrispondente alla portata di 1° pioggia

Idrogramma corrispondente a pioggia 10 mm/ora

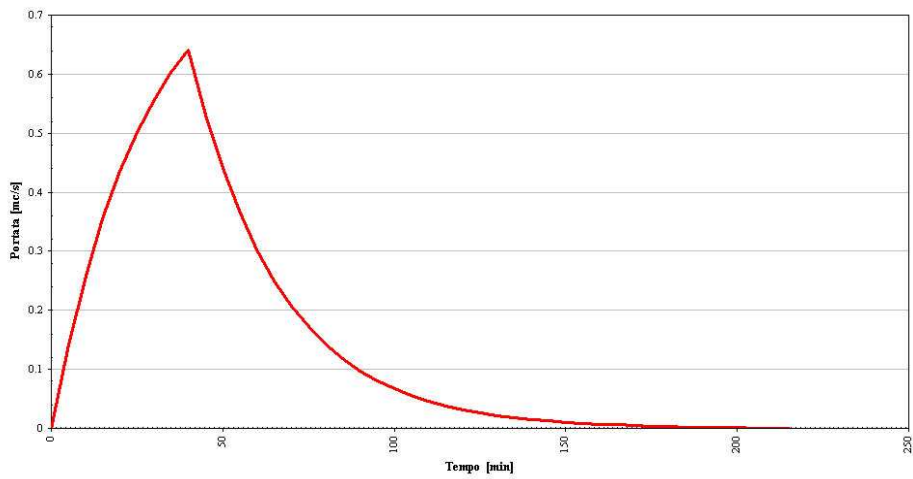


Figura 6 – Idrogramma di 1° pioggia per evento 10 m m/h

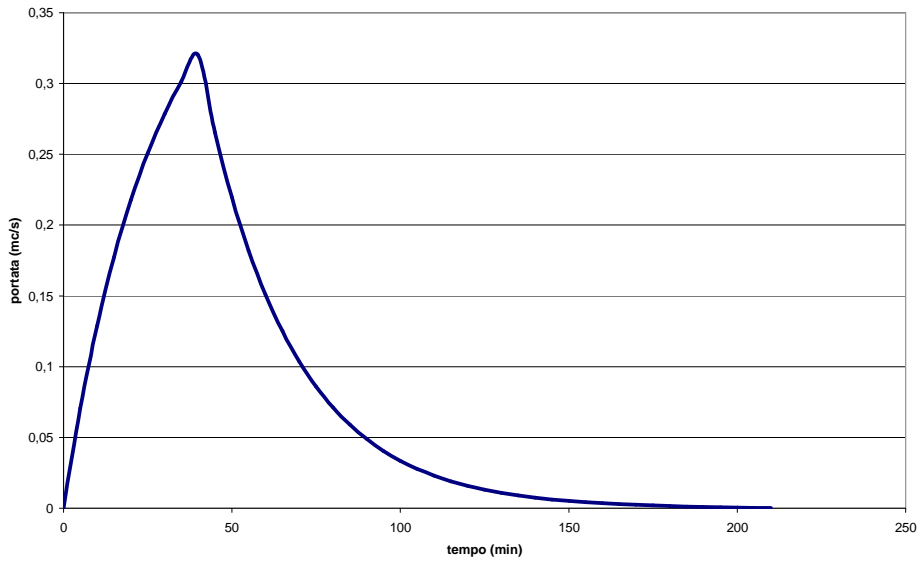


Figura 7 – Idrogramma di 1° pioggia per evento 5 mm/h

Per la stima dei carichi inquinanti in ingresso al sistema, sono stati considerati i valori di concentrazione per le acque di dilavamento di aree urbane riportati da Kadlec & Knight (Tabella 3) e le portate dell'idrogramma corrispondente a un'altezza di pioggia di 10 mm e 5 mm in un'ora (Figura 6). Assumendo che la maggior parte del carico inquinante sia scaricata durante la prima frazione dell'evento meteorico, si ottengono i seguenti andamenti dei carichi inquinanti in ingresso al sistema.

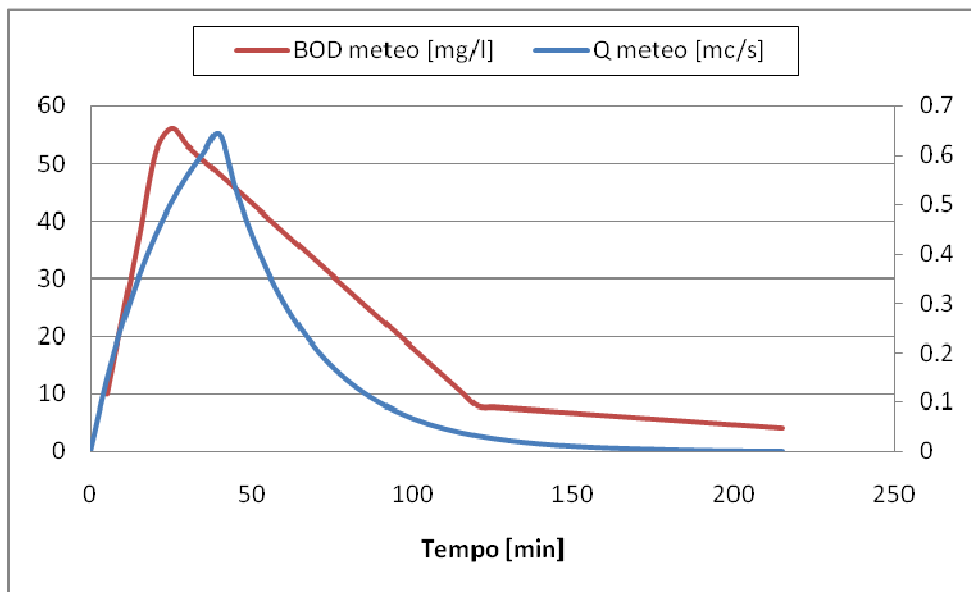


Figura 8- Andamento della portata e della concentrazione di BOD delle acque di pioggia per un evento di altezza 10mm/ora

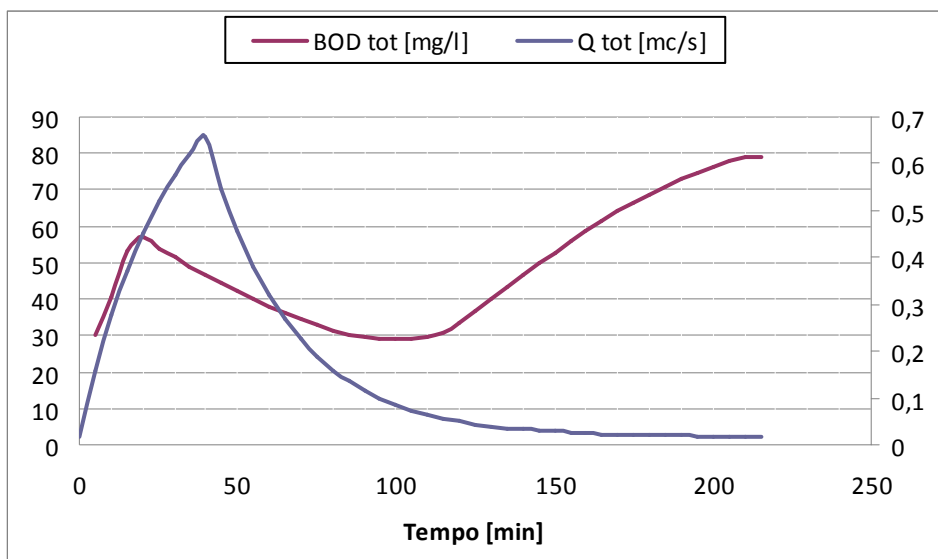


Figura 9 - Andamento della portata e della concentrazione di BOD (acque nere + acque meteoriche) in ingresso al sistema di trattamento per un evento di altezza 10mm/ora

