



COMUNE DI MERONE

PROVINCIA DI COMO

Affinamento depurativo a valle del depuratore In Comune di Merone (CO)

LIFE11 ENVIT/004



**fondazione
cariplo**



**Regione
Lombardia**



PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Capofila progetto:



IRIDRA S.r.l.

Via La Marmora, 51 50121 FIRENZE

tel. 055470729 - fax 055475593

Email: iridra@iridra.com - www.iridra.com

In A.T.I. con:

STUDIO MAIONE
INGEGNERI ASSOCIATI

BIOS
INNOVAZIONE - SOSTENIBILITÀ

Studio Frati
geologia applicata

COMMITTENTE:



**PARCO REGIONALE DELLA
VALLE DEL LAMBRO**

20844 Tuggio (MB) - Via Vittorio Veneto, 19

3	
2	
1	
REV.	DESCRIZIONE DELLA REVISIONE

N. ELABORATO

N. TAVOLA

E1 01.1

REDATTO:

Geom. Ivano Filippini

VERIFICATO:

dott.ing. Nicola Martinuzzi

DATA: OTTOBRE 2014

PROGETTISTI:

Dott. ing. Nicola Martinuzzi
Dott. ing. Riccardo Bresciani
Dott. ing. Giuliano Trentini
Dott. Ing. Denis Cerlini
Dott. agr. Giordano Fossi
Dott. Giulio Conte

COORDINAMENTO PROGETTUALE:

Dott. ing. Nicola Martinuzzi

IL DIRETTORE TECNICO:

Dr. Fabio Masi

COLLABORATORI:

Ing. Marina Simonetti, Ing. Roberta Romiti
Ing. Alessandro Balbo, Ing. Paolo Arcuti
Geol. Stefano Frati, Arch. Barbara Bonadies



Denis Cerlini

Indice della Relazione

1. RELAZIONE DESCRITTIVA	4
1.1 PREMessa (OBIETTIVI DEL PROGETTO)	4
1.2 CONSIDERAZIONI IN MERITO A PRESCRIZIONI SUL PROGETTO PRELIMINARE.....	5
1.3 INQUADRAMENTO LEGISLATIVO	9
1.4 DESCRIZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE	11
1.5 INQUADRAMENTO TERRITORIALE	13
1.5.1 Inquadramento geografico	13
1.5.1 Inquadramento climatico ed idrologico	14
1.5.1.1 Temperature	14
1.5.1.2 Piogge	15
1.5.1.3 Idrologia	16
1.5.1 Descrizione del corpo idrico recettore.....	18
1.6 CARATTERISTICHE DELLE ACQUE DI SFIORO	23
1.6.1 Suddivisione eventi A e B.....	26
1.6.2 Caratterizzazione della qualità del refluo per eventi A e B.....	27
1.6.3 Caratterizzazione idraulica evento di scolmo A.....	31
1.6.4 Suddivisione eventi A e B dopo il potenziamento del depuratore	32
1.6.5 Conclusioni	33
1.7 SCELTE PROGETTUALI	34
1.7.1 Analisi delle alternative e scelte progettuali	34
1.7.2 Caratteristiche, proprietà e vantaggi dei sistemi di fitodepurazione.....	40
1.7.3 Caratteristiche, proprietà e vantaggi dei sistemi di fitodepurazione per scolmatori di fognature miste	42
1.7.4 Sistemi a flusso sommerso orizzontale (SFS-h o HF)	43
1.7.5 Sistemi a flusso sommerso verticale (SFS-v o VF)	44
1.7.6 Sistemi a flusso libero (FWS)	45
1.7.7 Sistemi di filtrazione estensivi per acque meteoriche.....	47
1.7.8 Sistemi aerati (AEW)	48
1.8 DESCRIZIONE SOMMARIA DELL'INTERVENTO	49
1.9 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE AMBIENTALI DEL SITO IN CUI REALIZZARE L'IMPIANTO	50
1.9.1 Localizzazione	50
1.9.1 Inquadramento catastale	50
1.9.1 Vincoli e prescrizioni	50
1.9.2 Inquadramento geologico ed idrogeologico	55
1.10 ANALISI DI FATTIBILITÀ AMBIENTALE	57
1.10.1 Compatibilità dell'intervento con i vincoli esistenti	57
1.10.2 Aspetti ambientali: effetti della realizzazione dell'intervento e del suo esercizio sull'ambiente e misure adottate	59
1.10.2.1 Inserimento Paesaggistico degli impianti e fruibilità dell'area	60
1.10.2.2 Interazioni con vegetazione flora, fauna e ecosistemi.....	60
1.10.2.3 Interazioni con suolo e sottosuolo.....	60
1.10.2.4 Interazioni con acque superficiali e sotterranee	61
1.10.2.5 Aspetti Sanitari : effetti della realizzazione dell'intervento e del suo esercizio sulla salute dei cittadini e misure adottate	61
1.10.2.5.1 Carica batterica	61
1.10.2.5.2 Aerosol, cattivi odori, proliferazione di insetti.....	62
1.10.2.5.3 Rumore e vibrazioni.....	62
1.11 DATI DI PROGETTO E CRITERI DI PROGETTAZIONE.....	63
1.11.1 Dati di progetto e procedura di dimensionamento trattamenti naturali acque di pioggia	63
1.11.2 Trattamenti preliminari acque di scolmo	67
1.11.3 Previsione delle rese depurative e monitoraggio.....	68
1.11.4 Cenni sulla gestione degli impianti e sui costi di esercizio.....	71

1.12	CRONOPROGRAMMA	74
1.13	INDICAZIONI SULL'APPLICABILITÀ DEL D.LGS 81/2008.....	74
2.	BIBLIOGRAFIA	75

1. RELAZIONE DESCRITTIVA

1.1 PREMESSA (OBIETTIVI DEL PROGETTO)

Il presente progetto, che ha lo scopo di contribuire al piano di risanamento delle acque del fiume Lambro, prevede la realizzazione di un sistema di finissaggio, con tecniche naturali, delle acque di sfioro di prima pioggia dell'impianto di depurazione di Merone (CO) che attualmente vengono scaricate direttamente nel fiume, con gravi danni per l'ecosistema.

Il progetto fa parte delle azioni previste nel LIFE11 ENV/IT/004 Lambro vivo "Interventi per il miglioramento delle acque e degli habitat nella Valle del Lambro" (azione B2); inoltre il progetto è stato selezionato dal Bando Cariplo 2011- Lamber risorsa di Brianza — azione 5.

Il Progetto preliminare è stato redatto dal Parco Regionale della Valle del Lambro nel Marzo 2013; in sede di elaborazione della soluzione progettuale è stato coinvolto lo staff direttivo tecnico dell'impianto di depurazione dal momento che il sistema di finissaggio costituirà una sua appendice esterna che dovrà funzionare in sinergia con esso.

Il progetto ha subito poi delle modifiche in conseguenza del bando di gara per la progettazione definitiva, pubblicato dal Parco nel marzo 2014; tra le richieste del bando, c'era quella di revisione del progetto preliminare con l'obiettivo di massimizzare le rese depurative in funzione delle aree disponibili e della effettiva qualità delle acque di sfioro.

In sede di gara si è proposto quindi di abbandonare l'idea iniziale di un grosso accumulo in terra (che avrebbe prefigurato problemi sia di carattere ambientale legati alla diffusione di cattivi odori, sia di carattere costruttivo data l'elevata altezza della falda in tutta l'area, sia di carattere idraulico in quanto prevedeva il funzionamento per gravità rigurgitando ulteriormente la fognatura a monte che già opera in condizioni di rigurgito durante gli sfiori) e di un sistema a flusso libero superficiale / bosco umido per il trattamento di tutte le acque di sfioro (ritenuto non sufficiente a garantire idonei tempi di ritenzione idraulica e rese depurative significative compatibilmente con i regimi idraulici degli sfiori, oltre a presentare anche esso il rischio di diffusione di cattivi odori).

La nuova proposta prevede invece l'adozione di un sistema di fitodepurazione a flusso sommerso specifico per le acque di prima pioggia, che permette anche di accumulare (tramite l'adozione di bocche tarate all'uscita delle vasche) un significativo volume di acqua evitando il ricorso a vasche di equalizzazione in testa; le vasche a flusso sommerso sono potenziate con un impianto di aerazione forzato, di modo da aumentare l'efficienza di rimozione complessiva riducendo le superfici necessarie, dato che le aree a disposizione sono piuttosto limitate.

In tal modo si riesce a trattare una parte significativa del volume complessivo delle acque sfiorate annualmente, trattando la quota parte più inquinata dell'evento di sfioro e riducendo notevolmente i carichi inquinanti addotti al Fiume Lambro (secondo le stime del presente progetto, sottraendo almeno 140 tCOD/anno); tale misura va di pari passo con l'upgrading del depuratore, che permetterà di ridurre notevolmente gli eventi di sfioro trattando maggiori volumi nel depuratore. Complessivamente si dovrebbe riuscire a sottrarre al Lambro circa 260 tCOD/anno in più rispetto alla situazione attuale.

Accanto al sistema di fitodepurazione a flusso sommerso, si prevedono altre misure aventi l'obiettivo sia di aumentare i rendimenti del sistema, sia di potenziare l'area di intervento a livello ecologico: si è previsto quindi un sistema di fitodepurazione a flusso libero che tratterà sia le acque in uscita dal sistema a flusso sommerso aerato, sia quota parte delle acque del depuratore con l'ottica di mantenere ottimali condizioni nel sistema umido favorendo una elevata biodiversità. La zona umida, ha anche la funzione di aumentare la diversità alla scala di paesaggio, ricreando un ecosistema – quello degli ambienti umidi – un tempo molto diffuso nelle piane alluvionali dei fiumi lombardi e ora quasi scomparso. L'intervento cercherà di minimizzare l'impatto sull'area boscata esistente, riducendo al minimo il taglio di alberi – taglio che sarà comunque compensato su altre aree – e salvaguardando e riqualificando la fascia di bosco ripario più prossima al fiume. Il design della zona umida sarà finalizzato a salvaguardare le specie arboree di pregio presenti, secondo un accurato rilievo vegetazionale da realizzarsi in fase di progettazione esecutiva.

La proposta effettuata dal gruppo di progettazione in sede di gara è stata poi condivisa nel corso di alcuni incontri con il parco e lo staff tecnico del depuratore, sulla base di una indagine più approfondita riguardante i dati quali-quantitativi delle acque sfiorate e le problematiche idrauliche, paesaggistiche e geologiche dell'intervento. Sono stati anche definiti i trattamenti preliminari idonei a garantire un efficace pre-trattamento delle acque sfiorate, tali sia da preservare i sistemi di fitodepurazione a valle sia da garantire maggiori abbattimenti su sabbie, solidi e carico organico particolato.

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

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

- buone rese depurative
- impatto ambientale nullo;
- inserimento paesaggistico ottimo;
- costi di gestione molto ridotti rispetto ad un sistema convenzionale;

Va inoltre sottolineato che l'intervento in oggetto, ha carattere "multifunzionale", in quanto oltre al trattamento del carico inquinante e alla parziale laminazione dei carichi idraulici, gli interventi previsti sono finalizzati a raggiungere altri obiettivi come la fruibilità dell'area e una sua riqualificazione a livello naturalistico.

1.2 CONSIDERAZIONI IN MERITO A PRESCRIZIONI SUL PROGETTO PRELIMINARE

La proposta elaborata risponde in modo esaustivo alle osservazioni della Regione Lombardia sul progetto preliminare (Prot. 0005815 18/12/2013 Regione Lombardia, Direzione Generale Ambiente, Energia, Sviluppo Sostenibile, Risorse Idriche e Programmazione Ambientale, Pianificazione Tutela e Riqualificazione Risorse Idriche) soprattutto a riguardo dell'efficienza depurativa che nella soluzione proposta risulta

decisamente incrementata. In merito alle singole osservazioni contenuti nel parere di Regione Lombardia si sottolinea quanto segue:

Osservazione n°1

- La scelta progettuale descritta non è adeguatamente inquadrata secondo quanto disposto dagli artt. 15, 16 e 17 del R.R. 3/06 in riferimento al trattamento delle acque di prima pioggia. È, quindi, indispensabile verificare, anche mediante il coinvolgimento del gestore dell'impianto e del manufatto di sfioro, la rispondenza delle soluzioni progettuali adottate a quanto previsto dal regolamento regionale di cui sopra, acquisendo in particolare i dati di portata e di concentrazione degli inquinanti in uscita dallo sfioratore nonché in ingresso e in uscita dall'impianto di depurazione. Tali dati dovranno, inoltre, essere impiegati al fine di impostare un adeguato piano di monitoraggio dell'efficacia delle rese depurative dell'impianto di fitodepurazione in modo da controllare e analizzare, anche a fini scientifici e divulgativi, l'abbattimento del carico inquinante realmente conseguito.

Il R.R n.3/2006, prevede - oltre a regole riguardanti la portata da recapitare a depurazione in tempo secco e per l'adeguamento degli sfiori (art. 15) – all'art. 16 la necessità di realizzare vasche di accumulo per lo sfioratore in testa del depuratore, di volume pari a 50 m³ per ettaro di superficie scolante efficace. L'alimentazione delle vasche è realizzata in modo che, a riempimento avvenuto, le successive acque sfiorate recapitano nel corpo recettore. A evento meteorico esaurito le acque contenute nelle vasche di accumulo vengono reinviolate al depuratore. Secondo l'art.17 tali vasche di accumulo devono essere realizzate entro fine 2016 con la modulazione prevista dai Piani d'Ambito e che "i Piani d'Ambito determinano le situazioni in cui, in relazione alle caratteristiche della zona servita, non è possibile procedere alla realizzazione delle vasche d'accumulo in conformità all'articolo 15 comma 3 e all'articolo 16, indicando gli interventi (...) idonei a garantire la tutela del corpo idrico interessato dallo scarico dello sfioratore.

Dall'analisi del R.R. appare immediatamente che l'obbligo di realizzare vasche di accumulo come unica risposta all'inquinamento provocato dagli sfioratori delle reti miste sia strategicamente sbagliato da molti punti di vista. Inoltre il regolamento non è facilmente applicabile agli sfioratori di testa dei depuratori, soprattutto quelli di grosse dimensioni come quello di Merone. La normativa è attualmente in fase di revisione da parte della Regione Lombardia, anche per superare questi limiti. Si nota comunque che il regolamento – seppure con i limiti indicati – non preclude la realizzazione di sistemi naturali, in alternativa alle vasche, purché previsti dal Piano d'Ambito, (art. 17).

Il regolamento attuale stabilisce per gli sfioratori posti in testa ai depuratori l'obbligo di recapitare all'impianto (senza che si attivi lo sfioratore) 750 l/a.e. al giorno, calcolati secondo la potenzialità riconosciuta del depuratore ed espressa in a.e. L'upgrading del depuratore in corso consentirà di raggiungere questo obiettivo. Come emerso durante un incontro preliminare con ARPAL e Provincia di Como, le portate sfiorate oltre questo limite non sono soggette a nessun limite depurativo (ad eccezione dei limiti sulle sostanze pericolose stabilite da Tabella 3° D.L. 152/06). Il sistema di trattamento delle acque sfiorate quindi è stato dimensionato non in funzione del rispetto di precisi limiti allo scarico, ma puntando a sottrarre al Fiume Lambro carichi inquinanti significativi, riducendo l'impatto dello sfioro, e contribuendo così a raggiungere l'obiettivo di qualità del Fiume Lambro stabiliti dal Piano di Tutela delle Acque Regionale.

L'individuazione del volume di prima pioggia non è stata fatta sulla base della superficie drenata efficace, in quanto il bacino è formato da diversi sottobacini ognuno sotteso da uno sfioratore e quindi il risultato ottenuto rischierebbe di essere fuorviante; ma sulla base di una elaborazione dei dati di monitoraggio delle portate e della qualità delle acque in ingresso forniti dal gestore, secondo cui per portate $> 1400 \text{ m}^3/\text{h}$, le concentrazioni di COD sono già al di sotto dei limiti di legge per via della diluizione e possono essere considerate "acque di seconda pioggia".

Dall'analisi dei dati è emerso inoltre che gli eventi possono essere suddivisi in due sottoclassi (denominate Eventi A e B): i primi sono caratterizzati da un tempo secco antecedente di diversi giorni e sono caratterizzati da concentrazioni iniziali decisamente più alte e da una curva di portata che presenta uno o più picchi pronunciati che poi tendono ad esaurirsi; i secondi invece sono caratterizzati da eventi più prolungati nel tempo (anche diverse settimane), con portata di sfioro piuttosto costante e concentrazioni di inquinanti anch'esse piuttosto costanti e sensibilmente ridotte rispetto agli eventi A, spesso molto vicine se non al di sotto dei limiti di legge depuratore per lo scarico in acque superficiali.

Sulla base di ciò si è visto che trattando eventi A fino a $5000 \text{ m}^3/\text{g}$ ed eventi B fino a $9000 \text{ m}^3/\text{g}$, su base annua, si intercetta circa il 40% dei volumi totali sfiorati (dopo l'upgrading del depuratore) e circa il 60-70% dei carichi inquinanti, trovando ampia corrispondenza nel concetto di "volume di prima pioggia" introdotto dal R.R. 3/2006. Le vasche di prima pioggia indicate nel regolamento infatti, secondo alcuni studi pregressi su sfioratori sulla rete (che peraltro hanno un comportamento diverso e sono meno impattanti di uno sfioratore di testa di un depuratore), riescono ad intercettare non più del 30-40% dei volumi di sfioro.

Tale valutazione è stata avvalorata e approfondita in fase di progettazione definitiva con il supporto dell'Ente Gestore del Depuratore di Merone, mediante una analisi statistica delle portate in arrivo all'impianto di Merone, integrata con il nuovo scenario previsto a seguito dell'up-grading del depuratore e delle maggiori portate da esso ricevibili.

Ciò dovrà poi essere ulteriormente verificato in fase operativa tramite un attento programma di monitoraggio, valutando con il gestore dell'impianto la possibilità di dotare il sistema di trattamento di misuratore di portata e campionatore automatico in ingresso ed uscita, arricchendo le esperienze scientifiche su questi sistemi e favorendone la divulgazione in un ottica di continuo miglioramento.

Osservazione n°2

- Nel progetto presentato non è sufficientemente dettagliato il rischio idraulico cui è soggetta l'area di intervento. È necessario, pertanto, redigere uno studio idraulico di dettaglio (anche mediante rilievi in loco) che verifichi l'effettiva esondabilità delle aree oggetto d'intervento con particolare riguardo alla zona a valle della vasca di accumulo ove è prevista la realizzazione del sistema di finissaggio che potrebbe essere significativamente compromesso da eventi alluvionali intensi.

In fase di definitivo è stato approfondito il livello di pericolosità idraulica dell'area in progetto. Tale verifica è risultata opportuna in quanto sulla base delle fasce PAI vigenti l'area in esame risulta essere in fascia C, mentre dai successivi approfondimenti condotti dall'AdbPo nell'ambito dello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona" (2003) l'area risulta esondabile per eventi duecentennali (assimilabile ad una

classificazione di fascia B), con portate in alveo dell'ordine dei 120 m³/s rispetto ad un'officiosità idraulica dello stesso di circa 60 m³/s.

Il medesimo studio segnalava l'opportunità di mantenere libera l'area oggetto del presente intervento, per consentire l'espansione del corso d'acqua in caso di piena. E' stata quindi valutata l'interferenza tra opera e Lambro e definite le quote del sistema di filtrazione in modo che rimanesse al di fuori dell'area occupata dalla piena del Lambro. I livelli il Lambro nel tratto corrispondente ai filtri areati sono sostanzialmente costanti perché condizionati dalla presenza di un manufatto poche centinaia di metri a valle che provoca rigurgito.

Tali livelli sono per evento duecentennale circa pari a 242.50 msm, mentre per evento cinquecentennale 243.10 (considerando già il sistema di riferimento del rilievo del depuratore che è stato stimato essere circa 1.20 metri più basso di quello dello studio Lambro-Olona e dello studio di Mambretti-ASIL). Considerando un franco di un metro sulla piena duecentennale la quota minima delle arginature a protezione dei sistemi di fitodepurazione areati e di posizionamento dei trattamenti preliminari è 243.50 m s.l.m., quota che consente anche il contenimento della piena cinquecentennale con franco di 40 cm.

Il sistema umido di valle invece potrà tollerare esondazioni, anche se non troppo frequenti. L'argine di protezione previsto a quota 241.50 permette di contenere il livello decennale del Lambro.

La soluzione proposta non si ritiene che sottragga apprezzabili volumi di allagamento.

Osservazione n°3

- La realizzazione dell'area di accumulo, così come configurata nel progetto preliminare, suscita alcune perplessità legate soprattutto alla profondità della stessa. Una profondità eccessiva potrebbe, infatti, innescare l'avvio di processi anaerobici all'interno della vasca determinando, conseguentemente, la formazione di odori molesti. È opportuno, quindi, esaminare nel dettaglio tale aspetto adottando una soluzione impiantistica che miri a minimizzare il rischio di formazione di odori.

Le perplessità in merito alla vasca di accumulo sono a nostro parere condivisibili; date le concentrazioni di sostanza organica delle acque sfiorate, tale sistema è destinato a divenire rapidamente anossico, sviluppando inevitabilmente cattivi odori, che renderebbero difficilmente frequentabile l'area umida prevista a valle.

Il sistema di accumulo sarebbe destinato a svuotarsi una volta esaurito l'evento meteorico; i fanghi bloccati finirebbero per depositarsi sul fondo ed entrare poi in contatto con l'atmosfera, generando ulteriori problematiche di cattivi odori durante i periodi di tempo secco. Il fango disidratato tende ad alleggerirsi, e con l'arrivo della nuova onda di piena può tornare in sospensione e flottare in superficie, per poi raggiungere il recettore e/o il sistema di trattamento a valle, creando problemi sulla qualità delle acque e vanificando gran parte delle rimozioni ipotizzate e legate a processi sedimentativi, oltre a porre il rischio di un veloce interrimento del sistema a flusso libero con riduzione dei rendimenti

la soluzione proposta ha tra gli obiettivi, oltre a migliorare le efficienze depurative, quello di minimizzare il rischio di formazione di cattivi odori e di garantire la fruibilità dell'area, di particolare importanza anche per l'accettabilità dell'intervento da parte della popolazione.

Osservazione n°4

- Dal punto di vista dell'impatto paesistico-ambientale, la realizzazione dell'impianto di fitodepurazione dovrà rispettare, per quanto possibile, la naturalità dei luoghi massimizzando la multifunzionalità dell'area in modo che svolga anche funzioni di tipo ecologico-ambientale.

La soluzione proposta tiene conto, in una logica multi-obiettivo, non solo delle caratteristiche di efficienza depurativa e di ritenzione dei volumi di pioggia, ma anche delle esigenze di tipo paesistico, ecologico ed ambientale; tramite la creazione di un'area ad alta biodiversità e valenza naturalistica (in particolar modo nella sezione relativa alla zona umida, ma anche con la creazione di ambienti a canneto nei sistemi a flusso sommerso, anch'essi potenzialmente habitat importanti a margine del fiume), tramite il potenziamento delle fasce ripariali e perifluviali, tramite la creazione di percorsi fruibili all'interno del sistema di affinamento, come già fatto in altri contesti perifluviali (ad esempio nell'impianto di Gorla Maggiore inserito in un parco fluviale).

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

Potenzialità impianto in A.E.	2.000 – 10.000	
Parametri ⁽¹⁾	Concentrazione	% di riduzione
BOD ₅ mg/l	25	70-90
COD mg/l	125	75
Solidi Sospesi mg/l	35	90

Tabella 1 – Limiti di emissioni per acque reflue urbane
(Allegato 5 del Testo Unico sulle Acque, D.L. del 11.05.99 n.152)

La Normativa regionale della Lombardia (R.R. n.3 del 24 marzo 2006) disciplina all'art.15 del Capo 3 Titolo 3 anche le acque meteoriche da avviare alla depurazione; secondo il comma 1 di tale articolo gli sfioratori di piena delle fognature miste sono 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:

- "salvi i casi di cui al comma 2, apporto di 750 per a.e. al giorno, considerati uniformemente distribuiti nelle 24 ore,....;*
- 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 l'adeguamento dei manufatti di sfioro:

- *"le acque eccedenti gli apporti di cui all'art. 15 scaricate dagli sfioratori di piena sono avviate verso vasche di accumulo a perfetta tenuta per evitare infiltrazione nel sottosuolo";*
- le vasche di accumulo devono essere dotate di un sistema di alimentazione tale da escludere le stesse a riempimento avvenuto, mentre le ulteriori acque sfiorate sono inviate ai recapiti naturali direttamente o previo accumulo in vasca volano.

¹ Le analisi sugli scarichi provenienti da lagunaggio o fitodepurazione devono essere effettuati su campioni filtrati, la concentrazione di solidi sospesi non deve superare i 150 mg/l

- le vasche di accumulo devono essere dimensionate considerando 50 mc/ha di superficie scolante impermeabile nel caso di recapito in corpi idrici significativi e 25 mc/ha per i corpi idrici non significativi;
- 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 prescrizioni contenute nell'articolo 15 sopra citato entro il 31 dicembre 2016.

Secondo l'art.17 tali vasche di accumulo devono essere realizzate entro fine 2016 con la modulazione prevista dai Piani d'Ambito e che "i Piani d'Ambito determinano le situazioni in cui, in relazione alle caratteristiche della zona servita, non è possibile procedere alla realizzazione delle vasche d'accumulo in conformità all'articolo 15 comma 3 e all'articolo 16, indicando gli interventi (...) idonei a garantire la tutela del corpo idrico interessato dallo scarico dello sfioratore.

Dall'analisi del R.R. appare immediatamente che l'obbligo di realizzare vasche di accumulo come unica risposta all'inquinamento provocato dagli sfioratori delle reti miste sia strategicamente sbagliato da molti punti di vista; d'altronde questo non ha precluso, in alternativa alle vasche, la realizzazione di sistemi naturali, purché previsti dal Piano d'Ambito, (art. 17).

Inoltre si deve aggiungere che il regolamento non è facilmente applicabile agli sfioratori di testa dei depuratori, soprattutto quelli di grosse dimensioni come quello di Merone. La normativa è attualmente in fase di revisione da parte della Regione Lombardia; allo stato attuale l'unico vincolo di legge è che il depuratore deve sottoporre a trattamento 750 l/a.e. al giorno, calcolati secondo la potenzialità riconosciuta del depuratore ed espressa in a.e. L'upgrading consentirà di raggiungere questo obiettivo; come emerso durante un incontro preliminare con ARPAL e Provincia di Como, le portate sfiorate oltre questo limite non sono soggette in tal caso a nessun limite depurativo (ad eccezione dei limiti sulle sostanze pericolose stabilite da Tabella 3° D.L. 152/06). L'obiettivo è quindi di individuare obiettivi depurativi compatibili con l'obiettivo di qualità del Fiume Lambro stabiliti dal Piano di Tutela e più in generale di sottrarre al Fiume Lambro carichi inquinanti significativi riducendo l'impatto dello sfioro.

Nel presente progetto quindi l'individuazione del volume di prima pioggia non è stata fatta sulla base della superficie drenata efficace, in quanto il bacino è formato da svariati sottobacini ognuno sotteso da uno sfioratore e quindi il risultato ottenuto rischierebbe di essere fuorviante; ma sulla base di una elaborazione dei dati di monitoraggio e portate forniti dal gestore, in modo da individuare quella quota parte da trattare in modo da raggiungere obiettivi di qualità, in termini di carico inquinante sottratto al Fiume Lambro, compatibili con il Piano di Tutela e tali da ridurre fortemente l'impatto dello sfioratore sul corpo idrico.

1.4 DESCRIZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE

L'impianto di depurazione di Merone riceve i reflui urbani (domestici e industriali) di 38 comuni. La popolazione equivalente complessivamente servita è di circa 120.000 A.E. di cui circa il 85% civile e il restante 15% industriale. L'impianto tratta annualmente oltre 15 milioni di metri cubi di liquame provenienti da un'area drenata di 140 km².

I reflui prodotti sono convogliati all'impianto di depurazione da una rete di collettori intercomunali che si estende per circa 76 km. Lungo la rete sono ubicate tre stazioni di sollevamento che consentono di immettere nelle aste principali le acque raccolte a quota più bassa; esse sono situate ad Alserio, Erba e Valbrona.

L'impianto di Merone è di tipo a fanghi attivi a biomassa sospesa. Il sistema di trattamento prevede i seguenti trattamenti:

- grigliatura grossolana;
- sollevamento, con sfioro delle portate in eccesso;
- grigliatura fine;
- dissabbiatura – disoleatura;
- sedimentazione primaria;
- trattamenti biologici: che si dividono in denitrificazione e Ossidazione – nitrificazione;
- sedimentazione secondaria – ricircolo fanghi;
- clorazione;
- scarico finale.

Attualmente l'impianto è dimensionato per trattare una portata media di circa 1800 mc/ora. Sono previste diversi interventi di upgrading mirati ad aumentare la portata trattabile e a migliorarne la qualità, tra cui interventi sulla nitrificazione, l'inserimento di una fase di filtrazione su tela e la conversione dell'attuale disinfezione con cloro in sistema ad UV.

REFLUE DOMESTICHE	INGRESSO	USCITA ATTUALE	USCITA FUTURA
BOD₅ [mg/L] O ₂	116,93	8,40	< 10,00
COD [mg/L] O ₂	333,28	33,68	< 60,00
Solidi sospesi totali [mg/L]	192,20	11,64	< 15,00
Fosforo totale [mg/L] P	4,59	0,95	< 1,00
Azoto ammoniacale [mgN-NH ₄ /L]	20,09	1,84	n.d.
Azoto nitroso [mgN-NO ₂ /L]	0,23	0,21	n.d.
Azoto nitrico [mgN-NO ₃ /L]	1,16	6,48	n.d.
Azoto totale [mgN/L]	30,22	9,58	< 10,00
Tensioattivi totali [mg/L]	5,74	0,43	n.d.
pH	7,73	7,78	n.d.

Tabella 2 – concentrazioni in ingresso ed uscita per le acque reflue domestiche, e previsione futura fornita dal gestore dell'impianto.

Per quanto riguarda le acque di pioggia, il depuratore di Merone è dimensionato per mandare al trattamento una quota parte delle acque di pioggia che convergono all'impianto; la sua attuale capacità di smaltimento consente infatti di trattare fino a 3200 mc/ora (614 l/a.e. considerando la potenzialità di 120.000 a.e.; molto vicino a 750 l/a.e. se si considera ciò che l'impianto tratta realmente e pari a circa 100.000 a.e.). L'eccesso viene riversato nel corpo recettore, il Lambro, dallo sfioratore di testa dell'impianto. Si

consideri che, a titolo di esempio, nel 2012 la massima portata sfiorata ha raggiunto i 2500 mc/ora, ovvero al depuratore arrivava una quantità d'acqua superiore di circa i 3/4 rispetto alla sua massima capacità di trattamento.

L'adeguamento dell'impianto di Merone consentirà tra l'altro anche l'innalzamento della potenzialità di trattamento fino a **4000 mc/ora** (800 l/a.e., in pieno rispetto della normativa regionale) con un incremento di 800 mc/ora rispetto alla situazione attuale.

Una ulteriore criticità da considerare è l'impatto degli scarichi del depuratore sul corpo recettore in funzione della portata transitante cui è demandata la diluizione dei carichi immessi. A questo si aggiunge, soprattutto per gli eventi di pioggia estivi, la notevole differenza della temperatura dell'acqua scaricata rispetto a quella del corpo idrico.

TEMPERATURE	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Fiume (medie) °C	6.0	10.0	14.0	20.0	22.0	23.0	22.0	22.0	23.0	17.0	18.0	5.0
Sfioro °C	9.5	-	7.8	12.0	15.9	10.9	-	17.5	11.0	8.2	10.5	-
Differenza	3.5	-	-6.2	-8.0	-6.1	-12.1	-	-4.5	-12.0	-8.8	-7.5	-

Tabella 3 – temperature delle acque del fiume e di quelle sfiorate.

1.5 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

1.5.1 Inquadramento geografico

Gli interventi previsti dal seguente progetto sono situati nei comuni di Merone, in provincia di Como, e nel comune di Costa Masnaga in provincia di Lecco. In questo territorio scorre il Fiume Lambro che, dopo l'uscita dal lago di Pusiano e l'immissione dell'emissario del Lago di Alserio, scorre lungo tutta la Brianza assumendo un andamento tortuoso ai piedi delle colline moreniche tipiche del paesaggio brianzolo.



Figura 1 – Inquadramento territoriale dell'area

Il fiume Lambro in questo tratto ha un andamento abbastanza sinuoso e la naturalità dell'area ha permesso la meandricazione e la creazione di lanche, aree umide naturali e fasce boscate lungo le sponde fluviali. In questo tratto il Lambro presenta alveo e

sponde naturali caratterizzate da una ricca vegetazione riparia spontanea rappresentata da specie autoctone e alloctone.

Sulla sponda destra è presente il depuratore di Merone che sversa nel fiume Lambro sia le acque provenienti dallo scaricatore ordinario, sia le acque di sfioro dello scaricatore di testa del depuratore.

1.5.1 Inquadramento climatico ed idrologico

È stata svolta un'analisi climatica del territorio della Brianza che mostra un andamento generale dei periodi di pioggia e dei periodi di asciutta che caratterizzano il territorio.

1.5.1.1 Temperature

Per quanto riguarda le temperature si riscontra una media annua attorno ai 12-13 °C ma sono valori che tendono a diminuire attorno ai 10° via via che ci si porta verso le zone collinari più alte. I mesi più caldi risultano Luglio (il più caldo in assoluto) e Agosto, con temperature medie mensili rispettivamente di 23.5 e 23.1 °C. Il mese generalmente più freddo è Gennaio con una minima media mensile di 0°C e minime anche molto rigide e al di sotto dello zero.

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
1997	4.4	7.1	12.3	12.9	17.2	20.6	23.0	24.2	21.2	14.4	8.0	4.2
1998	3.5	7.6	9.3	11.2	17.5	21.3	23.6	24.0	17.9	12.9	6.2	3.0
1999	4.2	4.5	9.1	12.9	18.4	20.4	23.6	22.0	19.5	13.4	7.3	3.4
2000	3.1	6.4	9.7	12.5	18.4	22.4	21.6	23.1	19.0	13.6	8.0	5.2
2001	3.2	6.5	9.6	11.5	18.4	20.9	23.1	23.9	16.1	15.6	7.0	2.5
2002	2.1	6.2	10.8	12.1	16.5	22.5	22.0	21.5	17.1	13.7	7.1	2.5
2003	2.1	6.2	10.8	13.0	19.9	25.8	25.0	27.3	19.0	11.4	8.0	4.1
2004	2.7	4.1	7.5	12.6	15.5	21.8	23.2	23.0	19.1	14.1	7.7	3.9
2005	2.2	2.6	8.1	11.6	18.6	22.8	20.7	20.9	19.1	14.0	7.0	2.2
2006	0.9	3.2	7.5	13.8	18.0	23.6	27.0	21.8	20.8	15.5	9.9	5.1
2007	6.3	7.5	10.9	18.0	19.7	21.9	25.7	22.7	18.8	14.3	8.1	3.9
medie	2.52	5.19	9.10	12.31	17.37	21.39	23.14	22.47	18.36	13.31	7.29	3.20

Tabella 4 – Medie mensili di temperature per il decennio 1997-2007 alla Stazione di Erba

Anno	Tmed gg	Tmin gg	Tmaxgg
1997	14.2	-2.6	34.2
1998	13.2	-4.0	35.1
1999	13.3	-4.9	32.7
2000	13.6	-6.2	33.6
2001	13.2	-5.2	33.2
2002	12.9	-5.3	33.7
2003	14.4	-5.3	40.1
2004	13.0	-3.5	36.2
2005	12.5	-7.8	36.8
2006	14.0	-6.0	38.5
2007	14.9	-3.2	38.0
Media Periodo	13.6	-7.8	40.1

Tabella 5 – Valori max, minimi, medi su base giornaliera delle temperature per il decennio 1997-2007 alla Stazione di Erba

Mese	Tmed	Tmin med	Tmax media
Gen	3.1	0.0	7.4
Feb	5.6	1.8	10.3
Mar	9.6	5.3	14.7
Apr	12.9	8.6	17.9
Mag	18.0	13.4	23.3
Giu	22.2	17.2	27.8
Lug	23.5	18.5	29.2
Ago	23.1	18.7	28.6
Set	18.9	15.0	23.9
Ott	13.9	10.9	17.7
Nov	7.7	4.8	11.3
Dic	3.6	0.7	7.3

Tabella 6 – Valori max, minimi, medi su base mensile delle temperature per il decennio 1997-2007 alla Stazione di Erba

1.5.1.2 Piogge

Dall'analisi delle serie meteorologiche delle precipitazioni giornaliere disponibili si ricava come mediamente nell'area del Comune cadono circa 1200-1300 mm di acqua all'anno. Gli anni più piovosi del periodo in esame (ultimo decennio) sono stati il 2000 e il 2002, rispettivamente con 2127 e 2236 mm, valori comunque molto elevati, anche per un'area piovosa come quella di Merone. Il minimo assoluto registrato, considerando la stazione di Erba, è di 792 mm di pioggia nel 1998; si può inoltre osservare come negli ultimi 5 anni le precipitazioni totali annuali non sono mai state superiori alle media del periodo.

La distribuzione delle precipitazioni durante l'anno è caratterizzata da picchi sia primaverili che autunnali. I mesi più piovosi in assoluto sono Maggio, Agosto, Settembre e Ottobre. Il trimestre generalmente più piovoso è il quarto. Il massimo mensile assoluto si verifica in genere in Settembre-Ottobre e talvolta in Agosto, soprattutto negli ultimi anni. I massimi mensili assoluti sono dell'ottobre del 2000 con 427 mm, del Novembre 2002 con ben 615 mm e, in ultimo, dell'agosto 2007 con 374 mm.