Assumendo un evento di 5 mm in un'ora, corrispondente al volume di prima pioggia, si hanno i seguenti andamenti di portata e carico organico in ingresso:

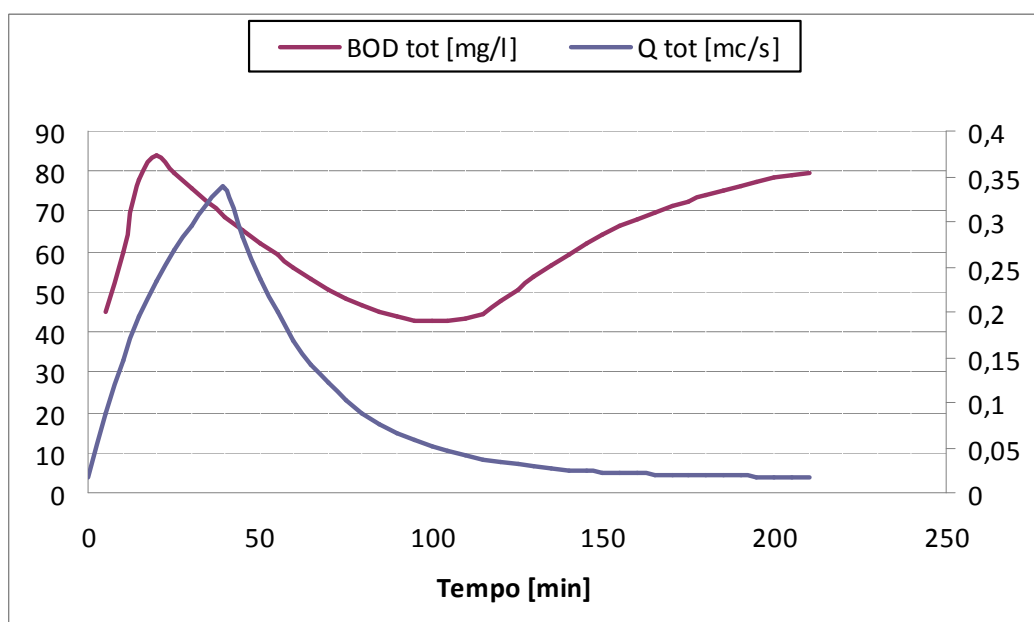


Figura 10 - Andamento della portata e della concentrazione di BOD (acque nere + acque meteoriche) in ingresso al sistema di trattamento per un evento di altezza 5mm/ora

Considerando sia un evento di pioggia di altezza 5mm/ora, che un evento di altezza 10 mm/ora, gli andamenti dei carichi inquinanti in ingresso al sistema in termini di massa sono i seguenti:

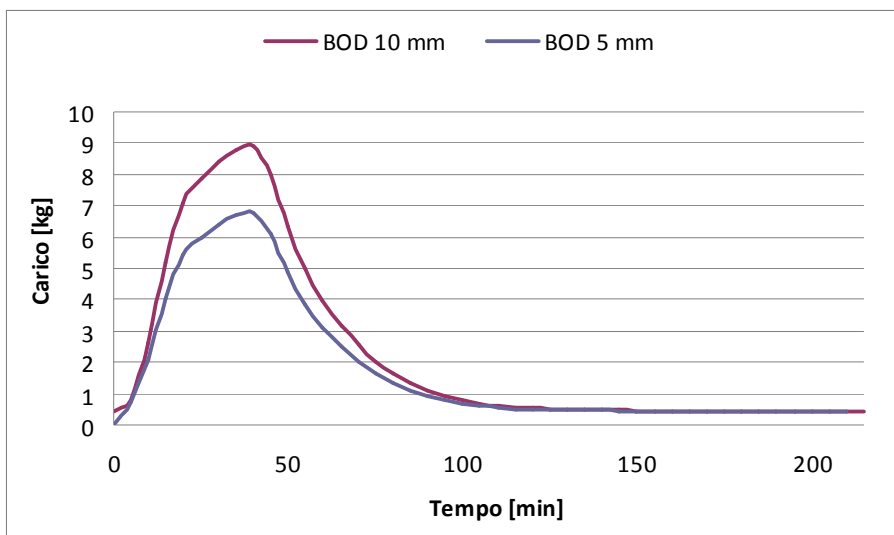


Figura 11- Carico organico espresso in termini di quantità di massa per eventi di pioggia di altezza pari a 5 e 10 mm

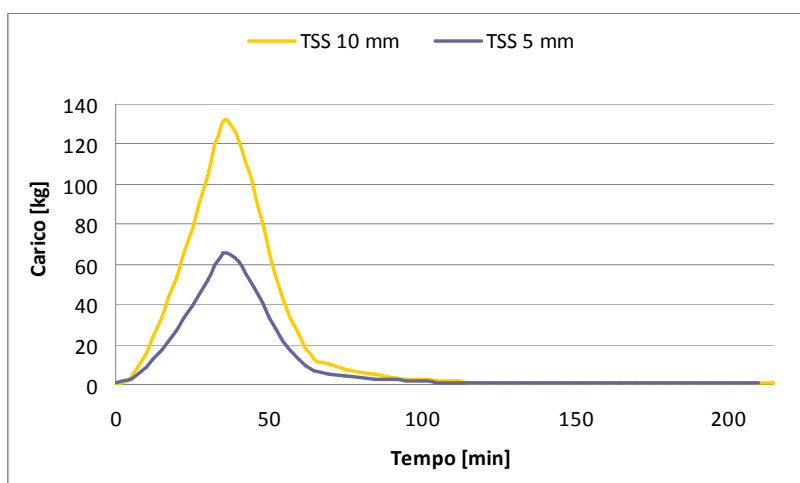
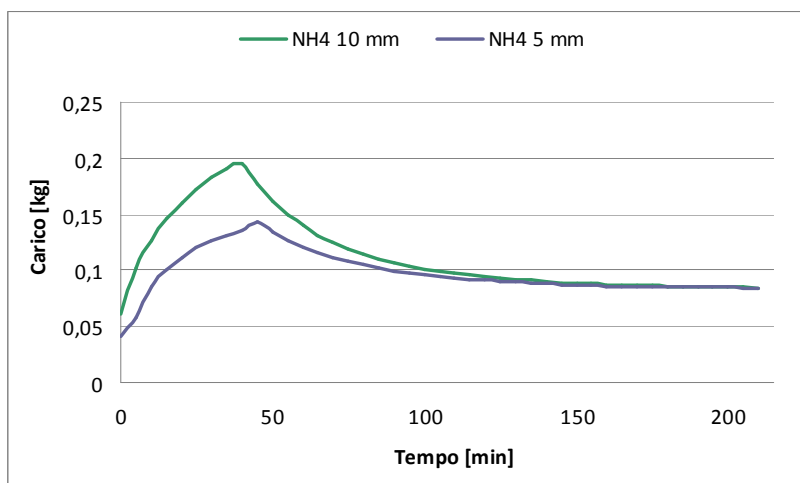


Figura 12- Carichi di azoto e solidi sospesi espressi in termini di quantità di massa per eventi di pioggia di altezza pari a 5 e 10 mm

Con riferimento ai grafici precedenti si può osservare che, anche nel caso di eventi intensi come quello corrispondente ad un'altezza di pioggia di 10 mm/ora, il sistema di filtrazione, contenendo il volume corrispondente ai primi 55 minuti di precipitazione, riesce a trattare più del 70% del carico in termini di BOD e del 90% del carico di TSS. Per eventi di minore intensità (5 mm/ora) il sistema è in grado di trattare l'intera portata in ingresso e tutto il carico inquinante ad essa associato; analogamente per eventi di intensità minore di 5 mm/h.