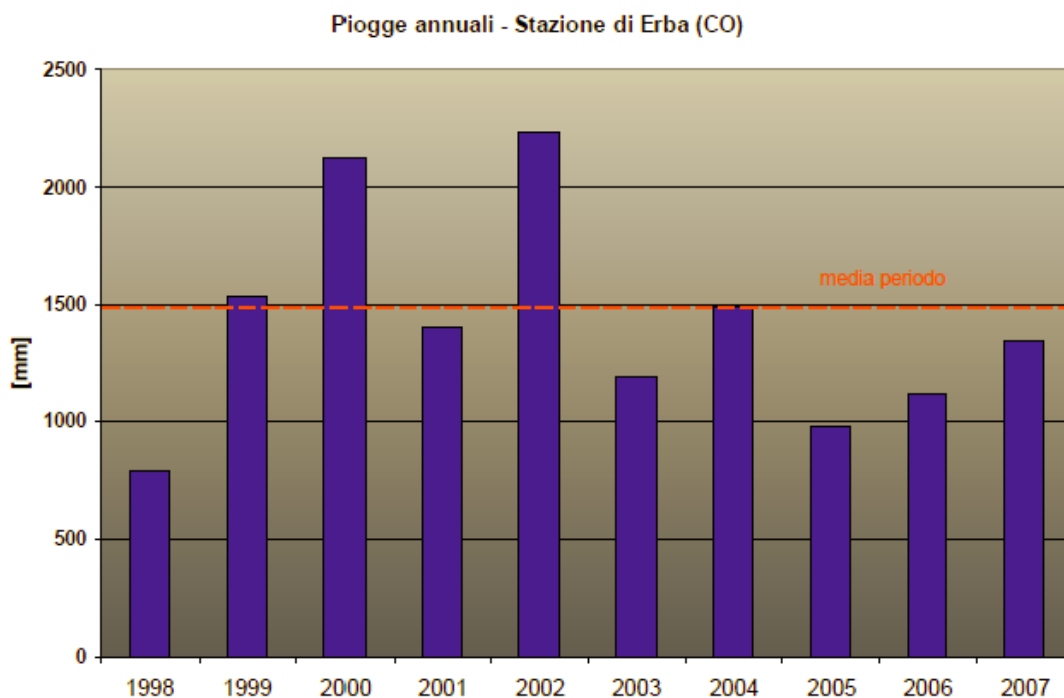


Figura 2 – Precipitazioni totali annuali per il periodo 1998 – 2007 (Stazioni di Erba)

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
1998	0.2	24.6	9.4	32.8	5.4	7.6	58.4	84.4	269.8	266.6	10	22.8
1999	71.4	0	137.2	120.2	83.2	155.4	185.2	195.4	216.4	184.4	99.8	88.2
2000	0	7.4	91.2	250.4	172	35.4	260	155.8	120.6	426.4	438	169.4
2001	185.8	72.6	238.6	77.6	108	51.2	162	177	126	170.8	31.6	1
2002	36.6	214.6	96.6	98.8	323.8	134.4	167.6	254.6	152.2	69	614.2	73.2
2003	65.6	1.6	6	51.4	89.8	215.2	139.6	26.4	28.6	232.6	193.4	144.4
2004	41.2	134.2	78	154.4	176.8	80.2	112.2	196.2	59	185.2	205	67.6
2005	9.6	10.2	82.4	132.4	58.6	48.2	95.2	132.8	157.4	124.6	64.2	81.4
2006	45	84	75.1	102	62	16	122	129	196	81	66	145
2007	50.4	24.6	44.4	32	201.8	245.6	48.6	373.4	167.6	26.2	118.8	11.8
Media	51	57	86	105	128	99	135	173	149	177	184	80

Tabella 7 – Medie mensili di pioggia per il decennio 1998-2007 alla Stazione di Erba

Mediamente si verificano 103 giorni di pioggia e la media delle precipitazioni massime giornaliere è di 80mm con massimi di 100-150 mm.

	Media gg pioggia	Dev stand
gen	7	4
feb	6	4
mar	7	4
apr	10	4
mag	12	5
giu	12	4
lug	8	3
ago	9	3
set	8	5
ott	9	5
nov	8	4
dic	7	3
Anno	103	15

Tabella 8 – Giorni di pioggia medi mensili e media annuale alla Stazione di Erba

1.5.1.3 Idrologia

Al fine di definire il regime pluviometrico per il corretto dimensionamento dell'impianto sono stati raccolti ed elaborati i dati di pioggia di breve durata e forte intensità di tutti i pluviometri prossimi all'area dell'intervento. Sono state dunque elaborate le serie storiche di pluviografi, dotate di pluviografo registratore, per i quali fossero disponibili più di 20 anni di osservazioni; per il caso in esame si è considerato il pluviografo più vicino al sito in esame, ubicato nel territorio comunale di Como e gestito dal SIMN.

Le altezze massime annuali di pioggia possono essere calcolate per tempi di ritorno di 10, 20, 30, 50 e 100 anni, attraverso la determinazione delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica, nella classica forma $h = a \tau^n$.

Tempo di ritorno (anni)	a	n
100	71,1	0,2618
50	64,25	0,266
30	59,18	0,2697
20	55,11	0,2731
10	48,05	0,2804

Tabella 5 - Parametri della curva di possibilità climatica per la stazione di Como

Nel 2001 l'Autorità di Bacino del fiume Po, nell'ambito della redazione del PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po), ha emanato con propria direttiva i criteri e i valori da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica. Negli allegati di tali direttive viene riportata la distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Al fine di fornire uno strumento per l'analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette è stata infatti condotta un'interpolazione spaziale con il metodo di Kriging dei parametri a e n delle linee segnalatrici, discretizzate in base a un reticolo di 2 km di lato. Gli elaborati consentono il calcolo delle linee segnalatrici in ciascun punto del bacino, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, identificando la localizzazione sulla corografia. Dall'analisi di tali elaborati si ricava che l'area di intervento ricade in corrispondenza della cella riportata nella Tabella seguente.

Cella	Coord. Est UTM cella	Coord. Nord UTM cella	a Tr 20 anni	n Tr 20 anni	a Tr 100 anni	n Tr 100 anni	a Tr 200 anni	n Tr 200 anni	a Tr 500 anni	n Tr 500 anni
CV 65	499000	5071000	58.32	0.270	74.25	0.262	81.04	0.259	90.01	0.256
CW 65	501000	5071000	57.42	0.271	73.03	0.263	79.68	0.261	88.48	0.259
CX 65	503000	5071000	56.61	0.272	71.92	0.265	78.45	0.263	87.08	0.261
CW 66	501000	5069000	58.27	0.265	74.32	0.257	81.17	0.255	90.21	0.252
CX 66	503000	5069000	57.57	0.267	73.37	0.260	80.11	0.258	89.01	0.256
CY 66	505000	5069000	57.22	0.270	72.89	0.264	79.57	0.262	88.40	0.260
CW 67	501000	5067000	59.13	0.261	75.64	0.252	82.68	0.250	91.98	0.247
CX 67	503000	5067000	58.52	0.263	74.80	0.256	81.74	0.254	90.91	0.251

Tabella 5 - Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni

Una volta definiti i valori puntuali dei parametri aT e n per le stazioni pluviografiche di interesse, è stato necessario definire il valore di tali parametri anche per tutti i restanti punti interni al bacino dei corsi d'acqua considerati, ovvero individuare la variabilità spaziale dei parametri. Sono state dunque costruite delle mappe di isovalore: una differente per ogni tempo di ritorno per quanto riguarda il parametro aT, e una sola valida per ogni tempo di ritorno per il parametro n.

Attraverso la metodologia proposta nel "Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione", prof. S. Artina e altri 1997, ed. HOEPLI, si può estendere il campo di validità delle curve di possibilità pluviometrica anche alle durate di pioggia inferiori all'ora

partendo dalle serie storiche di dati disponibili che solitamente comprendono unicamente altezze di pioggia registrate per durate superiori all'ora.

1.5.1 Descrizione del corpo idrico recettore

Il corpo idrico recettore è costituito dal Fiume Lambro.

Il fiume Lambro ha un regime pluvio-nivale: non è cioè alimentato da nevi perenni, ma dalle precipitazioni e dallo scioglimento delle nevi invernali che si accumulano nei rilievi del bacino.

La curva delle portate mostra come per soli 110 giorni all'anno la portata superi il valore di 5,00 mc/s: solo in questi periodi di morbida e piena la portata del fiume garantisce una diluizione superiore a 10 volte dello scarico ordinario del depuratore (circa 0,5 mc/s) per meno di un terzo dei giorni dell'anno.

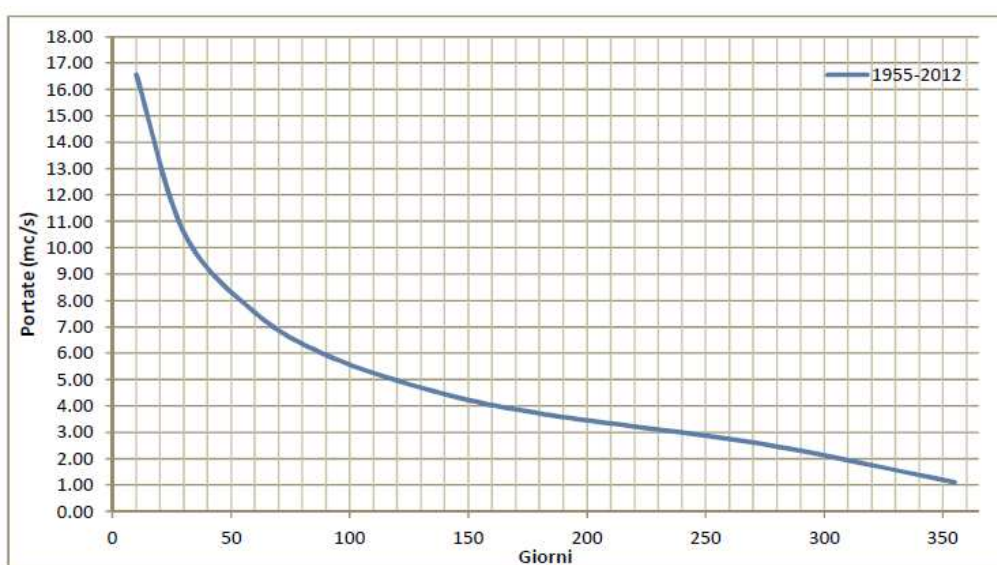


Figura 3 - Curva delle portate del Lambro alla sezione di Lambrugo, calcolata nel periodo 1955-1972 e 2004-2012

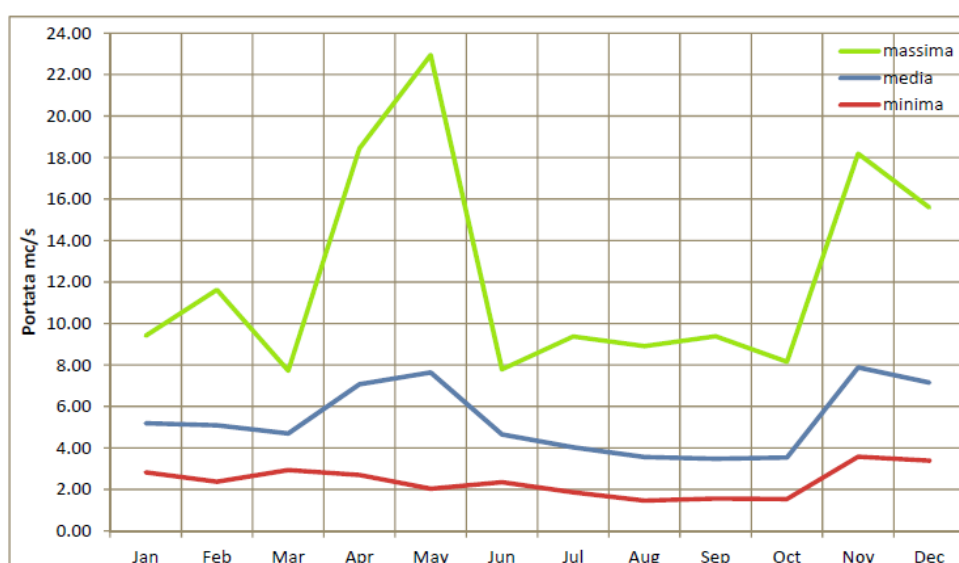
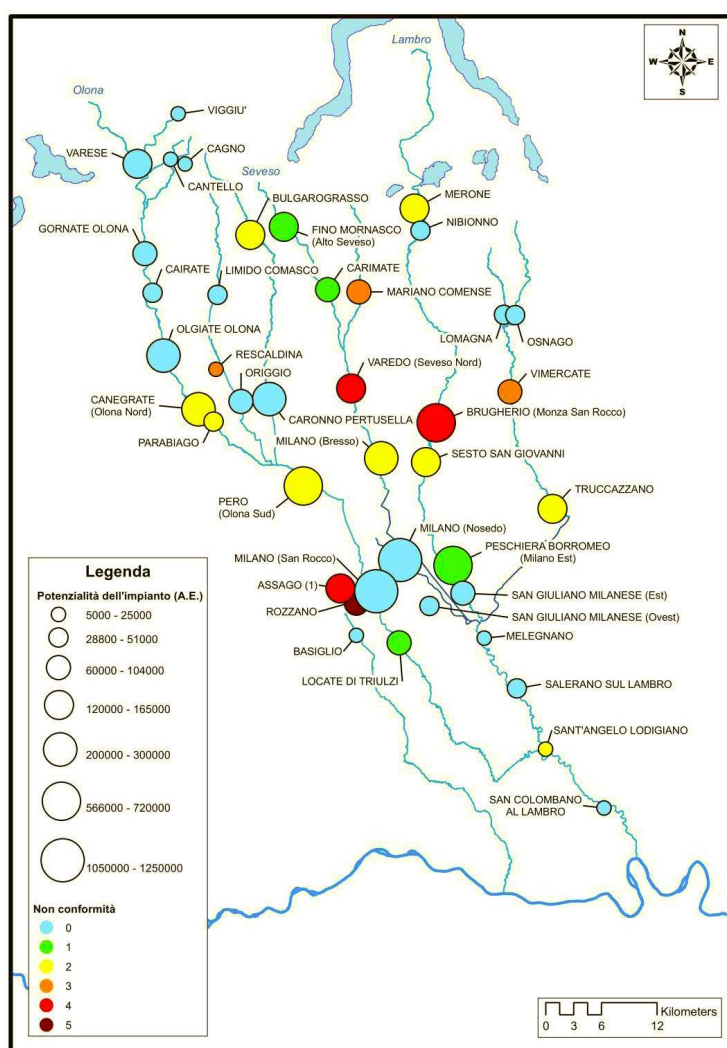


Figura 4 - Portate medie mensili nel periodo 2004-2012

Si osserva come le situazioni più critiche dal punto di vista delle magre sono quelle relative ai mesi di Agosto, Settembre ed Ottobre per i quali sono stati registrati minimi inferiori ai 2 mc/s (valori in questo caso già comprensivi dell'apporto del depuratore) e medi non superiori ai 4 mc/s. I minori problemi sono invece relativi ai mesi di Aprile, Maggio, Novembre e Dicembre, che godono delle minime (>3 mc/s) e medie (>6 mc/s) più abbondanti.

Dal punto di vista della qualità delle acque, si deve innanzitutto sottolineare l'alto grado di pressione che subisce il Fiume Lambro da parte di scarichi civili; come sottolineato anche da Legambiente, il Lambro costituisce una sorta di imbuto di una grande zona che include non solo il Milanese, ma anche parte del Varesotto, del Comasco e della Brianza. Territori che convogliano al Lambro, direttamente o attraverso i bacini confluenti di Olona e Seveso, una quantità di reflui, seppur trattati per gran parte, abnorme in rapporto alle portate naturali dei corsi d'acqua: in un bacino esteso complessivamente per 1980 kmq (l'8,3% della superficie regionale) si concentra una pressione, determinata da insediamenti civili e industriali, pari a quasi la metà dell'intera Regione. In pratica il Lambro in rapporto alla sua portata si fa carico di una intensità di scarichi di acque reflue civili e industriali oltre 11 volte superiore alla media degli altri bacini fluviali della Lombardia. Facendo riferimento alla distribuzione degli impianti per classe di potenzialità emerge che il bacino del Fiume Lambro è quello che presenta la maggior concentrazione di impianti di grosse dimensioni, basti pensare ai due grandi depuratori di Milano, a quello di Peschiera Borromeo e di Monza.



Stato ecologico del fiume Lambro



Figura 5 - Qualità delle acque del Fiume Lambro (dati ARPA, elaborazione Legambiente 2011)

Dal punto di vista della qualità delle acque, dalla figura di cui sopra sembra che il Lambro entri in sofferenza subito a valle dei depuratori di Merone e Nibionno, passando da una seconda classe ad una terza classe di qualità che poi non riesce più a recuperare, passando allo stato pessimo con l'attraversamento dell'hinterland milanese e migliorando leggermente (stato scadente) nell'ultimo tratto prima della confluenza in Po.

Secondo le indagini ante-operam sul tratto interessato dal presente progetto, condotte nell'ambito del progetto LIFE Lambro Vivo, è emerso quanto segue:

- Il contesto ambientale in cui si opera, all'interno del Parco Regionale della Valle del Lambro, nel comune di Merone (CO), nel tratto di fiume Lambro che costeggia, da monte a valle, il depuratore presente, è in genere caratterizzato da un buon grado

di naturalità, con scarsa antropizzazione. Unico elemento d'impatto negativo è la presenza dello scarico del depuratore stesso e dello sfioratore qualche decina di metri più a monte;

- Il monitoraggio della qualità chimico-fisica delle acque ha avuto la finalità di valutare l'impatto dello scarico del depuratore di Merone sul fiume Lambro: la prima stazione di prelievo delle acque, infatti, è stata localizzata a monte dello scarico, ma a valle della roggia Cavolto e del torrente Bevera, i principali tributari del fiume Lambro nel presente tratto, mentre la seconda stazione è stata posta a valle sia dello scarico finale che dello scolmatore del depuratore, entrambi attivi durante le due campagne.
- Dal confronto dei valori ottenuti dell'indice LIMeco, 0.485 e 0.39, per le stazioni di monte e di valle rispettivamente, si nota come la presenza degli scarichi sia responsabile di un sensibile peggioramento qualitativo: infatti, pur essendo stato attribuito un giudizio sufficiente ad entrambe le stazioni, quella di monte è assai prossima al livello BUONO, essendo il limite inferiore pari a 0.50.

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	14/03/2013	21/11/2013
Temperatura dell'acqua	°C	6.80	10.58
Ossigeno disciolto	mg/l	10.66	10.15
Ossigeno disciolto	% di saturazione	93.8	96.6
pH	--	7.96	8.57
Conducibilità elettrica	µS/cm	411	352
Salinità	psu	0.20	0.19
TDS	mg/l	206	246
Azoto ammoniacale	mg/l di N-NH ⁴⁺	<0.08	<0.08
Azoto nitrico	mg/l di N	4.38	1.5
Fosforo totale	P mg/l	<0.1	<0.1
BOD5	O ₂ mg/l	3	9
COD	O ₂ mg/l	12	29
Solfati	SO ₄ mg/l	22	13
Cloruri	Cl mg/l	16	8
Nichel	Ni mg/l	<0.01	<0.01
Rame	Cu mg/l	<0.005	<0.005
Piombo	Pb mg/l	<0.03	<0.01
Zinco	Zn mg/l	0.04	0.02
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	2500	6500

Tabella 5 – Analisi chimico-fisiche e microbiologiche a monte dello scarico del depuratore

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	14/03/2013	21/11/2013
Temperatura dell'acqua	°C	7.33	11.08
Ossigeno disciolto	mg/l	10.15	9.69
Ossigeno disciolto	% di saturazione	89.5	93.3
pH	—	8.16	8.42
Conducibilità elettrica	µS/cm	449	390
Salinità	psu	0.22	0.21
TDS	mg/l	224	273
Azoto ammoniacale	mg/l di N-NH ⁴⁺	0.1	1.02
Azoto nitrico	mg/l di N	4	1.9
Fosforo totale	P mg/l	<0.1	0.1
BOD5	O ₂ mg/l	2	10
COD	O ₂ mg/l	11	30
Solfati	SO ₄ mg/l	16	14
Cloruri	Cl mg/l	15	12
Nichel	Ni mg/l	<0.01	<0.01
Rame	Cu mg/l	<0.005	<0.005
Piombo	Pb mg/l	<0.03	<0.01
Zinco	Zn mg/l	0.08	0.03
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	28000	35000

Tabella 5 – Analisi chimico-fisiche e microbiologiche a valle dello scarico del depuratore

- In generale, dalla lettura dei risultati analitici ottenuti, non si evidenziano condizioni particolari per entrambe le stazioni, difformi da quanto atteso: il grado di ossigenazione è sempre alto, le concentrazioni dei nutrienti (azoto e fosforo) sono comunque importanti sia a monte che a valle, ma incrementano sensibilmente la loro presenza nella stazione di valle. Medesimo ragionamento deve essere fatto per la carica batterica, che a valle degli scarichi cresce di un fattore 10.
- I metalli si mantengono sempre su livelli molto bassi; tra quelli monitorati, il Nichel rientra nell'elenco delle sostanze prioritarie per la definizione di buono stato chimico delle acque superficiali (D.M. 260/2010, All. 1, tab. 1/A): le sue concentrazioni, per tutto il 2003, si sono attestate su livelli molto bassi, al di sotto dello standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo (SQA-MA) pari a 20 µg/l.
- Il piano di monitoraggio ha previsto anche due stazioni di monitoraggio della fauna macrozoobentonica, localizzate presso la stazione Merone monte e la stazione Merone valle. La frequenza di campionamento è stata semestrale e precisamente a marzo e a novembre del 2013; Il monitoraggio ha confermato, per la componente macrobentonica, il quadro ambientale delineato dai dati bibliografici (L. Erba, 2009). La stazione posta a monte del depuratore di Merone, pur indicando un ambiente inquinato o comunque alterato, ospita una comunità di invertebrati piuttosto ricca ed articolata, dove tuttavia mancano le specie più sensibili agli stress ambientali. Ciò determina la classificazione del tratto in classe III di qualità. Tuttavia il punteggio IBE,

pur ricadendo in questa classe di giudizio, si attesta su valori spostati verso il limite superiore della classe. Sebbene nel monitoraggio condotto la stazione sia risultata sempre in classe III, si ritiene possibile che nell'arco di un monitoraggio pluriennale possano verificarsi condizioni in cui l'indice fornisca un giudizio di qualità superiore come ad esempio la classe intermedia III/II o addirittura la classe II. Questo fatto è peraltro confermato dai dati bibliografici esaminati: almeno in tre casi, infatti, il monitoraggio condotto da ARPA Lombardia ha effettivamente rilevato per il tratto in questione la classe di qualità II (ARPA Lombardia, stazione Merone, anno 2009).

A valle del depuratore, invece, sebbene l'indice IBE abbia restituito sempre la classe III di qualità, la struttura e la composizione della matrice macrobentonica evidenziano condizioni peggiori rispetto al tratto di monte. Si tratta comunque di differenze ridotte e tali da non indurre un diverso giudizio di qualità. Il punteggio IBE, infatti, passa da un valore 7 associato alla stazione di monte, al valore di 6, associato alla stazione di valle.

- Dal punto di vista della fauna ittica, il tratto interessato dal campionamento ittico ha fornito dati molto interessanti. Questa zona appare, infatti, colonizzata da una ricca e molto articolata itticiocenosi, formata dalla presenza accertata di ben 23 unità sistematiche differenti.

Le conclusioni dello studio indicano un quadro sostanzialmente omogeneo, con un giudizio SUFFICIENTE. Tuttavia per sua caratteristica il monitoraggio chimico e fisico delle acque ha la prerogativa di essere puntiforme limitato nel tempo, descrivendo le condizioni specifiche rilevate al momento del campionamento. Pertanto assume un ruolo di maggior rilevanza il monitoraggio degli elementi biologici che invece descrivono le condizioni medie del corso d'acqua, che influenzano l'evoluzione delle comunità. Da questo punto di vista, per quanto riguarda lo stato della comunità macrobentonica, l'indice IBE ha fornito un quadro peggiore rispetto al LIMeco, evidenziando, per entrambe le stazioni e per l'intera durata del monitoraggio, la classe di qualità III, cui corrisponde un giudizio di "Ambiente inquinato o comunque alterato". Inoltre, pur all'interno della stessa classe di giudizio, sono state rilevate lievi differenze tra la stazione di monte e quella di valle, che indicano una situazione relativamente migliore per quanto riguarda il tratto a monte del depuratore. L'analisi della fauna ittica, invece, ha evidenziato per l'intera area un quadro ittologico ritenuto sufficiente.

In conclusione, l'unico elemento che denota un ambiente inquinato o comunque alterato, nonché un lieve decadimento delle condizioni tra la stazione di monte e quella di valle, è costituito dalla fauna macrobentonica. Nel complesso, quindi, nonostante siano presenti elementi in grado di influenzare negativamente le comunità biologiche e sussistano alcune problematiche legate alla presenza del depuratore, la relativa naturalità delle sponde e del comparto perifluviale nonché la variabilità delle morfologie fluviali che ancora caratterizzano il tratto indagato, consentono, in parte, di compensare le pressioni presenti, e di aumentare la capacità auto depurativa naturale del corso d'acqua.

1.6 CARATTERISTICHE DELLE ACQUE DI SFIORO

L'impianto di trattamento di Merone, in seguito agli interventi di adeguamento già previsti, riuscirà ad inviare al trattamento biologico portate maggiori rispetto alla situazione attuale, assicurando una depurazione adeguata dei reflui durante i periodi di tempo secco; durante i periodi piovosi la portata in arrivo è però molto maggiore della massima che il sistema – anche così adeguato – riesce a trattare, per cui il sistema deve sfiorarne una parte.

E' stata approfondita la raccolta dati sui volumi sfiorati negli ultimi 8 anni; in media si sono avuti **161 gg/y di sfioro**; il volume sfiorato medio è di 2.332.000 m³/y, con una **media evento di 13.500 m³** (pari idraulicamente a circa 70.000 a.e.).

		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
media sfiori	m ³ /g	9.600,00	10.000,00	17.000,00	13.300,00	17.100,00	7.800,00	19.500,00	14.272,34
n° sfiori		122,00	101,00	197,00	143,00	213,00	153,00	146,00	213
Tot sfiorato	m ³ /y	1.171.200	1.010.000	3.349.000	1.901.900	3.642.300	1.193.400	2.847.000	3.545.440

I campioni analizzati, per quanto in numero limitato, possono comunque dare utili indicazioni preliminari sulla qualità delle acque: si osservano ampie oscillazioni del COD con concentrazioni medie di 343 mgCOD/l (120 mg/l-800 mg/l) mentre l'azoto ammoniacale è più costante con valore medio di 12 mg NH₄/l; il carico di COD medio è quindi 4230 KgCOD per evento (circa 32.500 a.e.) e 740 t/anno (976 t/anno nel 2012). In realtà i carichi di COD sono un po' minori se si considera la media pesata, considerando che eventi maggiori hanno concentrazioni minori per diluizione (come correttamente stimato nel preliminare, 518 tCOD/anno per il 2012, il 47% in meno). E' quindi da attendersi un carico medio annuo di circa 400 tCOD/anno.

Con l'up-grading del depuratore, il quadro dei carichi cambierà decisamente: attualmente tratta 120.000 a.e. drenati su un'area di 140 Km² e può ricevere fino a 3200 mc/h (640 l/a.e.). La portata dello sfioratore varia tra 1300 e 2500 m³/h. In seguito il depuratore potrà ricevere 4000 m³/h (800 l/a.e. in linea con il R.R. 3/2006), limitando significativamente le portate sfiorate ed il numero degli sfiori (circa il 35%, secondo alcune nostre stime preliminari sulla base dei dati di sfioro e di funzionamento del depuratore nel 2012, ottenendo un volume medio di 1.400.000 m³/anno distribuito su circa 100 eventi di sfioro; il carico di COD medio sfiorato sarà in questo modo ridotto a circa 220 t/anno (45% in meno), con un carico sottratto medio di 180 t/anno.

Si tratta di volumi sempre molto alti, per i quali potrebbe essere non conveniente dal punto di vista tecnico, economico ed ambientale prevedere un sistema che li possa trattare tutti; si ritiene sia maggiormente sostenibile trattarne una parte cercando di intercettare la maggior percentuale possibile del carico organico.

Secondo alcuni preliminari calcoli iterativi, un buon compromesso potrebbe essere trattare volumi non maggiori di 5000 m³/giorno e sfiorare le portate maggiori di 1400 m³/h per le quali con molta probabilità le concentrazioni di COD sono già al di sotto dei limiti di legge per via della diluizione. Tali volumi dovrebbero essere trattati limitatamente alla prima parte dell'evento di sfioro, intercettando in tal modo la gran parte degli inquinanti. Secondo tale approccio dovrebbe essere possibile intercettare circa 500-600.000 m³/anno (circa il 40% della media annuale) e circa il 60-70% dei carichi inquinanti.

Per validare ciò, è stato fatto un lavoro di analisi statistica sui dati a disposizione, cercando di caratterizzare meglio lo sfioro su base giornaliera. I dati a disposizione infatti ci danno solamente il volume sfiorato giornalmente e i dati di qualità di alcuni sfiori, ma non il cosiddetto pollutogramma in ingresso allo sfioro.

In base all'analisi condotta sui volumi sfiorati dal 2005 ad oggi, lo sfioro dell'impianto di depurazione di Merone può essere caratterizzato da due tipologie di eventi di scolmo (CSO) diversi:

- Evento A: breve durata (non più di 2 giorni), dopo periodo secco, rapida picco e discesa, tipico da Giugno ad Ottobre

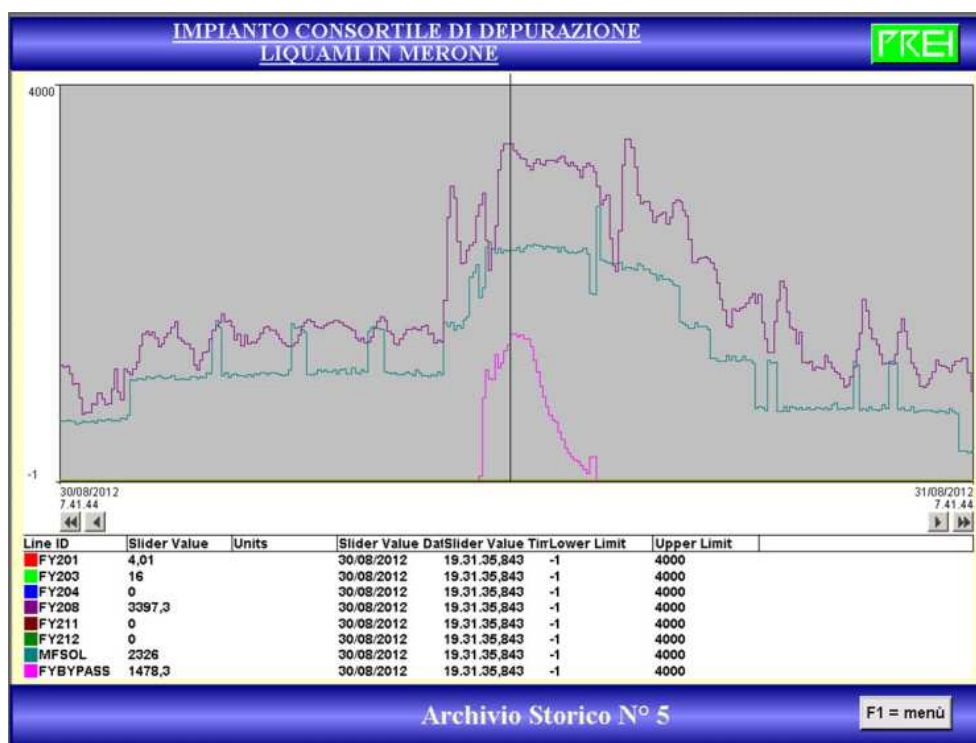


Figura 6 - evento tipo A, figurante le portate in ingresso al depuratore e scolmate (linea verde e magenta, rispettivamente)

- Evento B: lunga durata (quasi continuo), tipico da Novembre a Maggio (si veda Fig.2).

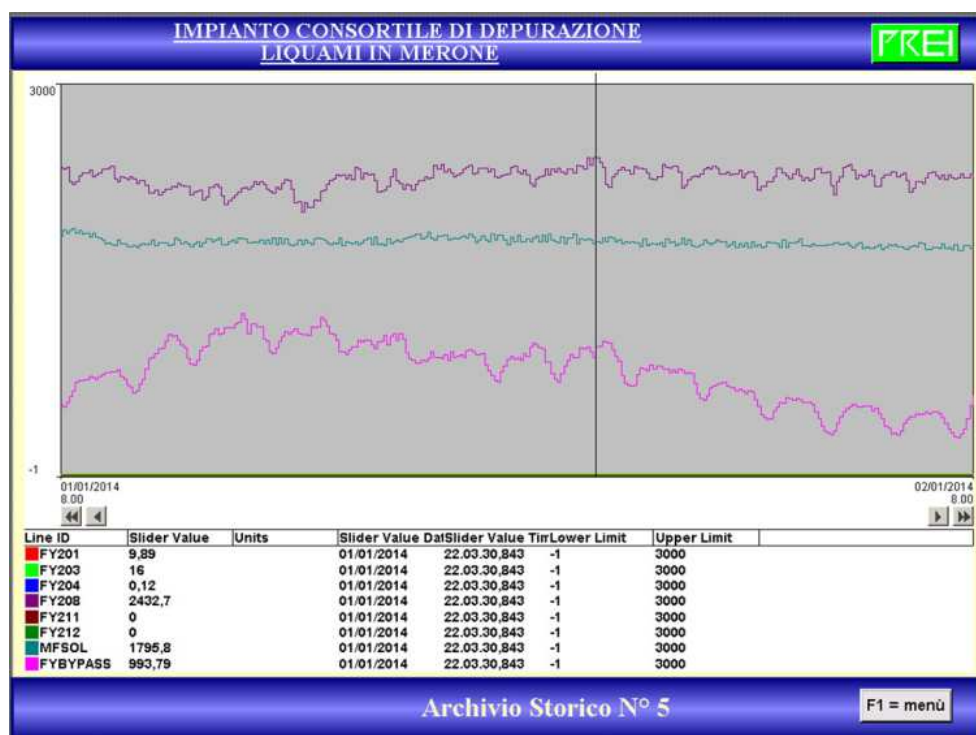


Figura 7: evento tipo B, figurante le portate in ingresso al depuratore e scolmate (linea verde e magenta, rispettivamente)

Lo scopo di questo studio è di caratterizzare gli eventi CSO di Merone in termini di numero di eventi e qualità del refluo, prendendo in considerazione le differenze tra eventi A e B e il futuro miglioramento dell'impianto di Merone (aumento della portata trattabile).

1.6.1 Suddivisione eventi A e B

Per la suddivisione degli eventi tra A e B si sono usati i dati di scolmo giornaliero dall'impianto di Merone dal 2006 al 2013. I criteri per la suddivisione tra eventi sono i seguenti:

- Evento A: tempo secco (DP) maggiore di 1 giorno, 2 giorni massimi di scolmo successivi;
- Evento B: tutti gli altri.

Come si vede dalle figure seguenti, la maggioranza degli eventi di scolmo sono catalogabili come B.

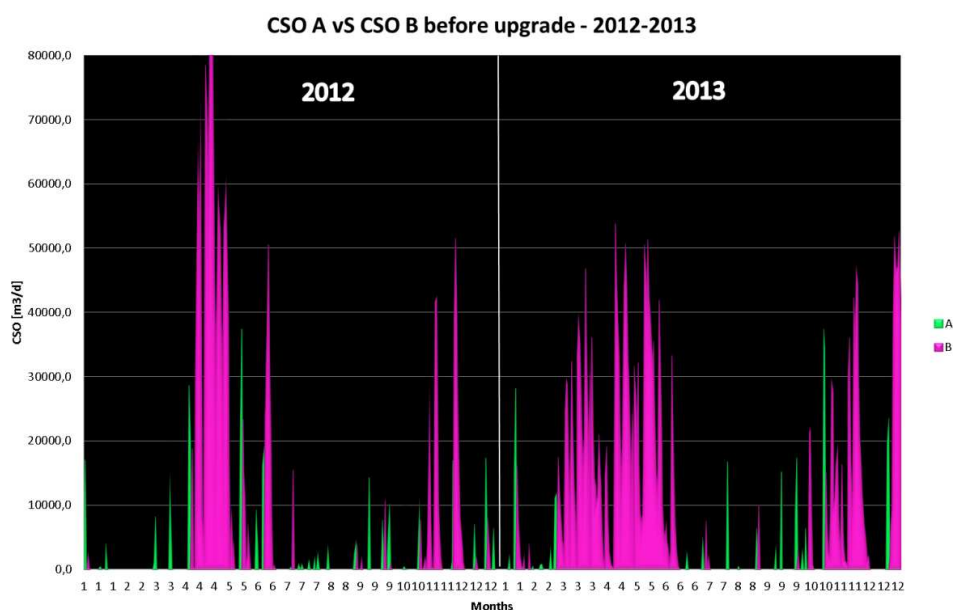


Figura 8: Eventi di scolmo per gli anni 2012 e 2013, suddivisi tra eventi A e B (verde e magenta, rispettivamente).