I criteri di dimensionamento del sistema di filtrazione verticale sono basati sul carico idraulico ammesso sul mezzo filtrante e sulla frequenza dello scarico. Dato che le caratteristiche delle acque in ingresso ai sistemi sono estremamente variabili, a causa della variabilità stocastica dell'evento di pioggia, e dato che non si ha sicurezza sul comportamento del trattamento sul lungo periodo, non vengono considerati accettabili criteri di dimensionamento basati su parametri di qualità delle acque.

Un criterio per migliorare la qualità dell'acqua in uscita è la diminuzione della velocità di filtrazione nel medium.

Generalmente la procedura di dimensionamento consiste di due fasi successive:

- Dimensionamento del volume di stoccaggio: si effettua in base alla superficie drenata e all'altezza di prima pioggia considerata.
- Dimensionamento della superficie di filtrazione, calcolata in base alla velocità che si vuole ammettere e al carico idraulico in termini medi annuali.

Nella Tabella 11 sono riportati alcuni criteri generali di dimensionamento provenienti dallo studio di Uhl e Dittmer (2005):

Parametro inquinante da abbattere	Frequenza di scarico di troppo pieno (no volte/anno)	Velocità di filtrazione m/s Carico idraulico	Carico idraulico	
			Medio nel lungo termine (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> x anno)	Singolo anno (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> x anno)
BOD/COD	0,5÷2	1x10 <sup>-5</sup>	≤ 40	≤50
Azoto	0,5÷2	1x10 <sup>-5</sup>	≤ 40	≤50
Fosforo	-	10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-4</sup>	≤ 40	≤50
Metalli pesanti	-	1x10 <sup>-5</sup> -3x10 <sup>-5</sup>	≤ 40	≤50
Solidi sospesi	-	1x10 <sup>-5</sup> -3x10 <sup>-5</sup>	≤ 40	≤50
Carica batterica	-	1x10 <sup>-5</sup>	≤ 40	≤50

Tabella 11 - Criteri generali di dimensionamento di zone umide per acque meteoriche (Uhl, Dittmer,2005)

Nel presente caso il sistema di trattamento è in grado di depurare un volume di prima pioggia superiore rispetto a quanto richiesto dalla normativa, consentendo quindi una diminuzione del grado di inquinamento delle acque in arrivo direttamente alla vasca volano.

Il sistema di filtrazione verticale è stato dimensionato in modo da poter contenere un volume pari a quello di prima pioggia; in tal modo si ha la certezza che quel volume venga effettivamente trattato all'interno del sistema. In realtà il sistema può stoccare al suo interno circa 1300 mc, volume che poi viene lentamente scaricato grazie ad una bocca tarata in modo da assicurare, oltre all'azione di filtraggio in continuo, un tempo di ritenzione all'interno del sistema pari a circa 10-20 h dipendentemente dal carico che si viene a creare.

Considerando il volume di pioggia in arrivo in corrispondenza di un evento di 10 mm in un'ora, e considerando che la vasca di fitodepurazione è vuota, il sistema comincerà ad invasare la portata in arrivo fino ad un volume di circa 1300 mc, che vengono prodotti in circa 1 h; nello stesso tempo il sistema scarica in totale al trattamento successivo circa 50 mc, quindi il volume trattato totale risulta pari a circa 1350 mc, circa il 70% del volume di pioggia prodotto da un evento di 10 mm in un'ora.

Ulteriori portate scaricate determinano l'innalzamento del tirante idrico e l'instaurarsi di fenomeni di rigurgito: è da sottolineare che quando si raggiungono tali condizioni, il sistema ha già filtrato un quantitativo di acque reflue di scolmo contenenti più del 70% del carico organico e più del 90% dei TSS.

Per eventi di minore intensità (5 mm/ora), il sistema è in grado di invasare tutta la portata in arrivo, con conseguente aumento del tempo di ritenzione e delle rese depurative. Per eventi

Si riportano di seguito le superfici scelte per realizzare il trattamento delle acque di scolmo

**Comune di Gorla Maggiore**  
**Area superficiale utile totale del sistema = 7014 m<sup>2</sup>**  
**Sistema di filtrazione verticale = 3840 m<sup>2</sup>**  
**Area superficiale sistema a flusso libero = 3174 m<sup>2</sup>**

### **1.5.2 Dati di progetto e procedura di dimensionamento della vasca volano**

Le acque di seconda pioggia, meno inquinanti delle acque di prima pioggia che vengono trattate con sistemi di filtrazione verticale, vengono inviate in un bacino di ritenzione prolungata che funge contemporaneamente da vasca volano. Esso ha lo scopo di laminare le portate in eccesso e di restituirle al corpo recettore nel tempo affinando ulteriormente il processo di depurazione.

La massima portata meteorica scaricabile nei recettori superficiali viene fissata dal Piano di Tutela delle Acque, per le aree già dotate di pubblica fognatura, in  $40 \text{ l/s} \cdot \text{ha}_{\text{imp}}$ : applicando tale criterio al bacino scolante relativo alla rete fognaria a servizio del comune di Gorla Maggiore, si ricava un valore di 0.79 l/s. Per i dimensionamenti della vasca e dei manufatti si è assunta una portata massima scaricata in Olona pari a 0.70 mc/s.

Per la determinazione dell'onda di piena generata dal bacino drenato si è fatto ricorso ad un modello afflussi-deflussi di tipo concettuale utilizzando come dati di ingresso gli ietogrammi ottenuti a partire dalle curve di possibilità pluviometrica calcolate a partire dai dati pluviometrici riportati dettagliatamente nella Relazione Idraulica. A tal fine è stato utilizzato il codice di calcolo URBIS, sviluppato dall'Istituto di Idraulica del Politecnico di Milano a cura di P. Mignosa e A. Paoletti per il calcolo degli ietogrammi di pioggia netta, degli idrogrammi unitari istantanei e degli idrogrammi di piena.

Il programma Urbis conduce alla definizione dell'idrogramma di piena attraverso tre passi di calcolo successivi:

1. calcolo dello ietogramma di pioggia attraverso le curve di possibilità pluviometrica e relativa depurazione;
2. calcolo dell'idrogramma unitario istantaneo;
3. calcolo dell'idrogramma di piena.

Per la determinazione dell'idrogramma di piena, il programma URBIS calcola l'integrale di convoluzione introducendo la superficie, lo ietogramma e l'idrogramma unitario calcolato in precedenza relativi al bacino delle sezioni in esame.

Nella seguente Figura è riportata l'onda di piena calcolata con la metodologia precedentemente descritta.