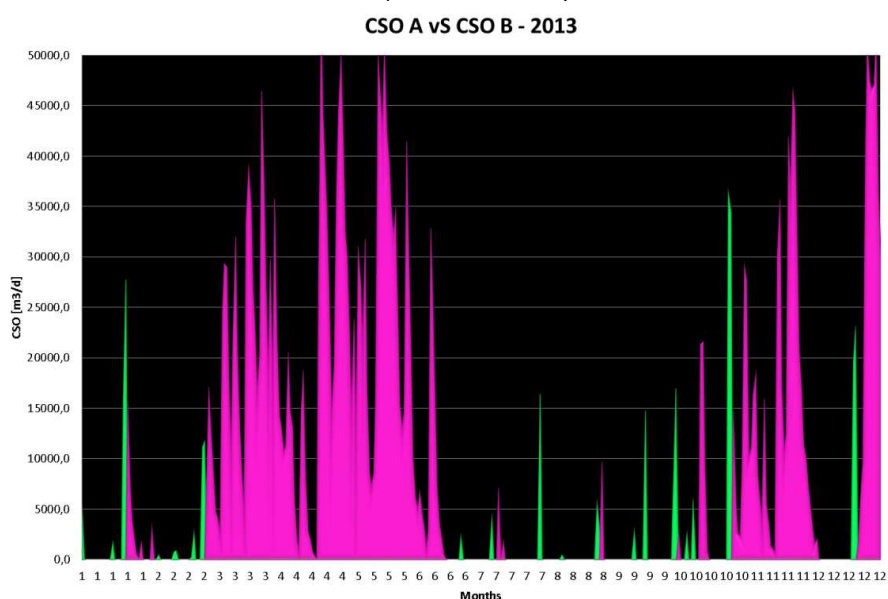


Figura 9: Eventi di scolmo per l'anno 2013, suddivisi tra eventi A e B (verde e magenta, rispettivamente).

La suddivisione tra eventi A e B permette di caratterizzare meglio gli eventi CSO a cui sarà soggetto il futuro impianto di fitodepurazione, come riassunto in Tab.1.

	Tutti	Eventi A	Eventi B
Media [m3/d]	14272	8982	16144
Dev. Standard [m3/d]		9614	14915
Minimo [m3/d]	9	9	10
Massimo [m3/d]	98660	42020	98660
80° percentile [m3/d]		16330	30104
N° eventi medi annui	155	40	115

Tabella 5: Statistiche relative a tutti gli eventi di scolmo, e ai solo eventi A e B.

La portata scolmata media per evento A è inferiore del -37% e del -44% rispetto a quella di tutti gli eventi e all'evento B, rispettivamente. Inoltre, il numero di eventi A è inferiore del -74% e del -65% rispetto a tutti gli eventi e all'evento B, rispettivamente. Questi dati confermano come la suddivisione degli eventi in due categorie differenti sia necessaria per evitare una sovrastima del dimensionamento dell'impianto di fitodepurazione, che avverrebbe qualora si decidesse di considerare tutti gli eventi CSO come di tipo A.

1.6.2 Caratterizzazione della qualità del refluo per eventi A e B

Appurato nel paragrafo precedente che la suddivisione tra eventi A e B comporta una non trascurabile differenziazione in termini di volumi da trattare, in questo capitolo si procede con il tentativo di caratterizzare le diverse qualità del refluo per diverse tipologie di scolmo.

Per la caratterizzazione della qualità del refluo scolmato dall'impianto di trattamento di Merone si hanno a disposizione due diversi tipi di set di dati (COD, BOD5, TN, NH4+, NO3-):

- 23 campioni di qualità delle acque di scolmo presi tra il 2012 e il 2013;
- Dati di qualità del refluo in ingresso al depuratore dal 2012 al 2013 su scala quasi giornaliera.

In prima battuta si è cercato di capire se si potessero usare i dati in ingresso al depuratore come dati caratterizzanti anche la qualità dei CSO. Si è quindi stimato l'errore percentuale (PE) tra i valori campionati e i valori in ingresso all'impianto, cercando di correlarli col DP dell'evento. Purtroppo lo scarso numero di dati non ha portato a risultati statisticamente significativi. A titolo di esempio, si riporta in figura seguente il PE tra i valori di COD dei campioni di scolmo e del refluo in ingresso all'impianto correlato col DP; la mancanza di un chiaro andamento crescente (maggiore DP, maggiore carico inquinante atteso) evidenzia lo scarso numero di dati a disposizione.

Anche la suddivisione dei campioni di scolmo tra eventi A e B non comporta un miglioramento significativo in termini di PE, i quali rimangono eccessivamente alti (sopra il 50%) per consentire un ampliamento dei dati di qualità del refluo scolmato coi dati di qualità refluo in ingresso all'impianto.

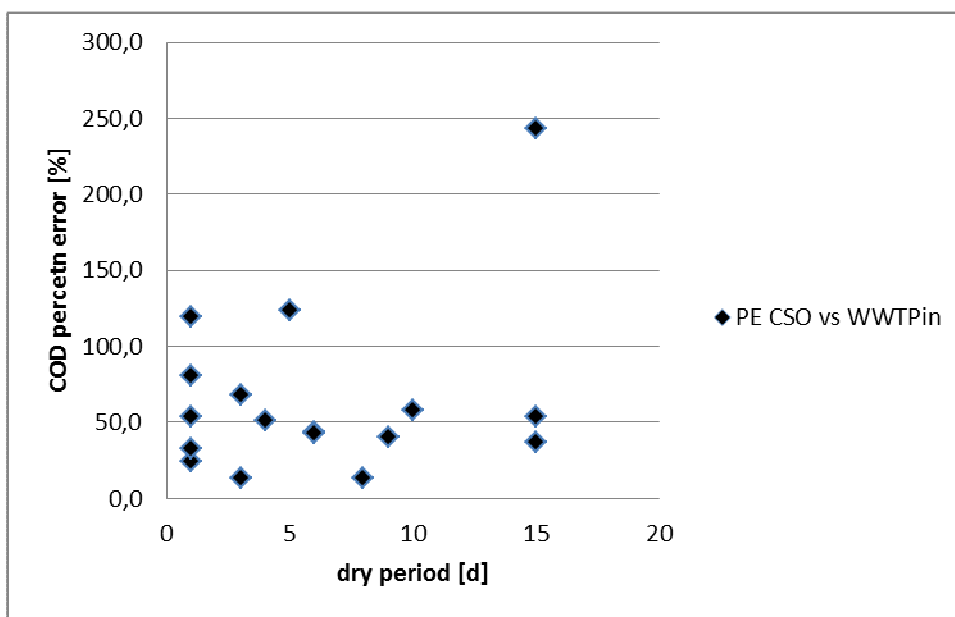


Figura 10: Correlazione tra errore percentuale sul COD tra campioni di refluo scolmato e in ingresso all'impianto di trattamento, e tempo secco.

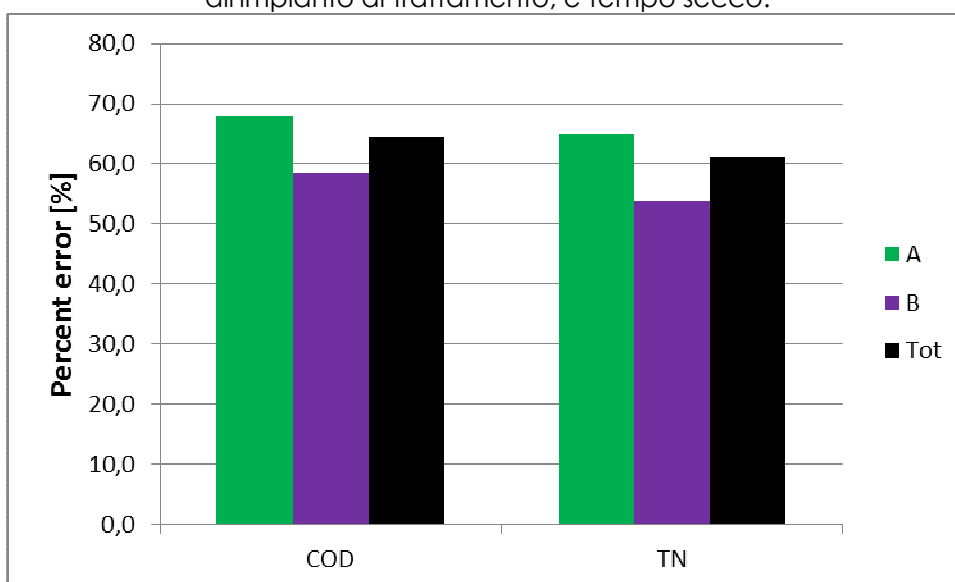


Figura 11: Errore percentuale sul COD e sul TN tra campioni scolmati e in ingresso al depuratore, per le differenti categorie di eventi: A (verde), B (viola) e tutti (nero).

Si è deciso, quindi, di studiare la differenza di carico inquinante del refluo di scolmo tra eventi A e B basandosi solo sui 23 campioni di CSO. L'analisi ha confermato l'ipotesi di maggior carico inquinante dell'evento A dall'evento B in termini di carico organico e solidi sospesi (SS), mentre il carico di azoto non varia significativamente, come mostrato dai valori medi e dal valore al 80° percentile, riportati nelle figure seguenti.

Nella tabella successiva, le statistiche sui carichi organici e SS inquinanti (i valori di azoto sono stati omessi data la bassa variabilità) per i diversi eventi, calcolate dai 23 campioni di refluo scolmato, vengono riassunte.

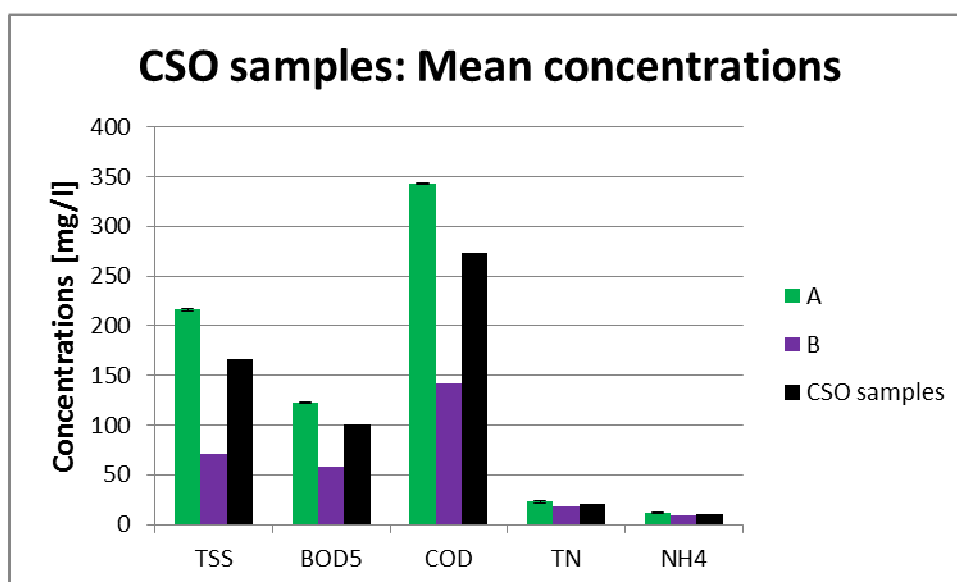


Figura 12: Concentrazioni medie dei diversi fattori inquinanti, calcolate sulla base dei 23 campioni di refluo scolmato, per diverse tipologie di evento: A (verde), B (viola) e tutti (nero).

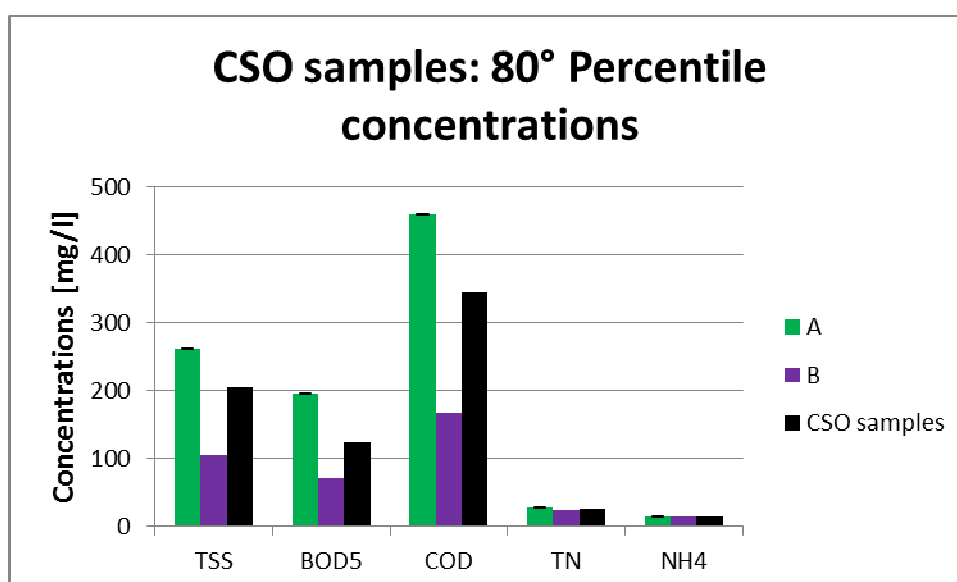


Figura 13: Valori di concentrazione all'80° percentile dei diversi fattori inquinanti, calcolate sulla base dei 23 campioni di refluo scolmato, per diverse tipologie di evento: A (verde), B (viola) e tutti (nero).

	TSS [mg/l]			BOD5 [mg/l]			COD [mg/l]		
	A	B	Tutti	A	B	Tutti	A	B	Tutti
Media	216	71	166	122	59	100	343	141	273
Dev. Standard	145	35	137	66	23	62	183	41	177
Minimo	90	20	20	45	21	21	149	58	58
Massimo	544	120	544	260	98	260	803	194	803
80° percentile	262	104	204	196	71	124	460	167	344

Tabella 5: Statistica sulla qualità del refluo stimato dai 23 campioni di refluo scolmato, per diversi eventi: A (verde), B (viola) e tutti (nero).

I dati ottenuti dall'analisi dei campioni scolmati confermano la necessità di dividere le tipologie di eventi anche dal punto di vista di carico inquinante. Per confermare il minor carico inquinante degli eventi B, si sono analizzati i campioni in ingresso all'impianto di

trattamento differenziati tra eventi A e B, per i soli inquinanti organici e SS, dato il minore impatto dell'azoto. L'analisi conferma il più alto carico inquinante legato agli eventi A, come mostrato nelle figure successive (concentrazioni medie e 80° percentile, rispettivamente).

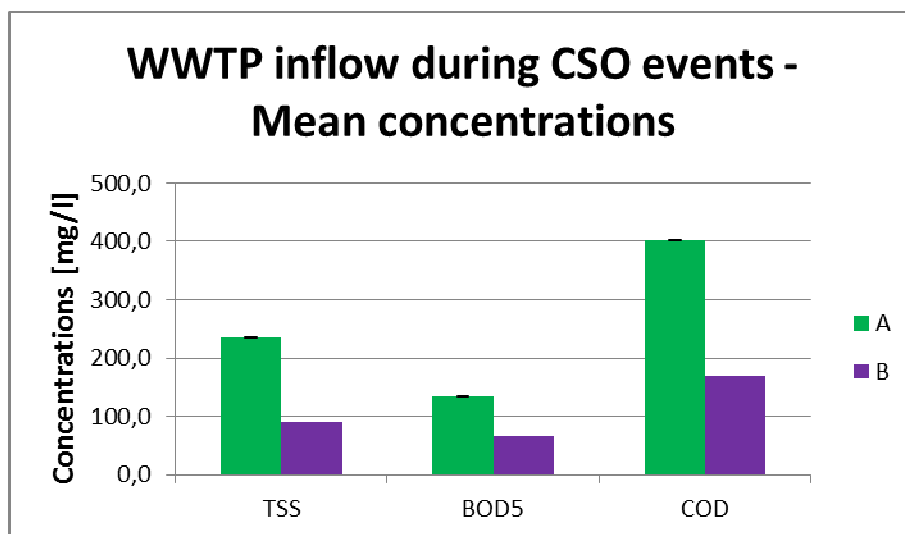


Figura 14: Valori medi di qualità refluo in ingresso al depuratore durante eventi di scolmo di tipo A (verde) e B (viola).

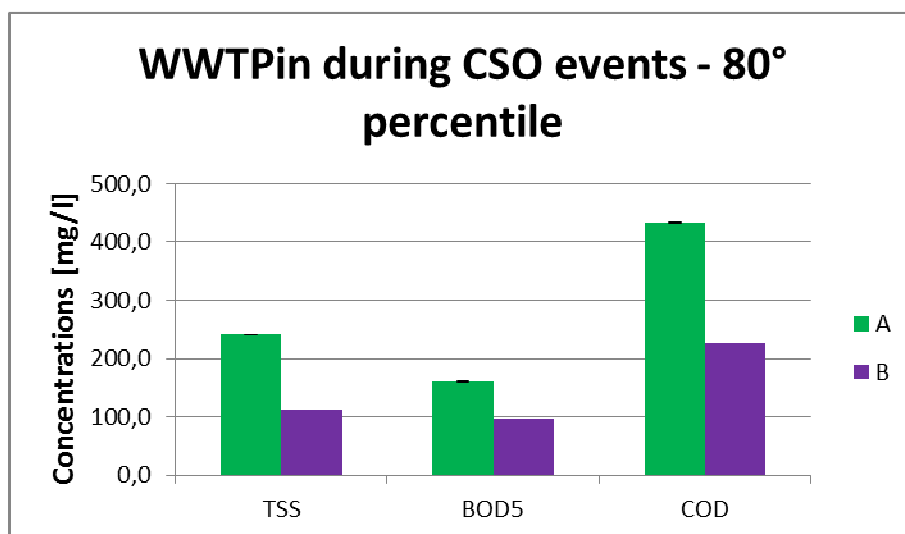


Figura 15: 80° percentile dei valori di qualità refluo in ingresso al depuratore durante eventi di tipo A (verde) e B (viola).

Inerente ai soli eventi di tipo B, si è inoltre analizzata la qualità del refluo in ingresso all'impianto per gli eventi B con giorni di colmo superiori ai 3 e ai 15 giorni. Il confronto tra i valori medi di questi ultimi, i valori medi di qualità inerenti a tutti gli eventi B e a quelli stimati per gli eventi B dai campioni di scolmo è riportato in Fig. 11, mostrando i seguenti interessanti risultati:

- (i) considerando tutti gli eventi, la qualità del refluo in ingresso all'impianto è peggiore, sintomo che i primi 3 giorni di scolmo comportano ancora un dilavamento delle fognature;
- (ii) escludendo gli eventi con giorni consecutivi di scolmo inferiori a 3, i valori di qualità in ingresso all'impianto sono in linea con quelli stimati allo scolmo; (iii) la qualità in ingresso all'impianto non cambia considerevolmente dopo 15 giorni di scolmo, sintomo di un completo dilavamento della fognatura.