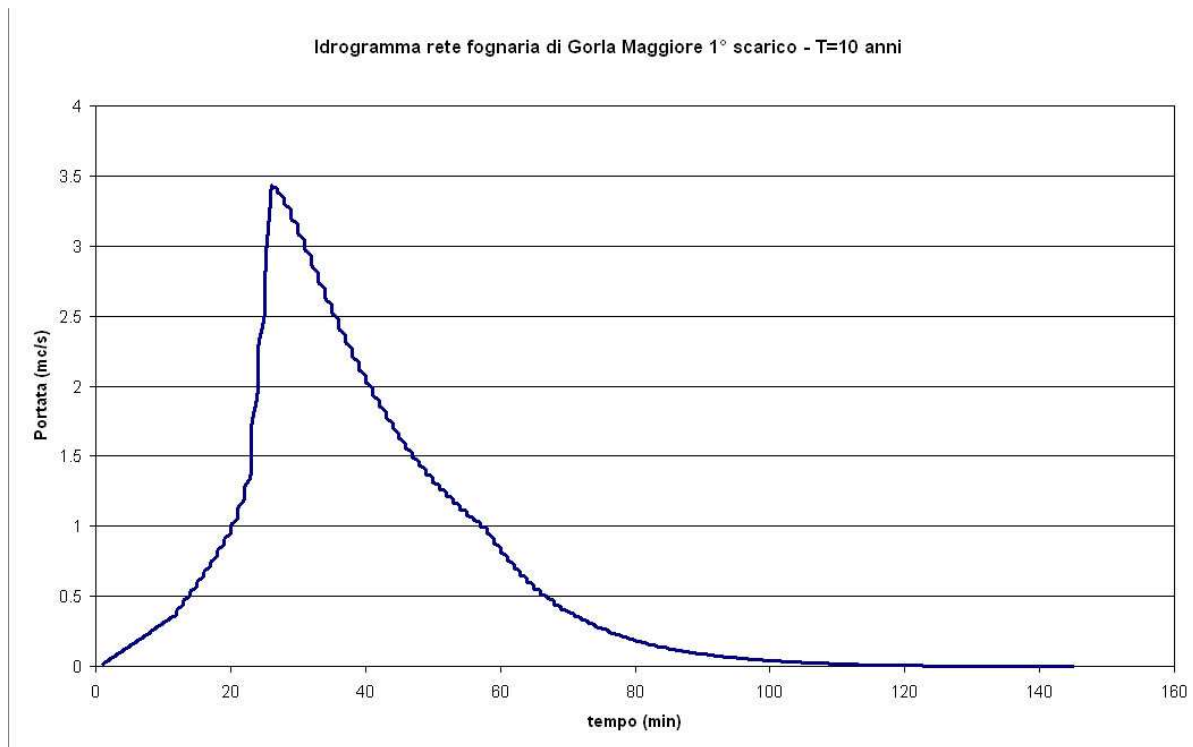


Figura 13 – Idrogramma T=10 anni prodotto nel bacino 1 del comune di Gorla Maggiore

Per la verifica del funzionamento della vasca volano sono state svolte due simulazioni variando il livello dell’Olona, sia in condizioni di scarico libero (considerando un livello di magra di circa 50 cm), sia in condizioni di scarico rigurgitato con livello pari a 218.61 m s.l.m. (livello del fiume Olona corrispondente ad un evento di piena decennale nello stato di fatto considerando già realizzato l’invaso di Ponte Gurone attualmente in fase di ultimazione) calcolato con una simulazione idrologico-idraulica del tratto di Olona oggetto di intervento mediante l’ausilio del modello monodimensionale Mike11 del Danish Hydraulic Institute.

Il volume della vasca pure è stato determinato simulando il funzionamento del sistema vasca - Olona con il modello monodimensionale MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute. Il sistema è stato schematizzato nel modello come rappresentato nella figura seguente.

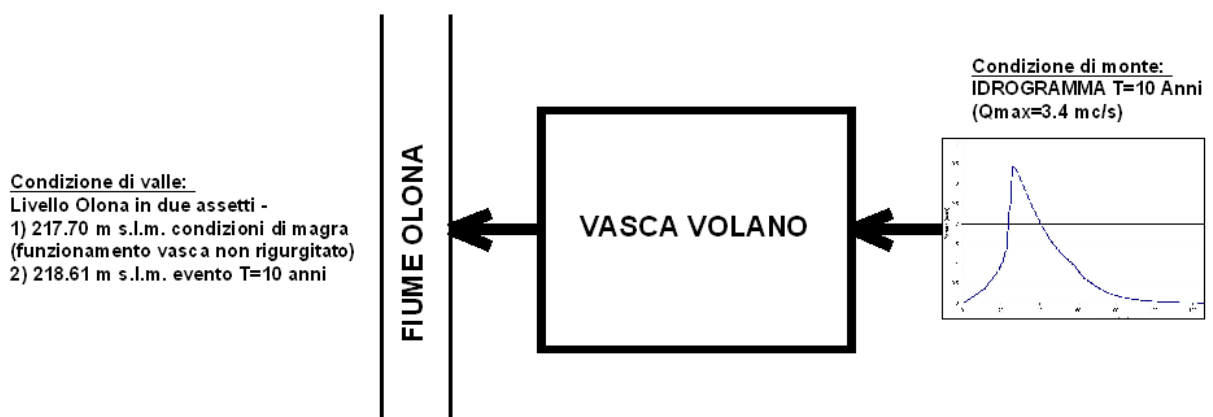


Figura 14 – Schema modello idraulico

Le caratteristiche dei principali elementi inseriti nel modello idraulico sono i seguenti:

*Vasca volano*

- Quota media del fondo: 218.30 m s.l.m.

- Quota di sommità arginale: 220.00 m s.l.m.
- Superficie media: 7200 mq

*Condotta di scarico in Olona*

- Diametro tubazione: DN 500 mm
- Quota di fondo tubo: 217.50 m s.l.m.

Nelle figure sottostanti si riportano l'idrogramma in ingresso e in uscita dalla vasca volano in condizioni di scarico libero e scarico rigurgitato.

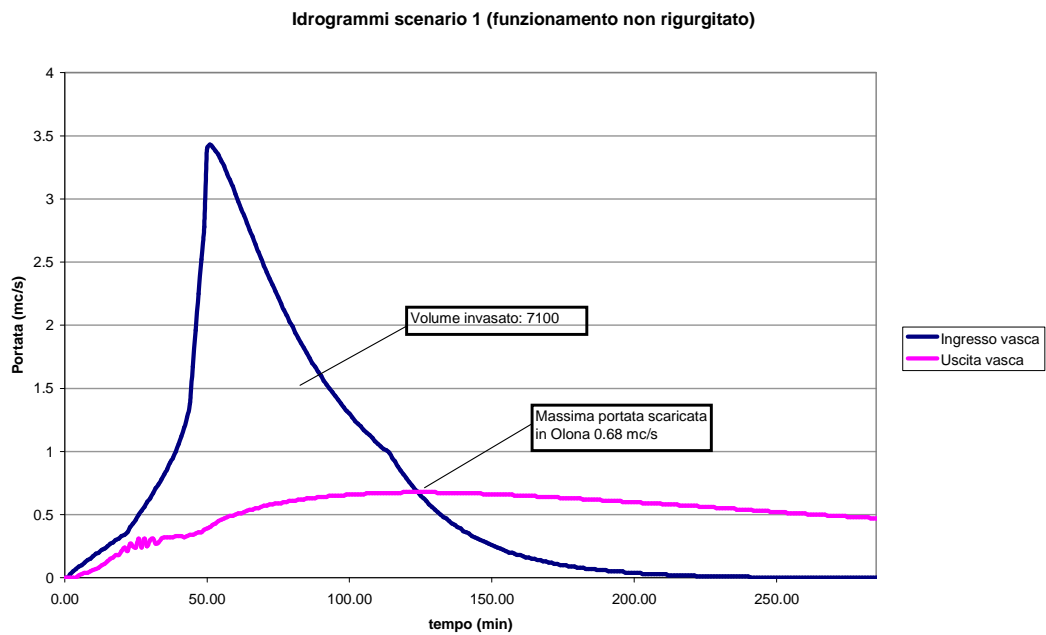


Figura 15 – Idrogrammi in ingresso e uscita dalla vasca volano per  $T=10$  anni in condizioni di scarico libero

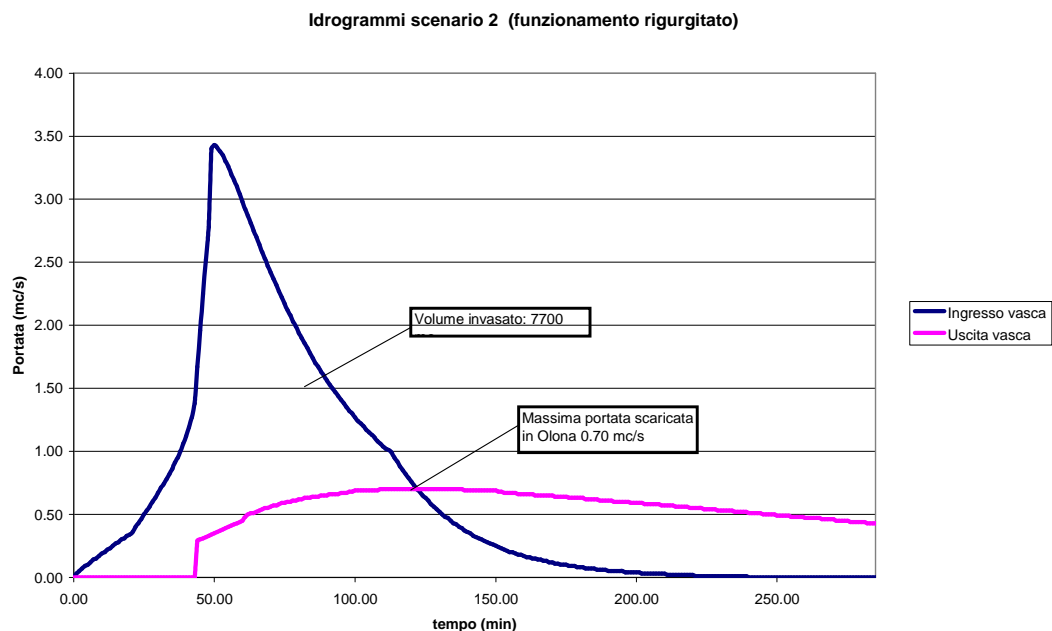


Figura 16 – Idrogrammi in ingresso e uscita dalla vasca volano per  $T=10$  anni in condizioni di scarico rigurgitato



### 1.5.3 Previsione delle rese depurative

Il funzionamento del sistema di trattamento prescelto è molto simile a quello di sistemi di filtrazione utilizzati nei trattamenti degli scarichi; si riportano quindi le efficienze di tali sistemi ricavate in base a modelli e monitoraggi condotti nell'applicazione su reflui di scarico e su trattamenti di acque di pioggia.

Pollutant	Typical Percent Removal Rates
Sediment	90%
Total Phosphorous	60%
Total Nitrogen	60%
Metals	90%
Bacteria	90%
Organics	90%
Biochemical Oxygen Demand	70-80%

Figura 17 – Rimozioni caratteristiche di sistemi di filtrazione per acque di scarico

**TABLE 2 TYPICAL POLLUTANT  
REMOVAL EFFICIENCY**

Pollutant	Percent Removal
Fecal Coliform	76
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	70
Total Suspended Solids (TSS)	70
Total Organic Carbon (TOC)	48
Total Nitrogen (TN)	21
Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	46
Nitrate as Nitrogen (NO <sub>3</sub> -N)	0
Total Phosphorus (TP)	33
Iron (Fe)	45
Lead (Pb)	45
Zinc (Zn)	45

Source: Galli, 1990

Tabella 12 – Performance di zone umide a flusso sommerso per il trattamento delle acque di prima pioggia (Galli, 1990)

Non esistendo al momento in letteratura modelli previsionali tali da permettere una stima precisa delle rese depurative ottenibili con i sistemi di progetto, l'analisi dei carichi inquinanti rimossi è stata fatta sulla base di dati di monitoraggio su impianti esistenti, confrontando i tempi di ritenzione ottenuti con i sistemi oggetto della progettazione in esame. Un interessante esempio è costituito da un impianto situato in Inghilterra, a Stretton on Fosse, con un design sufficientemente paragonabile all'impianto di progetto, che ha mostrato risultati in linea con quanto richiesto dagli obiettivi depurativi del presente progetto, come visibile nei seguenti grafici relativi agli andamenti delle concentrazioni del carico organico e dei solidi sospesi durante un evento di pioggia rilevante.

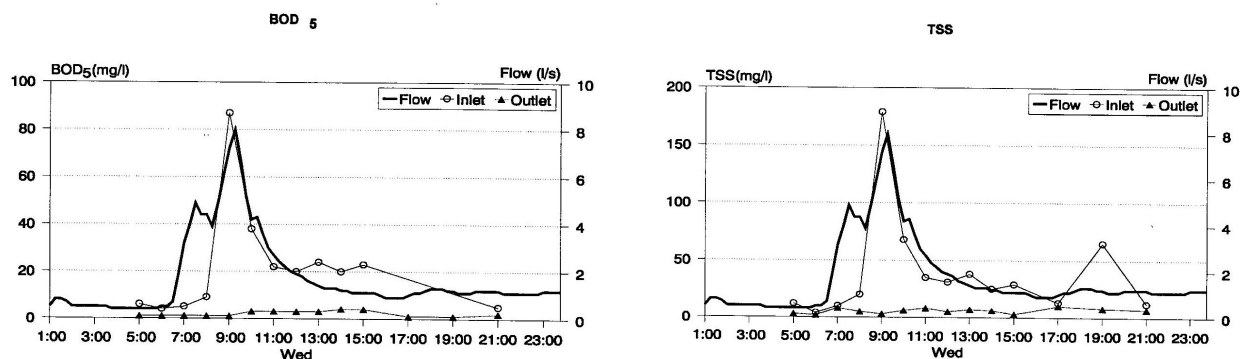


Figura 18 – Andamenti della portata idraulica e delle concentrazioni di BOD e TSS in ingresso ed in uscita dall'impianto di fitodepurazione per acque meteoriche di Stretton on Fosse (UK, Cooper 2006).

Una previsione di massima delle rese depurative può essere fatta confrontando con i rendimenti teoricamente ottenibili in un sistema a flusso sommerso orizzontale, utilizzando il modello di Reed, Crites & Middlebrooks che, sulla base dell'esperienza di zone umide costruite realizzate in Italia (si veda il database del Gruppo italiano dell'IWA, sull'uso delle macrofite per il trattamento delle acque, [www.igidra.com](http://www.igidra.com)) si è rivelato migliore per i sistemi a flusso sommerso orizzontale. Anche per il sistema a flusso libero si è adottato lo stesso modello (si veda a tal proposito l'elaborato relativo alle relazioni di calcolo specialistiche).

Il sistema è come sottolineato dotato di una bocca tarata che consente di realizzare tempi di ritenzione idraulici di 15-20 h dipendentemente dal carico che si crea all'interno della vasca.

Considerando quindi un evento di pioggia di 10 mm distribuito in 5 h, a cui si associano le concentrazioni medie di Tabella 9 si ottengono i seguenti risultati:

<b>Parametro</b>	<b>Unità di misura</b>			
popolazione servita	a.e.	8100	8100	8100
carico idraulico specifico	l/abxgiorno	200	200	200
Coefficiente di afflusso		1	1	1
carico idr. giorn.medio	m <sup>3</sup> /giorno	1620	1620	1620
Temp. di progetto	°C	7	15	23
<i>Con i dati di progetto assunti si ottengono le seguenti concentrazioni in ingresso</i>				
BOD <sub>5</sub>	mg/l	70	70	70
Azoto ammoniacale	mg/l	6	6	6
SST	mg/l	300	300	300
<i>Le concentrazioni previste in uscita per i vari scenari sono le seguenti</i>				
BOD <sub>5</sub>	mg/l	41	35	26
Azoto ammoniacale	mg/l	5	5	5
SST	mg/l	18	18	18

In realtà il sistema di filtrazione lavora sia a flusso sommerso verticale che, soprattutto sulle basse portate quando la portata in ingresso è comparabile con la portata data dalla bocca tarata, a flusso sommerso orizzontale. Con la portata corrispondente ad un evento di 10 mm in 5 h si ha un coefficiente di carico superficiale di 420 mm/g, valore congruo con il coefficiente di percolazione del medium di riempimento ma molto maggiore rispetto ai carichi utilizzati nella depurazione delle acque nere (oscillanti tra i 50 ed i 100 mm/g); in ogni caso si può ipotizzare un aumento delle rese depurative complessive grazie alla maggiore ossidazione tipica dei processi di percolazione.