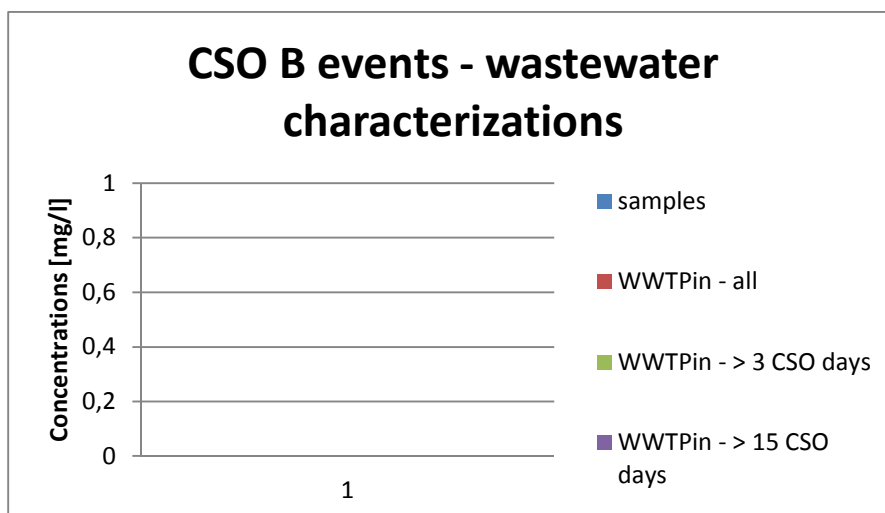


Figura 16: Confronto tra la qualità media del refluo scolmato per gli eventi B (blu) e la qualità media del refluo in ingresso all'impianto per tutti gli eventi B (rosso), dopo 3 giorni di scolmo (verde) e dopo 15 giorni di scolmo (viola).

1.6.3 Caratterizzazione idraulica evento di scolmo A

Gli eventi di scolmo di tipo A sono caratterizzati da alto carico inquinante, breve durata e alte portate massime. Essendo gli eventi più impattanti per quanto riguarda l'impatto sul fiume Lambro, in quanto oltretutto accadono con maggiore probabilità nei periodi in cui le portate del Lambro si abbassano, assimilabili come eventi di prima pioggia, una loro maggiore caratterizzazione idraulica è richiesta.

In particolare, è necessario caratterizzarne la durata media per passare da una scala giornaliera a scala oraria. Tale passaggio è necessario per stimare quale quota degli eventi A verrà trattata grazie alla maggiore capacità di trattamento del depuratore, successiva ai lavori di potenziamento dello stesso. Si è, quindi, stimato dai grafici di scolmo su scala oraria (tipo Fig.1) inerenti agli eventi dal 2012 al 2013, le seguenti grandezze per gli eventi di tipo A:

- Portata massima oraria;
- Durata evento.

22 eventi catalogati come di tipo A sono stati analizzati, da cui le statistiche inerenti a durata, portata massima oraria, portata media giornaliera e rapporto tra portata massima e media sono riassunti in tabella seguente. La correlazione tra durata dell'evento e rapporto tra portata massima e portata media, riportata nella figura successiva, evidenzia come l'evento definito come A (2 giorni di scolmo consecutivi) includa eventi intermedi tra eventi di prima pioggia tipici (bassa durata, alto Q_{max}/Q_{med}) ed eventi B (alta durata, Q_{max}/Q_{med} vicino ad 1). Di conseguenza, gli eventi A scelti per il dimensionamento possono essere assunti come sufficientemente cautelativi.

	Durata [h]	Q max [m3/h]	Q med [m3/d]	Qmax/Qmed [-]
Media	9,2	1831	10805	9,1
Dev. Standard	7,2	650	10338	8,2
Minimo	1,0	266	420	1,2
Massimo	24,0	2922	36190	30,9
80° percentile	17,2	2351	15340	13,7

Tabella 5: Statistiche inerenti la caratterizzazione idraulica dell'evento di scolmo di tipo A

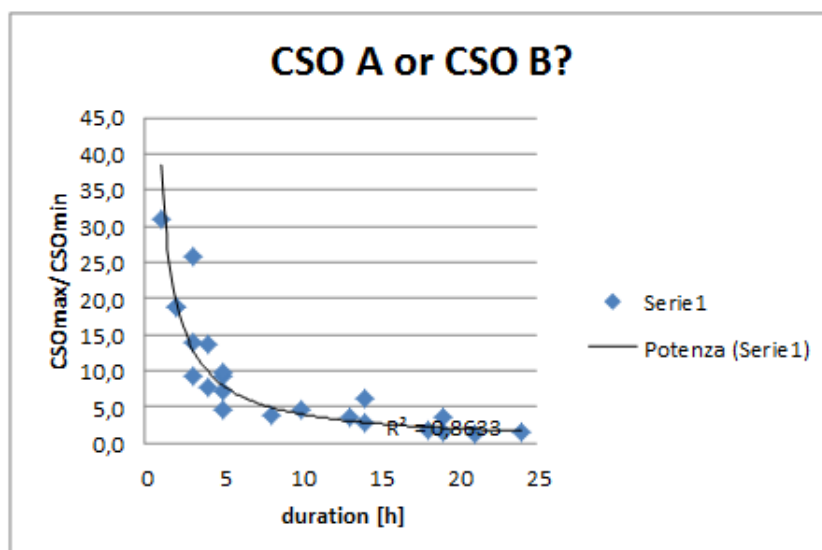


Figura 17: Correlazione tra la durata e il rapporto tra portata max e media per gli eventi di tipo A.

1.6.4 Suddivisione eventi A e B dopo il potenziamento del depuratore

La caratterizzazione idraulica degli eventi A svolta al capitolo precedente ha consentito di avere una stima della quota di eventi A che il futuro depuratore sarà in grado di trattare grazie al potenziamento previsto.

E' previsto un futuro potenziamento del depuratore in termini di volumi trattati. In seguito a tale potenziamento, il depuratore sarà in grado di trattare fino a 750 l/giorno per a.e., in linea con il Regolamento Regionale. La capacità del depuratore è di 125.000 a.e., di conseguenza l'impianto di depurazione dovrà ricevere fino a 3906 m³/h. Per la stima delle portate di progetto del sistema di fitodepurazione areato si sono mantenuti tutti i dati di scolmo a disposizione, dal 2006 al 2013, ma assumendo il potenziamento del depuratore. Nel dettaglio, si assumono come eventi di scolmo dopo il potenziamento del depuratore tutti gli eventi di scolmo registrati in passato di cui la portata massima oraria risulti maggiore della portata massima oraria in grado di essere trattata dal depuratore potenziato. Dato che i dati di scolmo dal 2006 al 2013 sono su scala giornaliera, le portate massime orarie sono state stimate assumendo una distribuzione delle portate nel tempo rettangolare, con diversi coefficienti di distribuzione nella giornata (24h/durata evento) funzione delle diverse tipologie portate, come segue:

- coefficiente evento A 8,3
- coefficiente evento B 1,5
- coefficiente portata max in ingresso impianto 1,5

Per il calcolo del coefficiente per l'evento A si è scelta come durata dell'evento il 20° percentile, stimato dalle analisi svolte al paragrafo precedente. Per gli eventi B e per le portate in ingresso all'impianto, si è scelto un valore cautelativo (tipicamente gli eventi B durano almeno un giorno intero, a cui corrisponderebbe un coefficiente pari a 1).

Si è potuto, quindi, avere una stima della quota di eventi A che il futuro depuratore sarà in grado di trattare grazie al potenziamento previsto. Inoltre, la migliore capacità di trattamento del depuratore permetterà di trattare anche una maggiore quantità di eventi di tipo B. Le statistiche inerenti al numero di eventi e alle portate convogliate, per eventi A e B, prima e dopo il potenziamento sono riassunte nella tabella successiva, da cui è evidente il miglioramento dovuto al potenziamento dell'impianto di trattamento in termini di un minor numero di eventi di scolmo.

	Prima del potenziamento		Dopo potenziamento	
	Evento A	Evento B	Evento A	Evento B
Media [m3/d]	8982	16144	11395	18137
Dev. Stan. [m3/d]	9614	14915	10010	14318
Min [m3/d]	9	10	17	5
Max [m3/d]	42020	98660	40772	80311
80° Perc.[m3/d]	16330	30104	21300	26951
n° eventi med.	40	115	25	62

Tabella 5: Statistiche sugli eventi di scolmo prima e dopo il potenziamento del depuratore.

1.6.5 Conclusioni

Sulla base di tale elaborazione si sono così classificati gli eventi di tipo A e B.

Eventi tipo A: dopo diversi giorni di tempo secco, non più di 2 giorni, picco rapido e decrescita successiva, alta concentrazione di inquinanti dovuta soprattutto all'effetto di dilavamento della fognatura, tipici nel periodo Giugno-Ottobre.

Media giornaliera: 11.400 m3/g (80°PERC: 21.300 m3/day), 25 eventi, 285.000 m3/anno

Parametri di qualità:

Media: COD 350 mg/l TSS 220 mg/l NH4 11 mg/l

80°perc: COD 450 mg/l TSS 250 mg/l NH4 15 mg/l

Eventi tipo B: brevi periodi di tempo secco (2-3 gg), spesso continui per diversi giorni, alta diluizione, tipici dei mesi da Novembre a Maggio.

Media giornaliera: 18.100 m3/g (80°PERC: 27.000 m3/g), 62 eventi, 1.115.000 m3/anno

Media: COD 140 mg/l TSS 70 mg/l NH4 9 mg/l

80°perc: COD 165 mg/l TSS 105 mg/l NH4 15 mg/l

Nei dimensionamenti, per i parametri di qualità si assumeranno cautelativamente i valori dati dall'80°percentile.

Assumendo le concentrazioni medie ridotte del 15% per tenere conto dell'influenza degli eventi più intensi caratterizzati da concentrazioni minori, moltiplicate per il carico volumetrico annuo, si ottiene il **carico inquinante dovuto allo sfioratore dopo l'upgrading, pari a 135 t/anno per gli eventi di tipo B e 85 t/anno per gli eventi di tipo A, per un totale di 220 tCOD/anno**

Data la limitata area, non è possibile trattare tutti i volumi d'acqua forniti dagli eventi di scolmo e dal punto di vista degli obiettivi ambientali da raggiungere potrebbe avere anche poco senso, come già sottolineato. Si è deciso, quindi, di trattare solo le prime parti degli eventi (caratterizzati da un maggiore carico inquinante), differenziati tra eventi A ed eventi B, come segue:

- **evento A: portata massima 1430 m3/h, per un massimo di 3,5 ore/giorno (5000 m3/giorno – 98.000 m3/anno - 44 tCOD/anno)**
- **evento B: portata massima 715 m3/h, per un massimo di 12,5 ore/giorno (9000 m3/giorno – 466.000 m3/anno - 77 tCOD/anno)**

In tal modo si riesce ad intercettare 564.000 m³/anno (40% del totale stimato dopo l'upgrading) e un carico di COD pari a 121 t/anno, che possono essere sottoposti a trattamento secondario.

I trattamenti preliminari invece potrebbero funzionare in continuo sull'intera portata sollevata, e quindi per portate inferiori a 1430 m³/h, per una capacità annuale di circa 1.400.000 m³/anno e 256 tCOD/anno. Supponendo un rendimento di tali pre-trattamenti pari al 20%, si riesce ad intercettare ulteriori 27 tCOD/anno.

Con tale strategia quindi, assumendo un rendimento del 95% del sistema di depurazione per acque di sfioro, il carico rimosso di COD sarebbe pari a 141 tCOD/anno, pari al 64% del carico generato.

1.7 SCELTE PROGETTUALI

1.7.1 Analisi delle alternative e scelte progettuali

Le alternative progettuali sono state già discusse in fase di progettazione preliminare e negli studi successivi, in particolare nella proposta in sede di bando di gara della progettazione definitiva e nei successivi incontri tecnici avuti con Parco Lambro e con Asil.

L'obiettivo primario è ridurre l'inquinamento dovuto allo sfioro a monte del depuratore. Oltre alla depurazione delle acque scaricate nel corso d'acqua, obiettivi secondari del sistema di fitodepurazione proposto sono:

- a) aumentare la capacità di accumulo di acque di piena sul territorio, riducendo il rischio idraulico;
- b) ricreare habitat di pregio come zone umide e fasce boscate perifluviali.

In numerose nazioni da più di un decennio si sono adottati sistemi naturali per il trattamento degli sfiori fognari (CSO, "combined sewer overflow"), modificando l'approccio al design di tali sistemi sulla base delle esperienze maturate nella depurazione civile.

Le soluzioni impiantistiche più diffuse in Europa si basano sul favorire le condizioni atte alla filtrazione ed all'adsorbimento delle sostanze inquinanti meno biodegradabili su una matrice che ne consenta poi la lenta degradazione nel periodo secco.

I sistemi a flusso sommerso (Subsurface Flow, SF) - in cui le acque da trattare scorrono attraverso materiali inerti di granulometria selezionata (sabbie grossolane, ghiaie fini) - sono più efficienti di quelli a superficie libera (Free Water, FW), sia per la filtrazione che per la capacità di adsorbimento di metalli pesanti e di organici persistenti. Lo schema tipo di questi impianti è costituito da una prima fase di pre-trattamenti (grigliatura, dissabbiatura, sedimentazione primaria, atti ad evitare fenomeni di occlusioni nei letti di filtrazione per sovraccarico di solidi sospesi in eventi di particolare rilevanza, seguita da un letto di filtrazione realizzato con sponde libere adeguate al contenimento dei volumi corrispondenti al tempo di ritorno prescelto e dotato di bocca tarata per regolare il tempo di svuotamento del sistema e smorzare di conseguenza il picco idraulico. A questo stadio di trattamento può seguire un bacino di ritenzione (a flusso libero, anche inserito in un bosco umido), che oltre ad avere una funzionalità di protezione idraulica primaria, può offrire possibilità di creazione di zone multifunzionali (parchi fruibili, oasi naturalistiche, ulteriori funzioni depurative, ecc.). La natura maggiormente compatta dei sistemi "filtranti"

offre una loro maggiore applicabilità in ambito urbano o periurbano e il mantenimento del flusso sommerso evita la diffusione di cattivi odori e la proliferazione di insetti.

Più recentemente si sono sviluppati design di sistemi a flusso verticale modificati che permettono di ovviare alla fase di sedimentazione primaria, permettendo di bloccare i fanghi in superficie che poi, grazie a periodi di circa 7 giorni di arresto alternati a periodo di carico, subiscono una forte disidratazione e stabilizzazione grazie all'azione congiunta di sole e piante, creando uno strato di fango aerobico in superficie che diventa esso stesso strato filtrante e permette di migliorare ulteriormente le rese; sono i cosiddetti **"sistemi alla francese"**, da oltre 15 anni applicati con successo per il trattamento di acque reflue urbane.

Tali sistemi sono stati applicati con successo anche al trattamento dei CSO. Con tale criterio è stato realizzato l'impianto di Gorla Maggiore, che tratta uno sfioro di fognatura mista di un bacino drenato pari a circa 35 ha e portate di sfioro fino a 600 l/s nel sistema di filtrazione di testa, di superficie pari a 3600 m².

Durante 5 mesi di monitoraggio idraulico, il sistema ha ricevuto ben 32 eventi di sfioro, alcuni caratterizzati da ingenti volumi, con picchi fino a 9000 m³/g in 15 h. Il totale trattato è stato di ben 55.000 m³, con una media ad evento di oltre 1600 m³. I monitoraggi fino ad adesso eseguiti hanno evidenziato un rendimento nell'abbattimento di COD e NH₄ pari al 70-90%, partendo da concentrazioni rilevate nella prima ora dell'evento di sfioro pari a 300-500 mg/l COD e 8-12 mg/l di NH₄.

Dopo circa 2 anni di esercizio, l'accrescimento dello strato di fango in superficie è pari a pochi mm.

marzo-luglio 2014	inizio	fine	durata	Volume	mc/h	m (mc/mq)
evento1a	28/02/2014 18.45	01/03/2014 13.30	18,8	9067	484	2,39
evento1b	03/03/2014 21.15	03/03/2014 23.15	2,0	494	247	0,13
evento2	22/03/2014 19.15	23/03/2014 06.15	11,0	4313	392	1,13
evento3	19/04/2014 00.00	19/04/2014 10.30	10,5	7098	676	1,87
evento4	21/04/2014 01.15	21/04/2014 15.15	14,0	1158	83	0,30
evento5	27/04/2014 14.45	27/04/2014 18.15	3,5	1157	331	0,30
evento6	28/04/2014 06.30	28/04/2014 19.45	13,2	3179	240	0,84
evento7	02/05/2014 02.45	02/05/2014 12.30	9,8	2460	252	0,65
evento8	07/05/2014 17.45	07/05/2014 21.00	3,2	550	169	0,14
evento9	22/05/2014 18.45	22/05/2014 21.00	2,3	1127	501	0,30
evento10	28/05/2014 17.15	28/05/2014 18.45	1,5	1079	720	0,28
evento11	02/06/2014 02.30	02/06/2014 05.00	2,5	195	78	0,05
evento12	04/06/2014 02.30	04/06/2014 03.15	0,8	31	42	0,01
evento13	14/06/2014 20.15	14/06/2014 21.45	1,5	27	18	0,01
evento14	15/06/2014 16.45	15/06/2014 17.30	0,8	17	22	0,004
evento15	23/06/2014 21.45	23/06/2014 23.15	1,5	681	454	0,179
evento16	25/06/2014 08.30	25/06/2014 12.00	3,5	1509	431	0,397
evento17	28/06/2014 00.45	28/06/2014 02.00	1,3	1083	867	0,285
evento18	28/06/2014 17.30	28/06/2014 19.00	1,5	331	220	0,087
evento19	29/06/2014 16.00	29/06/2014 19.15	3,3	2434	749	0,640
evento20	01/07/2014 17.30	01/07/2014 18.15	0,75	217	290	0,057
evento21	01/07/2014 23.00	02/07/2014 02.00	3,0	1570	523	0,413
evento22	04/07/2014 16.00	04/07/2014 18.15	2,3	110	49	0,029

evento23	08/07/2014 13.15	08/07/2014 14.15	1,0	17	17	0,004
evento24	12/07/2014 21.45	13/07/2014 00.00	2,3	374	166	0,098
evento25	21/07/2014 00.00	21/07/2014 02.30	2,5	315	126	0,083
evento26	23/07/2014 19.45	24/07/2014 00.45	5,0	3355	671	0,883
evento27	25/07/2014 00.45	25/07/2014 02.30	1,7	789	451	0,208
evento28	26/07/2014 01.00	26/07/2014 03.00	2,0	476	238	0,125
evento29	26/07/2014 05.45	26/07/2014 09.45	4,0	1254	314	0,330
evento30	28/07/2014 23.45	29/07/2014 05.15	5,5	2042	371	0,537
evento31	29/07/2014 09.30	29/07/2014 16.30	7,0	6035	862	1,588
evento32	01/08/2014 10.30	01/08/2014 11.45	1,3	443	354	0,116
Totale			144,5	54986		
media			4,4	1666	346	0,44
80°perc			6,4	2449	514	0,64

Tabella 5: sfiori misurati da marzo a luglio 2014 presso l'impianto di Gorla Maggiore (elaborazione Iridra srl)

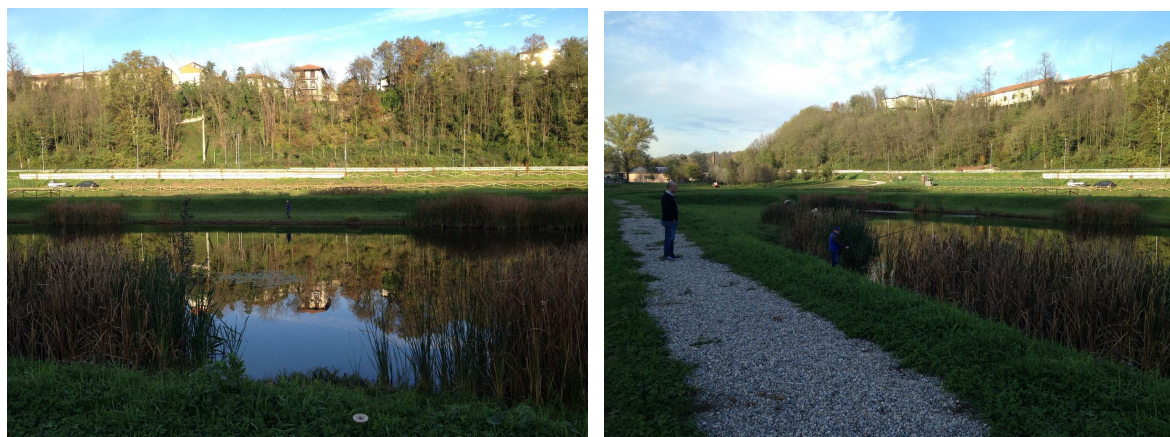


Figura 18 Sistema naturale per il trattamento dello sfioratore del Comune di Gorla Maggiore (VF+FWS), opportunità di ricreazione di un'area fluviale fruibile lungo il Fiume Olona

L'impianto di Gorla è dimensionato per ricevere non più di $60 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per anno (dato che sembra confermato dagli attuali 5 mesi di monitoraggio, che indicherebbero un valore annuo in prospettiva pari a circa $50 \text{ m}^3/\text{m}^2$).