Quando poi il sistema filtra volumi minori di quello analizzato sopra, diminuisce conseguentemente anche il coefficiente di carico, avvicinandosi molto a quelli usualmente utilizzati per i reflui civili; in questo caso le rese

depurative sono quelle tipiche di tali sistemi e analizzate da numerosi test scientifici e linee guida internazionali (ATV, 1998; Langergraber et al 2007). L'abbattimento del BOD e del COD difficilmente scende al di sotto dell'80-90% mentre la nitrificazione avviene per il 70-80%; i solidi sospesi vengono abbattuti con percentuali difficilmente inferiori al 90%.

In virtù di tutte queste considerazioni è lecito aspettarsi concentrazioni in uscita mai superiori a quelle indicate nella tabella precedente ed in generale percentuali di rimozione come quelle di seguito indicate:

<b>Rese depurative</b>		
BOD <sub>5</sub>	%	50-80
Azoto ammoniacale	%	30-70
SST	%	90-95

## 2. CRONOPROGRAMMA

Il cronoprogramma delle fasi attuative riferisce in merito ai tempi per lo svolgimento delle varie attività.

Prog. Esecutivo					15gg				
Approvazione					15gg				
Gara e aff.						45gg			
Esecuzione							210gg		
Collaudo								30gg	

Figura 19 – Cronoprogramma



### 3. BIBLIOGRAFIA

#### ***Sistemi di fitodepurazione per acque di scolmo delle fognature miste e acque di drenaggio urbano***

- ASCE. 2004. International Stormwater Best Management Practices (SBMP) Database. American Society of Civil Engineers, <http://www.SBMPdatabase.org/>
- Born W., 1999 "Enhanced Storm Water Treatment by a Constructed Wetland Within a Retention Basin." *Proc. the Eighth International Conference on Urban Storm Drainage*. August 30 - September 3, 1999, Sydney, Australia. Edited by IB Joliffe and JE Ball. The Institution of Engineers Australia, The International Association for Hydraulic Research, and The International Association on Water Quality. 1073.
- Brown, W., T. Schueler. 1997. "The economics of stormwater BMPs in the mid-Atlantic region: final report." *Center for Watershed Protection, Silver Spring, MD*.
- Buts L., Thoeve C., De Gueldre G., 2005 "Treatment of CSO water using floating plant beds" 10th International Conference on Urban Drainage Copenhagen, Denmark, August 21-26, 2005
- Caltrans, 2004. "BMP retrofit pilot program – final report, Appendix C3". *California Department of Transportation, Division of Environmental Analysis, Sacramento, CA*.
- Clayton R.A., Schueler, T.R. 1996. "Design of stormwater filtering systems". *Center for Watershed Protection, Silver Spring, MD*.
- Clark S., Rovanssek R., Heaney J., Wright R., Field R., Pitt R., 2001 "Urban wet weather flows" EPA 600/JA-01/307 2001
- Cooper P. F., Job G. D., Green M. B., Shutes R. B. E. (1996) "Reed Beds and constructed wetland for wastewater treatment", pp 212. *Published by WRc Swindon, UK, June 1996*
- Cooper P.F. 1993 "The use of Reed Bed Systems to treat domestic sewage: the European Design and Operation Guidelines for Reed Bed Treatment Systems, in *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*" (Moshiri G.A. Ed.), *Lewis Publisher*.
- Davis, A.P., M. Shokouhian, H. Sharma and C. Minami, 2001, "Laboratory study of biological retention for urban stormwater management" *Water Environment Research*, 73(1), 5-14
- Dittmer U, Meyer D, Langergraber G., 2005 "Simulation of a subsurface vertical flow constructed wetland for CSO treatment". *Water Sci Technol.*;51(9):225-32.
- Dittmer U; Welker A; Schimtt T. G., 2004 "Optimizing the operation of constructed wetlands for the treatment of combined sewer overflows" *Conférence internationale sur les nouvelles technologies en assainissement pluvial N°5, Lyon, FRANCE (07/06/2004)*
- EPA 832-R-93-008, 1993, "Subsurface Flow Constructed Wetlands For WasteWater Treatment" Office Of Water
- EPA 1999 "Stormwater Wetlands" Storm Water Technology Fact Sheet, Office of Water, Washington, D.C.
- EPA 2000 "Free Water Surface Wetlands" Storm Water Technology Fact Sheet, Office of Water, Washington, D.C.
- Green M.B., Martin J.R., 1996 "Constructed reed beds clean up storm overflows on small wastewater treatment works" *Water Environ. Res.*; 68(6):1054-1060.
- Green M.B., 1995 "Experience with establishment and operation of reed bed treatment for small communities in the UK", *Wetlands Ecology and Management*
- Griffin P., 2003 "Ten years experience of treating all flows from combined sewerage systems using package plant and constructed wetland combinations" *Water Sci Technol.*; 48(11-12):93-99.
- Henrichs M, Langergraber G, Uhl M. 2007 "Modelling of organic matter degradation in constructed wetlands for treatment of combined sewer overflow." *Sci. Total. Environ.*

- Kaufmann I., Schmit T.G. 2005 "Modelling constructed wetlands for CSO treatment in long-term pollution load simulation", *10th International Conference on Urban Drainage Copenhagen, Denmark, August 21-26, 2005*.
- Kerr-Upal, M., Seasons, M. and Mulamootil, G. 2000. "Retrofitting a Stormwater Management Facility with a Wetland Component." *Journal of Environmental Science and Health*. 35(8) 1289-1308
- Kline, S.J. 1985. "The purposes of uncertainty analysis." *Jour. of Fluids Engineering* 107:153-160.
- Landphair, H.C., McFalls, J.A., Thompson, D. 2000. "Design methods, selections, and costeffectiveness of stormwater quality structures." *Texas Transportation Institute, The Texas A&M University System, College Station, TX*.
- Ledbetter, W.B. and C.A. Collier. 1988. "Engineering economic and cost analysis", *second edition*. Harper & Row, Publishers, Inc. New York, NY, USA.
- Liebig T., Roedder A., Lloyd S.D., Wong T.H.F., Geiger W.F., Becker M., 1999 "Performance of a Wetland System for Combined Sewer Overflow Treatment." *Proc. the Eighth International Conference on Urban Storm Drainage*. August 30 . September 3, 1999, Sydney, Australia. Edited by IB Joliffe and JE Ball. The Institution of Engineers Australia, The International Association for Hydraulic Research, and The International Association on Water Quality, 874
- Lloyd S.D, Wong T.H.M., Liebig T., Becker M., 1998 "Sediment characteristics in stormwater pollution control ponds" *Proceeding of Hydrastorm '98, 3<sup>rd</sup> International Symposium on Stormwater Management, Adelaide, Australia, 27-30 september 1998, pp.209-214*.
- Mergent, Inc. 2003. *Mergent municipal & government manual*. Mergent, Inc. New York, NY, USA  
Fintrend.com, 2004. InflationData.com. Financial Trend Forcaster,  
[http://inflationdata.com/inflation/Inflation\\_Rate/HistoricalInflation.aspx](http://inflationdata.com/inflation/Inflation_Rate/HistoricalInflation.aspx).
- Meyer D, Langergraber G., Dittmer U, 2006 "Simulation of sorption process in vertical flow constructed wetland for CSO treatment". *10th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control, Lisbona, Portogallo*.
- Nuttal. P.M., Boon A.G., Rowell M.R. – Rewiew of the design and managementof constructed wetland - CIRIA ed., London, 1997
- Pitt, R.E., J.G. Voorhees. 1997. "Storm water quality management through the use of detention basins, a short course on storm water detention basin design basics by integrating water quality with drainage objectives". *April 29-30 and May 21-22, University of Minnesota, St. Paul, MN*.
- Rochfort Q.J., Anderson B. C., Crowder A. A., Marsalek J., Watt W. E., 1997 "Field-scale Studies of Subsurface Flow Constructed Wetlands for Stormwater Quality Enhancement". *Water Qual. Res. J. Canada, 32, 1, 101*
- Skinner D., Toth D. "LaGrange County Sewer District Fish Lake/Royer Lake Constructed Wetlands" *IWEA 2005 Annual Conference PowerPoint Presentations*
- Shaver, E. e Baldwin R, 1991. "Sand filter design for water quality treatment." *Delaware Department of Natural Resources and Environmental Control. Dover, DE*
- Shutes R.B.E., Revitt D.M., Mungur A.S., Scholes L.N.L., 1997 " The Design of Wetland Systems for the Treatment of Urban Runoff". *Water Sci. Technol., 35, 5, 19*
- Southeastern Wisconsin Regional Planning Commission. 1991. "Costs of urban nonpoint source water pollution control measures." *SWRPC, Waukesha, WI, USA*.
- Traver R.G., 2000 "Creating a Wetland Stormwater Best Management Practice - A Retrofit." *Joint Conference on Water Resources Engineering and Water Resources Planning and Management, July 2000, Minneapolis, MN. American Society of Civil Engineers, CD-ROM*.
- Traver R.G., 2002 "Comparison of routing techniques in a stormwater wetlands BMP." *Global Solutions for Urban Drainage, Proc. of the Ninth Int. Conf. on Urban Drainage, Sept 8-13 2002, Portland, OR, CD-ROM*.
- Turner Construction. 2004. "Building cost index, 2004 fourth quarter forecast". *New York, NY*.  
<http://www.turnerconstruction.com/corporate/content.asp?d=20>

- Uhl M, Dittmer U., 2005. "Constructed wetlands for CSO treatment: an overview of practice and research in Germany". *Water Sci Technol.*;51(9):23-30.
- Uhl M., Janiczek M., Grobe S., Merkel W. 2005 "Enhanced treatment of CSO with vertical flow sand filters" *10th International Conference on Urban Drainage* Copenhagen, Denmark, August 21-26, 2005
- Umble A.K., Machlan M., Horvath E.C., 2000 "Constructed Wetlands for Treating Combined Sewer Overflows: An Alternative Solution for Implementing the CSO Strategy". *Watershed 2000 Management Conference, July 2000, Vancouver, British Columbia. Water Environment Federation, CD-ROM.*
- USEPA. 1999. "Preliminary data summary of urban stormwater best management practices." *EPA-821-R-99-012, Washington, D.C.*
- Welker A., 2006 "Vertical flow constructed wetlands for enhanced CSO treatment. An alternative for elimination of organic pollutants?" *10th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control, Lisbona, Portogallo.*
- Weiss P.T, Gulliver J.S., Erickson A.J., 2005 "The cost and effectiveness of stormwater management practices" *Final Report 2005-23, Department of Civil Engineering University of Minnesota*
- White K.D., Meyers A.L. 1997 "Above Par Storm-Water Management". *Civil Eng.*, 67, 7, 50.
- Wong T.H.F, Breen P.F. 2002 "Recent advanced in australian practice on the use of constructed wetlands for stormwater treatment" *proceedings of the 9th International Conference on Urban Drainage, Portland, Oregon, USA, 9-13 September 2002.*
- Wong T.H.F., Rodder A., Geiger W.F., 1999 "Predicting the Performance of a Constructed Combined Sewer Overflow Wetland". *Proc. the Eighth International Conference on Urban Storm Drainage.* August 30 . September 3, 1999, Sydney, Australia. Edited by IB Joliffe and JE Ball. The Institution of Engineers Australia, The International Association for Hydraulic Research, and The International Association on Water Quality, 1947.
- Wossink, A., Hunt, B. 2003. "The economics of structural stormwater BMPs in North Carolina". *University of North Carolina Water Resources Research Institute report#UNC-WRRI-2003-344.*
- Wozniak R., Dittmer U., Welker A., 2006 "Interaction of oxygen concentration and retention of pollutants in vertical flow constructed wetlands for CSO treatment" *10th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control, Lisbona, Portogallo.*
- Young, G.K., Stein, S., Cole, P., Kammer T., Graziano, F., F. Bank. 1995. "Evaluation and management of highway runoff water quality." *United States Department of Transportation, Federal Highway Administration, Pub. No. FHWA-PD-96-032. Washington, D.C.*
- The constructed Wetlands Manual (1998) *Department of Land and Water Conservation New South Wales.*
- Database CWA Constructed Wetlands Association (2006).
- Manuali e Linee Guida 1/2001 ANPA - Dipartimento Prevenzione e Risanamento Ambientali.
- California Stormwater Quality Task Force. 1993. *California Stormwater Best Practices Handbook, San Diego, CA.*
- King County Department of Natural Resources. 1998. "Surface Water Design Manual" Seattle.
- Linee guida della Regione Toscana per la progettazione e gestione di zone umide artificiali per la depurazione di reflui civili.

### **Web Pages:**

*The Friends of Alewife Reservation:* [www.friendsofalewifereservation.org](http://www.friendsofalewifereservation.org).

*The City of Elkhart:* [www.elkhartindiana.org](http://www.elkhartindiana.org)

*Australian Wetlands:* [www.wetlands.com.au/index.html](http://www.wetlands.com.au/index.html)

*Hallam Wetlands:* [www.melbournwater.com.au/content/drainage\\_and\\_stormwater/](http://www.melbournwater.com.au/content/drainage_and_stormwater/)

*The Rouge River Project:* [www.rougeriver.com/cso/overview.html](http://www.rougeriver.com/cso/overview.html)



Storm Water Management Planning and Design Manual 2003: [www.ene.gov.on.ca/envision.htm](http://www.ene.gov.on.ca/envision.htm)

Stormwater Center: [www.stormwatercenter.net/](http://www.stormwatercenter.net/)

Ciria : [www.ciria.org/suds/index.html](http://www.ciria.org/suds/index.html)

Lago Utterslev Copenhagen : [www.rootzone.dk/item\\_28.html](http://www.rootzone.dk/item_28.html)

Elkhart Wetlands : [www.nd.edu/~engineer/publications/signatures/2005/overflow.html](http://www.nd.edu/~engineer/publications/signatures/2005/overflow.html)

### **Sistemi di fitodepurazione per acque reflue civili**

Armstrong J., Armstrong W. - *Light-enhanced convective throughflow increases oxygenation in rhizomes and rhizosphere of Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steud - New Phytol., 114: 121-128., 1990

**ATV, Principles For The Dimensioning, Construction And Operation Of Plant Beds For Communal Wastewater With Capacities Up To 1000 Total Number Of Inhabitants And Population Equivalent, Bonn 1998**

Axler R., Henneck J. and McCarthy B. *Residential subsurface flow treatment wetlands in northern Minnesota*. Proceedings of 7<sup>th</sup> Intern.Conf. on Wetland Systems for Water Poll.Control, 2000

Bavor H.J. and Mitchell D.S., (eds.). - *Wetland systems*, in water pollution control. Water Science and Technology, 29 (4), 1994.

Brix, H. *Wastewater treatment in constructed wetlands: system design, removal process and treatment performance*. In: Moshiri, G.A. (ed.), *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. pp. 9-22. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1993.

Brix H.,- *Use of subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment - an overview*. In Ramadori R., Cingolani L., and Camerini L., (eds.). *Natural and constructed wetlands for wastewater treatment and reuse - experiences, goals and limits*. Preprint of the international seminar, 26-28 Oct. 1995, Perugia, Italy, 1995.