Per Merone come abbiamo visto si parla di circa $500.000\text{-}600.000 \text{ m}^3/\text{anno}$; con tale criterio la superficie necessaria (ammettendo che le concentrazioni siano comparabili, in realtà come abbiamo evidenziato i carichi inquinanti potrebbero essere maggiori) sarebbe di 10.000 m^2 di soli sistemi a flusso sommerso. Tale disponibilità di area purtroppo non esiste a valle del depuratore, o quantomeno comprometterebbe in misura significativa la vegetazione ripariale presente, non permettendo di raggiungere gli obiettivi ecologici preposti accanto al miglioramento della qualità delle acque sfiorate.

Si sono quindi sviluppate in fase preliminare diverse alternative che prevedono il ricorso a sistemi di fitodepurazione più efficienti in termini di resa per superficie occupata; per ridurre le aree a disposizione con le stesse rese, la soluzione più efficiente è sembrata essere il ricorso ad un sistema di filtrazione verticale come quello visto in precedenza per Gorla Maggiore, potenziato con un sistema di aerazione forzato; tali sistemi sono noti come **Aerated Engineered Wetland (AEW)** e sono utilizzati da diversi anni con successo per le più svariate applicazioni sia per reflui industriali che civili; In tal modo è possibile

ridurre le superfici fino a 4000 m², lasciando la possibilità di sviluppare un sistema umido a valle di esso.



Figura 19: AEW, sistemi di fitodepurazione aerati (fonte: GWT)

Sistemi di aerazione in vasche di fitodepurazione furono introdotti circa 15 anni fa in USA da Scott D. Wallace, tra i massimi esperti internazionali di fitodepurazione e consulente internazionale del gruppo di progettazione, con diversi successi sia nell'aumento delle rese di degradazione dei composti organici e dell'azoto ammoniacale, sia nell'applicazione a vari tipi di reflui industriali (come scarichi di raffineria, acque di runoff aeroportuali, acque di falda inquinate da sostanze chimiche, percolati di miniera). E' recente l'applicazione di tale tecnica alle acque di sfioro da parte di GWT presso Cowdenbeath (UK) dove con 4000 m² si trattano circa 5000 m³/g per sfioro, per un carico annuale di circa 150 tCOD/giorno e con soffianti che introducono l'aria in collettori collegati a tubazioni forate poste sul fondo.

Per Merone, l'idea progettuale è quella di sfruttare la fase di aerazione solo quando effettivamente necessaria in base ai reali volumi in ingresso. Il sistema di fitodepurazione sarà di tipologia a **flusso verticale alla francese** (sul modello di Gorla) **con sistema di aerazione**, con pacchetto filtrante e bocca tarata capace di rilasciare 0,03 l/s x m². All'arrivo dello sfioro, i bacini cominceranno ad invadere le acque all'interno della ghiaia, fino ad una altezza dal fondo di circa 0,7 m (1000 m³); il tempo di riempimento dipenderà dalla portata in arrivo, e allo stesso tempo il sistema rilascerà circa 300 m³/h di acque fitodepurate e ossidate dall'ossigeno naturalmente presente nel bacino vuoto (condizioni non sature). All'aumentare dei volumi sfiorati, si avrà un ulteriore innalzamento del livello, con avvio del sistema di aerazione che aumenterà l'efficienza depurativa: i sistemi di aerazione permettono di aumentare l'ossigeno trasferito per i processi ossidativi da circa 50 grO₂/m² in condizioni passive fino a oltre **400 grO₂/m²** in condizioni di saturazione ed aerazione forzata. In tali condizioni operative, il sistema può invadere fino a 0,8 m al di sopra della superficie della ghiaia, permettendo una capacità di invaso fino a 4.600 m³/giorno di acque di sfioro mantenendo buone le rese depurative e garantendo il trattamento di un volume medio di circa 5000 m³ per sfioro (eventi A) e 9000 m³ (eventi B), con rimozione di circa il **90-95% del COD e 50-60% dell'azoto ammoniacale**.

Condizione essenziale per il buon funzionamento del sistema, è di assicurare adeguati tempi di arresto di modo da permettere una efficace ossidazione della biomassa ed il ripristino delle condizioni di permeabilità ottimali, come avviene nei sistemi "alla francese" per scarichi civili; nel caso degli sfiori, questo avviene naturalmente durante i periodi di tempo secco. Tempi di arresto prolungati del sistema non provocano nessun problema allo sviluppo delle macrofite emergenti, né alcun significativo peggioramento sul suo funzionamento all'arrivo del nuovo sfioro; in ogni caso sarà prevista la possibilità di

alimentare il sistema a distanza di 1-2 settimane dall'ultimo evento, con un "deflusso minimo vitale" in uscita dal depuratore che potrebbe mantenere un maggior grado di attività delle colonie batteriche e sottrarre ulteriori quantitativi di COD (con 400 m³/g per 150 gg/anno, ulteriori 2-4 tCOD/anno).

A valle del sistema aerato, si può prevedere la realizzazione di un sistema a flusso libero superficiale. Il sistema FWS ha una superficie utile di circa 1500 m² e riceve in condizioni di tempo secco parte dell'effluente del depuratore (con 500 m³/g per 250 gg/anno, sottrazione di 4-5 tCOD/giorno); in tempo di pioggia le portate rilasciate dal sistema di filtrazione permettendo un ulteriore miglioramento qualitativo.

Per questioni di livelli idrici, non risulta invece possibile addurre alla zona umida anche le acque di seconda pioggia per gravità; infatti il laghetto viene realizzato in un'area depressa, con il livello della falda molto alto, il che ne rende difficile la realizzazione in scavo per permettere di ricevere direttamente le acque di seconda pioggia. Oltretutto questo avrebbe potuto creare problemi di cattivi odori che ne limiterebbero la fruizione, a fronte di rese depurative molto modeste per via dei bassissimi tempi di ritenzione attesi con le portate molto alte in arrivo. Si è quindi deciso di non considerare tale possibilità, che era stata prospettata in sede di gara, alla luce delle indagini preliminari eseguite sulla qualità del refluo e sul livello della falda.

Il sistema si caratterizza quindi come altamente efficiente e flessibile, permettendo di far fronte a una notevole variazione di carico idraulico ed organico in ingresso.

Per quanto riguarda i trattamenti preliminari, saranno composti da una grigliatura automatica e da un dissabbiatore aerato meccanizzato, in modo da massimizzare le rimozioni di materiale fine e con esso il COD particolato.

In testa all'impianto, alla luce delle livellette idriche rilevate, si è scelto di posizionare un sollevamento delle portate sfiorate, con portata massima 1430 m³/h; tale scelta è dovuta a varie ragioni:

- necessità di attraversamento della condotta di scarico del depuratore, che per gravità avrebbe richiesto la realizzazione di un costoso sifone a monte dei trattamenti preliminari, con conseguente rischio di frequenti manutenzioni a suo carico;
- impossibilità di realizzare il sistema di dissabbiatura a quote così basse a meno di non realizzare costose opere civili per consentire il ritiro della sabbia
- problematiche costruttive relative alla realizzazione di numerosi manufatti di dimensioni significative sotto il livello della falda, con conseguente aumento dei costi per l'aggettamento e dei tempi di realizzazione, non in linea con budget e tempi a disposizione.

Il costo di energia elettrica atteso è stimabile in circa 5000 €/anno considerando di pompare tutta la portata verso i trattamenti preliminari

Il sistema di filtrazione estensivo necessita anche esso di una stazione di pompaggio che permette di regolare le portate in ingresso, di consentire una più efficiente distribuzione del refluo sui vari bacini, mantenendo forme sinusoidali e naturaliformi, e di limitare i movimenti terra riutilizzando le terre di risulta in loco e riducendo i costi; i maggiori consumi elettrici (circa 2000 €/anno) sono compensati da un aumento di efficienza della fase depurativa.

Gli equipaggiamenti elettromeccanici saranno automatizzati mediante un PLC che gestirà anche i sistemi di insufflazione aria dotati di inverter collegati a misuratori di portata in arrivo e che potrà essere integrato nel sistema di telecontrollo generale del depuratore, permettendo in fase operativa opportune regolazioni in un'ottica di mantenimento delle rese depurative e minimizzazione dei consumi energetici.

La Potenza assorbita dalle soffianti è pari ad un massimo di circa 60 KW per eventi di tipo A e 30 KW per eventi di tipo B; il consumo atteso annualmente dipenderà dalla tipologia degli eventi meteorici e può essere stimato in circa 60 MWh/anno. Tali consumi saranno pari in totale a circa 9.000 €/anno.

Per il resto, il sistema è gestibile con poche e semplici operazioni conducibili da manodopera non specializzata, come il taglio periodico delle essenze vegetali, la manutenzione del verde.

Per le manutenzioni e la fruibilità sono previste strade in terra battuta e in ghiaia rullata con l'obiettivo di costituire un sistema di fruizione fatto di percorsi pedonabili da connettere con i percorsi ecologici ed i sentieri esistenti, con punti di sosta attrezzati con bacheche didattiche, panchine ecc. Il sistema non sarà recintato, ad esclusione dei comparti tecnologici; saranno previsti solo dissuasori realizzati con staccionate in legno basse e cartelli segnaletici.

Dal punto di vista ecologico, attualmente nell'area è presente un'area boscata con i caratteri tipici delle formazioni di ripa, caratterizzata dalla forte presenza del platano e dalla presenza di alcune aree depresse probabilmente vincolate alla dinamica fluviale. Tutta l'area presenta le caratteristiche tipiche delle rive soggette ad inondazioni solo nei casi delle piene maggiori, con il permanere delle acque solo nelle già citate aree depresse. Dal punto di vista vegetazionale la ricostituzione andrà verso una formazione boschiva che si richiami alla tipologia forestale definita "Foresta mista riparia – habitat 91F0" nella classificazione Habitat Natura 2000. Trattasi di boschi alluvionali e ripariali misti meso igrofili tipici delle formazioni riparie planiziali, delle quali oggi troviamo solo pochi lembi residuali.

Compatibilmente con l'estensione del sistema ai fini del raggiungimento degli obiettivi di qualità, sono da prevedersi interventi che limitino il taglio degli esemplari arborei e la piantumazione di specie autoctone appartenenti alla formazione forestale sopra citata, con particolare attenzione alle specie arbustive il cui orizzonte appare oggi piuttosto povero. Le aree a bosco sacrificate verranno compensate secondo quanto previsto dal D.G.R. 675/2005.

Un discorso a parte deve essere fatto per gli esemplari di platano attualmente presenti che appaiano attaccati dal cancro colorato (*Ceratocystis fimbriata*): lo spazio necessario per la realizzazione delle opere verrà prioritariamente ricavato dalle superfici, in conformità al DM 29/02/2012 che prevede la lotta obbligatoria a tale patogeno, che si libereranno per l'abbattimento degli esemplari malati, assumendo anche le caratteristiche di intervento di miglitoria forestale.

Altro punto critico è rappresentato dalle sponde del Lambro prospicienti l'area di intervento, che appaiono per lunghi tratti in erosione. Allo scopo di raggiungere il duplice effetto di mettere in sicurezza le opere previste e di riqualificare le sponde, si prevedono interventi di consolidamento con tecniche di ingegneria naturalistica. In tale modo sarà possibile, operando con talee e piantine radicate, in associazione con materiali strutturali naturali, ricreare una fascia vegetata spondale con caratteristiche tipiche dell'habitat

prioritario 91E0 "Foreste alluvionali di alnus glutinosa e fraxinus excelsior" visto che la vicinanza all'acqua permette la ricostituzione di tali formazioni.

1.7.2 Caratteristiche, proprietà e vantaggi dei sistemi di fitodepurazione

I molteplici meccanismi attraverso i quali si sviluppa, durante l'applicazione al terreno, l'eliminazione delle sostanze inquinanti contenute nei liquami (azioni chimico-fisica, biologica, fitologica), consente di raggiungere livelli di depurazione estremamente spinti nelle acque che percolano in falda o nei corsi d'acqua superficiali.

Numerose sono le applicazioni della depurazione naturale presenti all'estero (Danimarca, Gran Bretagna, Francia, Est Europa, USA, Centro Europa, Egitto) e validissimi sono i risultati, sotto il profilo sia dell'efficienza di depurazione, sia della funzionalità e economicità di realizzazione e gestione, sia, infine, dell'inserimento ambientale.

Con l'applicazione di uno solo dei diversi sistemi di trattamento naturali possibili si riscontrano, mediamente, i seguenti ordini di grandezza della **percentuale di rimozione** delle varie sostanze inquinanti:

BOD ₅	85-95
Solidi sospesi	70-95
Azoto totale	55-75
Azoto ammoniacale	50-85
Fosforo	50-90
Microrganismi patogeni	97-99.99

Tabella 9 - Percentuali di rimozione di alcuni parametri

Si noti, in particolare, l'efficacia nella rimozione della carica batterica. La combinazione fra più metodi di trattamento permette di ottenere elevatissimi livelli di depurazione.

Nell'ambito dei sistemi di trattamento naturali, può essere previsto il coinvolgimento di elementi vegetali. In alcuni casi, quali in particolare i lagunaggi e le aree di infiltrazione, piante, arbusti e erbe possono essere specificatamente inseriti come parte integrante del sistema e collaborano in modo ottimale al trattamento. In altri casi, in particolare nell'irrigazione, vengono interessate aree già coperte da vegetazione, che svolge quindi intrinsecamente un ruolo attivo nella depurazione.

Quando è previsto l'uso di idonee specie vegetali, che presentano elevate capacità di rimozione degli inquinanti, si parla di fitodepurazione: in pratica si realizza un ecosistema umido in cui le varie componenti (piante, animali, microrganismi, terreno, radiazioni solari) contribuiscono alla rimozione degli inquinanti.

La fitodepurazione, benché rivolta alla soluzione di problemi concreti di abbattimento di carichi inquinanti puntiformi, occupa una vasta area di interfaccia fra l'impiantistica tradizionale e gli interventi genericamente di rinaturalizzazione o di ripristino delle potenzialità autodepurative degli ambienti naturali e costruiti. Potenziamento delle capacità autodepurative dei corsi d'acqua, ripristino delle aree filtro golenali, valorizzazione delle potenzialità depurative di zone umide, marcite, stagni biologici a specchio libero e a flusso subsuperficiale, biofiltri per il recupero delle acque piovane, rientrano infatti fra gli interventi di fitodepurazione (Vismara, Ghetti, 1995).

Nella seguente tabella possono essere facilmente visualizzate alcune considerazioni comparative tra i sistemi di depurazione tradizionale e i sistemi naturali.

ELEMENTI DI CONFRONTO	SIST. NATURALI	SIST. TRADIZIONALI
Semplicità costruttiva	+++	--
Consumi energetici	+++	---
Inserimento ambientale	+++	---
Controlli analitici	+	-
Semplicità gestione e manut.	++	---
Costi di gestione	+++	--
Produzione materiali risulta	+	---
Abbattimento BOD, COD, MST e carica batterica		
Area occupata	---	+
Regolazione del processo	---	++
Costi di investimento		
Rimozione dei nutrienti		++ (con terziario)
Raggiungimento condizioni di funzionamento a regime	-	++
Efficienza nei mesi invernali	-	+

Tabella 10 - Confronto fra i sistemi di depurazione tradizionali e quelli naturali

I sistemi di fitodepurazione si dividono in due gruppi, quelli naturali e quelli artificiali; questi ultimi sono ulteriormente suddivisi in:

- **SFS:** sistemi a flusso sommerso
 - Orizzontale (SFS-h o HF)
 - Verticale (SFS-v o VF)
- **FWS:** sistemi a flusso superficiale.

Da indagini condotte per conto dell'A.ATO n°3 - Medio Valdarno ("Elaborazione Criteri di Applicabilità e di Progettazione di Impianti di Depurazione Naturale nell'ATO n°3", 1998) risulta che le tipologie impiantistiche più applicate in Europa sono quelle con macrofite radicate emergenti secondo le percentuali riportate nella Figura 20, e in particolare quelle a flusso sommerso orizzontale e verticale.

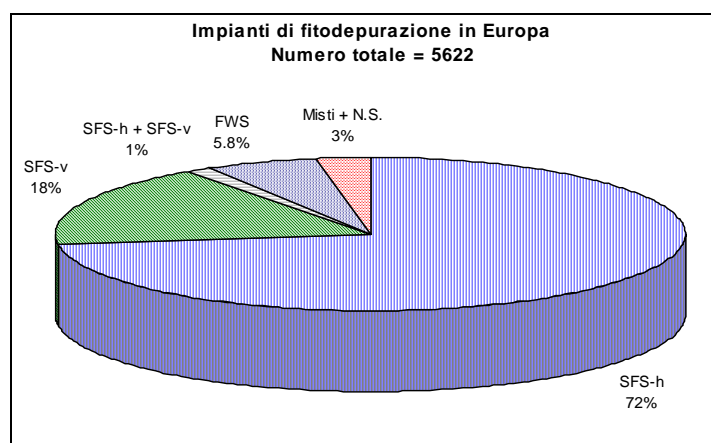


Figura 20 - Distribuzione in percentuale delle diverse tipologie di depurazione naturale

Dall'analisi dei numerosi dati disponibili sulle applicazioni della fitodepurazione come trattamento secondario, mediante il database curato dalla Severn Trent Water (un ente di gestione delle acque inglese) e nella letteratura internazionale, emerge che per dimensionamenti impiantistici, nel caso dei sistemi a flusso subsuperficiale, dell'ordine di 3-6 m²/ab.eq. si ottengono normalmente concentrazioni del BOD₅ in uscita minori di 20 mg/l, Solidi Sospesi minori di 15 mg/l ed una nitrificazione spinta, con temperature dei reflui

maggiori di 15 °C, con azoto ammoniacale minore di 7 mg/l e azoto nitrico minore di 20 mg/l.