Bulc T., Zupancic M, Vrhovsek D., *CW experiences in Slovenia: development and application*, in Atti del Convegno "La Fitodepurazione: Applicazioni e prospettive, Volterra 90-105, 2003

Ciupa R., - *The experience in the operation of constructed wetlands in north-eastern Poland*, in Preprints of Proceedings of the 5th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, IX/6, 15-19 Sept. 1996, Vienna, Austria.

Comune di Dozza, *Sellustra Life: Metodi e risultati del progetto*, Dozza, 2003.

Conte G., Martinuzzi N., Giovannelli L., Pucci B., Masi F. - *Constructed wetlands for wastewater treatment in central Italy*, Water Science & Technology, vol. 44, n. 11-12 , 339-343, 2001.

Cooper P.F. and Findlater B.C., (eds.). - *Constructed wetlands in water pollution control*. Proceedings of the international conference on the use of constructed wetlands in water pollution control, 24-28 Sept. 1990, Cambridge, UK. Pergamon Press, Oxford, UK, 1990.

Cooper P.F. - *The use of Reed Bed Systems to treat domestic sewage: the European Design and Operation Guidelines for Reed Bed Treatment Systems*, in *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement* (Moshiri G.A. Ed.), Lewis Publisher, 1993.

EPA, *Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*, Cincinnati 1999.

Garuti G. *Vertical and horizontal flow reed beds for tourist areas in Italy*. Personal Communication, 2000.

Gearhart R.A., 1992. *Use of Constructed Wetlands to Treat Domestic Wastewater*, City of Arcata, California. Water Science and Technology, Vol. 26, No. 7-8, pp. 1625-1637.

Green M.B., Upton J., - *Reed Bed Treatment for Small Communities - U.K. Experience*, in *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*, Moshiri G.A. Ed., Lewis Publisher, London, p.509-517, 1993.

Haberl R., Perfler R. - *Seven years of research work and experience with wastewater treatment by a reed bed system*. In: *Constructed wetlands in water pollution control* (Cooper, P.F. & Findlater, B.C., eds.), pp. 205-214. Pergamon Press, Oxford, 1990.

Hammer D.A., (ed.) - *Constructed wetlands for wastewater treatment. Municipal, industrial and agricultural*. Lewis Publisher, Chelsea, MI, 1-831, 1989.

IWA Specialist Group on use of Macrophytes in Water Pollution Control, *Constructed Wetlands For Pollution Control.- Processes, performance, design and operation*. Scientific and Technical Report n° 8. IWA Publishing, London, 2000.

Kadlec R.H., Knight R.L., *Treatment wetlands*, Lewis, Boca Raton, 1996.

Khawwaja N.R., Polprasert C. *Kinetics of faecal coliforms removal in constructed wetlands*. Water Science & Technology, vol. 40, n. 3, 109-116, 1999

Kickuth, R. *Degradation and incorporation of nutrients from rural wastewaters by plant hydrosphere under limnic conditions*. In: Utilization of Manure Land Spreading. Pp.335-343. Comm. Europ. Commun., EUR 5672e, London, 1977.

Knight R.L. *Effluent distribution and basin design for enhanced pollutant assimilation by freshwater wetlands*. In: Reddy K.R. & Smiths W.H. (eds.): *Freshwater Wetlands: Ecological Processes and Management Potential*, Academic Press, New York, 913-921, 1987

Masi F., Bendoricchio G., Conte G., Garuti G., Innocenti A., Franco D., Pietrelli L., Pineschi G., Pucci B., Romagnolli F. - *Constructed wetlands for wastewater treatment in Italy: State-of-the-art and obtained results*, Conference Proceedings of the IWA 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Orlando, 979-985, 2000.

Masotti L., *Depurazione delle acque, tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto*, Calderini, Bologna 1993.

Mazzoni M., - *Linee guida CTN-AIM (Centro Tecnico Tematico Acque Interne e Marino Costiere) per la progettazione e gestione di zone umide artificiali per la depurazione dei reflui*. Atti del Convegno "La fitodepurazione: applicazioni e prospettive", Volterra 2003.

Moshiri G.A., (ed.) - *Constructed wetlands for water quality improvement*. Lewis Publisher, Baco Raton, Ann Arbor, London, Tokio, 1993.

New South Wales Department Of Land And Water Conservation; *The Constructed Wetland Manual*, Australia, 1998.

Nuttal. P.M., Boon A.G., Rowell M.R. - *Rewiew of the design and management of constructed wetland* - CIRIA ed., London, 1997.

Pineschi G., Sgroi S., - *La fitodepurazione nel contesto dell'implementazione della Direttiva quadro 2000/60/CE nel bacino pilota del fiume Cecina*. Atti del Convegno "La fitodepurazione: applicazioni e prospettive", Volterra 2003.

Platzer, Chr. *Design recommendations for subsurface flow constructed wetlands for nitrification and denitrification*. In: Proceedings – 6th Int. Conf. On Wetland Systems for Water Pollution Control. Sep 27th to Oct 2nd 1998, São Pedro, Brazil. 1998.

Pucci B., Conte G., Martinuzzi N., Giovannelli L., Masi F., *Design and performance of a horizontal flow constructed wetland for treatment of dairy and agricultural wastewater in the "Chianti" countryside*, Conference Proceedings of the IWA 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Orlando, 1433-1436, 2000.

Pucci B., Giovannelli L. - *Constructed wetland system for an integrated treating and reuse of rural residential wastewater (Tuscany, Italy)*. Conference Proceedings of the IAWQ International Conference on Advanced Wastewater Treatment, Recycling and Reuse, Milano, vol. 2, 1071,1074, 1998.

Pucci B., Greco V. e Raddi E., - *Studio di fattibilità sull'applicabilità della fitodepurazione al territorio della Val di Cecina*. in Atti del Convegno "La fitodepurazione applicazioni e prospettive", Volterra, 2003.

Rustige H., *Constructed wetlands in Germany: technologies and experiences* in Atti del Convegno "La fitodepurazione applicazioni e prospettive", Volterra, 2003.

Steiner G.R., Combs D.W., - *Small Constructed Wetlands Systems for domestic wastewater treatment*, in *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*, Moshiri G.A. Ed., Lewis Publisher, London, p.491-498, 1993.

U.S. Department of Health, - *Manual of septic tank practice*, Rockville, 1969

Vymazal J. et al *Transformation of Nutrients in Natural and Constructed wetlands*. Backhuys publ. Leiden 2001.

Vymazal J., Brix H., Cooper P.F., Green M.B., Haberl R., - *Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe*. Backhuys publ. Leiden 1998.

WRc. Reed Beds & Constructed Wetlands for wastewater treatment – Database. Severn Trent Water – WRc Plc. Medmenham, 1996.

### **Idraulica**

G. Alfonsi, E. Orsi (1987), "Proporzionamento delle vasche di laminazione per reti fognarie sulla base del metodo cinematico", *Idrotecnica*, n. 2, Ed. Maggioli, Roma.

Centro Studi Deflussi Urbani, Sistemi di fognatura – Manuale di Progettazione, ed. Hoepli, 2001

Citrini, D., e G. Nosedà, *Idraulica*, CEA, Milano, 1987.

C. De Michele e R. Rosso Rapporto sulla valutazione delle piene per l'Italia nord occidentale (2001)

Di Fidio M., *Fognature – Manuale per progettisti, costruttori, pubbliche amministrazioni*, ed. Pirola, 1999

M. Maglionico (2006), "Gli invasi a servizio dei sistemi fognari: vasche di laminazione e di prima pioggia", *Ambiente & Sicurezza*, n. 9, Ed. Il Sole 24ore Pirola, Milano.

Moisello, U. "Il regime delle piogge intense di Milano", *Ingegneria Ambientale*, vol. 5, n. 6 (novembre-dicembre 1976), p. 545-561

E. Paris ed Al. (2004), "Rischio idraulico – Interventi per la protezione del territorio - le casse d'espansione", Ed. CISM, Udine.