Le soluzioni impiantistiche che possono essere adottate, nell'ambito delle tecniche di depurazione naturale, per il trattamento secondario di acque inquinate sono numerose, e la loro scelta dipende sostanzialmente dai seguenti fattori:

1. natura dei reflui da trattare in termini chimici e fisici
2. obiettivi di depurazione prescelti
3. disponibilità di suolo
4. inserimento ambientale

1.7.3 Caratteristiche, proprietà e vantaggi dei sistemi di fitodepurazione per scolmatori di fognature miste

In numerose nazioni da più di un decennio si sono adottati sistemi naturali per il trattamento degli scolmatori fognari (CSO, "combined sewer overflow"), modificando opportunamente l'approccio al design di tali sistemi sulla base delle precedenti esperienze maturate nella depurazione civile. Organizzando in classi i sistemi di trattamento naturale utilizzati nel mondo per il trattamento degli sfioratori di fognature miste si ottiene lo schema seguente:

Soluzione	Paese	Esperti internazionali
Sistemi a flusso libero opportunamente modificati e/o inseriti in casse di espansione, bacini di ritenzione vegetati (vedi allegati grafici 1 e 2)	USA, Australia, UK	Shutes, Kadlec, Brix
Sistemi a flusso sommerso verticale modificati, preceduti da vasche di sedimentazione per acque meteoriche (vedi allegato grafico 3)	Germania, Austria	Rustige
Sistemi a flusso sommerso orizzontale modificati preceduti da vasche di sedimentazione per acque meteoriche e/o filtri a pacchi lamellari (vedi allegato grafico 4)	UK	Shutes, Cooper, Brix

Tabella 11- Tipologie di trattamento per acque di scolmo con sistemi naturali

Le soluzioni impiantistiche inglesi e tedesche sostanzialmente si basano sul favorire le condizioni atte alla filtrazione ed all'adsorbimento delle sostanze inquinanti meno biodegradabili su una matrice che ne consenta poi la lenta degradazione nel periodo secco. Dall'esperienza nella fitodepurazione su reflui civili e industriali, si era già evidenziato che i sistemi a flusso sommerso (Subsurface Flow, SF) - in cui le acque da trattare scorrono attraverso materiali inerti di granulometria selezionata (sabbie grossolane, ghiaie fini) - sono più efficienti di quelli a superficie libera (Free Water, FW), sia per la filtrazione che per la capacità di adsorbimento di metalli pesanti e di organici persistenti. Lo schema tipo di questi impianti è una sedimentazione primaria, atta ad evitare fenomeni di occlusioni nei letti di filtrazione per sovraccarico di solidi sospesi in eventi di particolare rilevanza, seguita da un letto di filtrazione realizzato con sponde libere adeguate al contenimento dei volumi corrispondenti al tempo di ritorno prescelto e dotato spesso di bocca tarata per regolare il tempo di svuotamento del sistema e smorzare di conseguenza il picco idraulico. A questo stadio di trattamento, nel caso vi siano adeguate superfici disponibili, può seguire un bacino di ritenzione, che oltre ad avere una funzionalità di protezione idraulica primaria, può offrire possibilità di creazione di zone multifunzionali (parchi fruibili, oasi naturalistiche, ulteriori funzioni depurative, ecc.). La natura maggiormente compatta dei sistemi "filtranti" inglesi e tedeschi offre una loro

maggiore applicabilità in ambito urbano o periurbano dove non vi siano ampie superfici disponibili per tecniche estensive come i sistemi a flusso libero; inoltre il mantenimento del flusso sommerso evita la diffusione di cattivi odori e la proliferazione di insetti.

I sistemi a flusso libero, molto diffusi negli Stati Uniti e in Australia grazie alle più abbondanti superfici disponibili, dal canto loro hanno dimostrato la maggiore efficacia a livello di protezione idraulica per le loro ottimali capacità di laminazione, insieme alla maggiore versatilità nell'approccio multifunzionale.

1.7.4 Sistemi a flusso sommerso orizzontale (SFS-h o HF)

I sistemi HF (Figura 21) sono costituiti da vasche contenenti materiale inerte con granulometria prescelta al fine di assicurare una adeguata conducibilità idraulica (i mezzi di riempimento comunemente usati sono sabbia, ghiaia, pietrisco); tali materiali inerti costituiscono il supporto su cui si sviluppano le radici delle piante emergenti (sono comunemente utilizzate la *Phragmites australis* e la *Typha latifolia*); il fondo delle vasche deve essere opportunamente impermeabilizzato facendo uso di uno strato di argilla, possibilmente reperibile in loco, in idonee condizioni idrogeologiche, o, come più comunemente accade, di membrane sintetiche (PEAD o LDPE 2 mm di spessore); il flusso di acqua rimane costantemente al di sotto della superficie della vasca e scorre in senso orizzontale grazie ad una leggera pendenza del fondo del letto (circa 1%) ottenuta con uno strato di sabbia sottostante il manto impermeabilizzante in PEAD.

Durante il passaggio dei reflui attraverso la rizosfera delle macrofite, la materia organica viene decomposta dall'azione microbica, l'azoto viene denitrificato, se in presenza di sufficiente contenuto organico, il fosforo e i metalli pesanti vengono fissati per adsorbimento sul materiale di riempimento; i contributi della vegetazione al processo depurativo possono essere ricondotti sia allo sviluppo di una efficiente popolazione microbica aerobica nella rizosfera sia all'azione di pompaggio di ossigeno atmosferico dalla parte emersa all'apparato radicale e quindi alla porzione di suolo circostante, con conseguente migliore ossidazione del refluo e creazione di una alternanza di zone aerobiche, anossiche ed anaerobiche con conseguente sviluppo di diverse famiglie di microrganismi specializzati e scomparsa pressoché totale dei patogeni, particolarmente sensibili ai rapidi cambiamenti nel tenore di ossigeno disciolto.

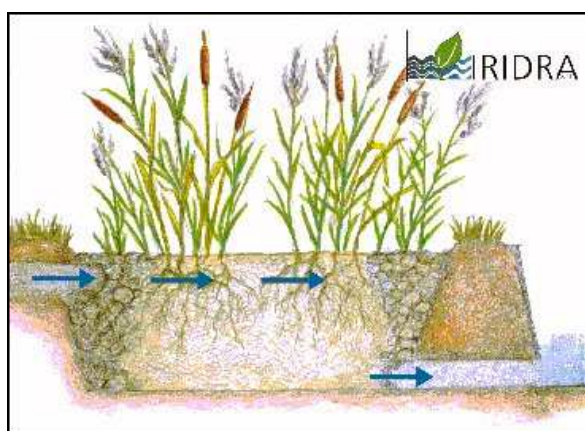


Figura 21 - Sistema a flusso sommerso orizzontale

Tra i sistemi di fitodepurazione artificiali, quelli a flusso sommerso presentano spiccati vantaggi rispetto a quelli a flusso superficiale. Il flusso subsuperficiale limita infatti

fortemente il rischio di odori, lo sviluppo di insetti, e può consentire l'utilizzo della zona adibita all'impianto da parte del pubblico.

Inoltre la presenza del medium di riempimento offre una notevole superficie disponibile all'adesione ed alla conseguente crescita delle colonie batteriche responsabili dell'azione degradativa delle sostanze inquinanti e ciò comporta un minore dimensionamento dell'impianto al confronto dei sistemi a flusso superficiale.

Un ulteriore vantaggio consiste nella maggiore protezione termica dei liquami nella stagione invernale, specie nel caso si possano prevedere frequenti periodi di copertura nevosa.

1.7.5 Sistemi a flusso sommerso verticale (SFS-v o VF)

I sistemi VF (Figura 22) sono costituiti da vasche contenenti materiale inerte con granulometria prescelta al fine di assicurare una adeguata conducibilità idraulica (i mezzi di riempimento comunemente usati sono sabbia, ghiaia, pietrisco); tali materiali inerti costituiscono il supporto su cui si sviluppano le radici delle piante emergenti (sono comunemente utilizzate *Phragmites australis* o *Typha latifolia*); il fondo delle vasche deve essere opportunamente impermeabilizzato facendo uso di uno strato di argilla, possibilmente reperibile in loco, in idonee condizioni idrogeologiche, o, come più comunemente accade, di membrane sintetiche (PEAD o LDPE 2 mm di spessore).

Durante il passaggio dei reflui attraverso la rizosfera delle macrofite, la materia organica viene decomposta dall'azione microbica, l'azoto viene denitrificato, se in presenza di sufficiente contenuto organico, il fosforo e i metalli pesanti vengono fissati per adsorbimento sul materiale di riempimento; i contributi della vegetazione al processo depurativo possono essere ricondotti sia allo sviluppo di una efficiente popolazione microbica aerobica nella rizosfera sia all'azione di pompaggio di ossigeno atmosferico dalla parte emersa all'apparato radicale e quindi alla porzione di suolo circostante, con conseguente migliore ossidazione del refluo e creazione di una alternanza di zone aerobiche, anossiche ed anaerobiche con conseguente sviluppo di diverse famiglie di microrganismi specializzati e scomparsa pressoché totale dei patogeni, particolarmente sensibili ai rapidi cambiamenti nel tenore di ossigeno disciolto.

Il refluo da trattare scorre verticalmente nel medium di riempimento (percolazione) e viene immesso nelle vasche con carico alternato discontinuo. Questa metodologia con flusso intermittente (reattori batch) implica l'impiego di un numero minimo di due vasche in parallelo per ogni linea che funzionano a flusso alternato, in modo da poter regolare i tempi di riossigenazione del letto variando frequenza e quantità del carico idraulico in ingresso, mediante l'adozione di dispositivi a sifone autoadescante opportunamente dimensionati o di sistemi di pompaggio adeguati.

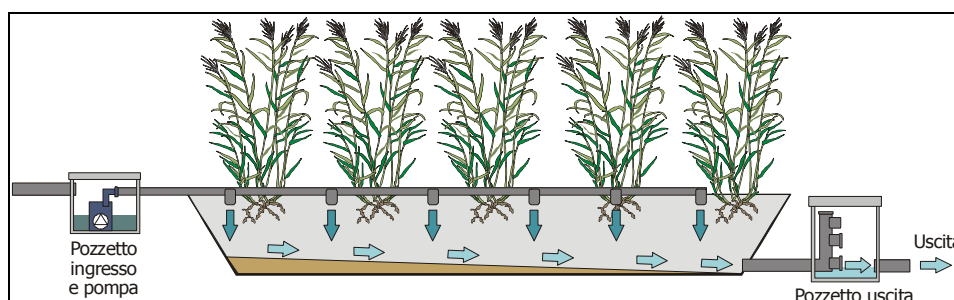


Figura 22 - Sistema a flusso sommerso verticale

Il medium di riempimento è costituito da alcuni strati di ghiaie e sabbie di dimensioni variabili, partendo da uno strato di sabbia alla superficie per arrivare allo strato di pietrame posto sopra al sistema di drenaggio sul fondo. Questi sistemi, ancora relativamente nuovi nel panorama della fitodepurazione ma già sufficientemente validati, hanno la prerogativa di consentire una notevole diffusione dell'ossigeno anche negli strati più profondi delle vasche (durante lo svuotamento periodico delle vasche), giacché la diffusione di questo elemento è circa 10.000 volte più veloce nell'aria che nell'acqua, e di alternare periodi di condizioni ossidanti a periodi di condizioni riducenti.

I tempi di ritenzione idraulici nei sistemi a flusso verticale sono abbastanza brevi; la sabbia superficiale diminuisce la velocità del flusso il che favorisce sia la denitrificazione sia l'adsorbimento del fosforo da parte della massa filtrante.

I fenomeni di intasamento superficiale, dovuti al continuo apporto di solidi sospesi, sono auspicati per un primo periodo, in quanto favoriscono la diffusione omogenea dei reflui su tutta la superficie del letto, mentre devono essere tenuti sotto controllo nel lungo periodo onde evitare formazioni stagnanti nel sistema. Le esperienze estere (de Maeseneer, 1997) su tali sistemi mostrano comunque che non si rilevano fenomeni di intasamento quando si utilizza una alimentazione discontinua inferiore al carico idraulico massimo del sistema con frequenza costante e quando si ha adeguato sviluppo della vegetazione (l'azione del vento provoca infatti sommovimenti della sabbia nella zona delle radici e intorno al fusto, contrastando i fenomeni occlusivi).

Un ulteriore aspetto positivo dei sistemi VF consiste nella maggiore protezione termica dei liquami nella stagione invernale.

1.7.6 Sistemi a flusso libero (FWS)

I sistemi a flusso superficiale FWS (Figura 23) sono generalmente costituiti da canali o bacini, il cui fondo impermeabile è sovrastato da un medium a matrice organica di scarso spessore (20-30 cm) su cui cresce la vegetazione; tale materiale di riempimento è costituito da ghiaia, piccoli sassi o sabbia.

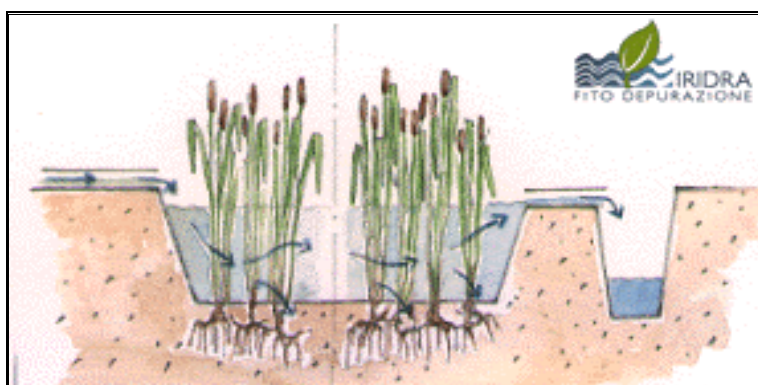


Figura 23 – Sistema a flusso libero

Le essenze vegetali comunemente utilizzate sono quelle che popolano le zone umide naturali come ad es. *Phragmites*, *Typha*, *Scirpus*, *Iris*, *Juncus*, *Nymphaea*, *Botulus*, *Ranunculus* e *Carex*.

In questi sistemi, i meccanismi di abbattimento riproducono esattamente tutti i fattori in gioco nel potere autodepurativo delle zone umide naturali; l'azione dei microrganismi

adesi alle componenti sommerse della vegetazione determina la rimozione di BOD e nutrienti. Per tali reazioni, la trasmissione attraverso la superficie dell'acqua ed il trasporto di ossigeno dalle foglie alla rizosfera rappresentano le maggiori fonti di ossigeno.

La profondità dell'acqua, nel sistema, deve essere mantenuta tale da garantire una adeguata distribuzione di ossigeno ed il rispetto dei tempi di ritenzione; in particolare d'estate, se il tempo di ritenzione supera i valori di intervallo ottimale a causa dell'evapotraspirazione, si può verificare la formazione di condizioni anossiche nel liquame e il deterioramento della qualità dell'effluente.

Tutte le piante di un'area umida hanno, all'interno del sistema, delle funzioni specifiche che si differenziano da specie a specie, ad esempio le macrofite sommerse hanno la capacità di ossigenare la matrice acquosa e di assorbire direttamente da questa le sostanze nutritive (nitrati, fosfati, ecc.) necessarie per la loro crescita.

Comunque tutte le piante acquatiche, rappresentano un substrato idoneo per lo sviluppo della microfauna bentonica e di pellicole batteriche (biofilm) importanti per i processi decompositivi propri delle aree umide.

In un sistema umido costruito (Constructed Wetlands) con funzione di finissaggio e quindi per migliorare qualitativamente le caratteristiche dell'acqua in ingresso, è necessario che i naturali processi depurativi siano garantiti. A tal fine è importante che l'ecosistema rispecchi quanto più possibile i criteri di biodiversità e di efficienza in termini depurativi.

Per questo è stato previsto l'inserimento di specie acquatiche, ognuna delle quali in grado di popolare i diversi microhabitat presenti in un'area umida e con caratteristiche funzionali e paesaggistiche differenziate.

Nella scelta e nella distribuzione delle specie all'interno del FWS si considerano i seguenti aspetti:

- distribuzione geografica, preferendo specie autoctone o spontanee dell'area;
- caratteristiche di habitat (profondità dell'acqua, esposizione alla radiazione luminosa, ecc.);
- caratteristiche funzionali (ossigenanti, nitrofile, ecc.);
- caratteristiche paesaggistico-decorative;
- costi di acquisto e posa in opera.

Ad ogni modo una volta inserite, il sistema avrà una sua naturale evoluzione in funzione delle caratteristiche ambientali locali e dei rapporti che si instaureranno fra le diverse specie.

Lista delle specie raccolte tipiche di una zona umida (ARPAT 2001)

Alismataceae	<i>Alisma plantago-acquatica</i> L.
Caprifoliaceae	<i>Sambucus nigra</i> L.
Cariofillaceae	<i>Saponaria officinalis</i> L.
Composite	<i>Bidens frondosa</i> L.
	<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.
	<i>Pulicaria sicula</i> (L.) Moris
Cyperaceae	<i>Carex contigua</i> Hoppe
	<i>Carex hirta</i> L.
	<i>Carex otrubae</i> Popd.
	<i>Cyperus longus</i> L.
	<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla
Equisetaceae	<i>Equisetum arvense</i> L.
Iridaceae	<i>Iris pseudacorus</i> L.
Gramineae	<i>Arundo donax</i> L.

Litaceae
Poligonaceae

Ranunculaceae
Salicaceae

Scrophulariaceae
Typhaceae
Umbrelliferae

Festuca arundinacea L.
Phragmites australis (Cav.) Trin.
Lytrum salicaria L.
Polygonum lapathifolium
Polygonum mite Schranck
Thalictrum flavum L.
Populus nigra L.
Salix alba L.
Salix capraea L.
Veronica serpyllifolia L.
Thypha latifolia L.
Oenanthe pimpinelloides L.

1.7.7 Sistemi di filtrazione estensivi per acque meteoriche

Gli impianti di fitodepurazione a flusso sommerso per il trattamento di acque meteoriche proposti in questa sede consistono in un letto realizzato in scavo "a dorso d'asino" e riempito di materiale inerte, alimentato lungo la linea mediana e drenato sui due lati.

In condizioni di basse portate l'acqua scorre nel materiale inerte dal centro del letto fino ai lati, con componente di moto prevalente orizzontale; all'aumentare della portata si ottiene un progressivo invasamento del letto e l'instaurarsi di componenti di moto verticale e di scorrimento superficiale.

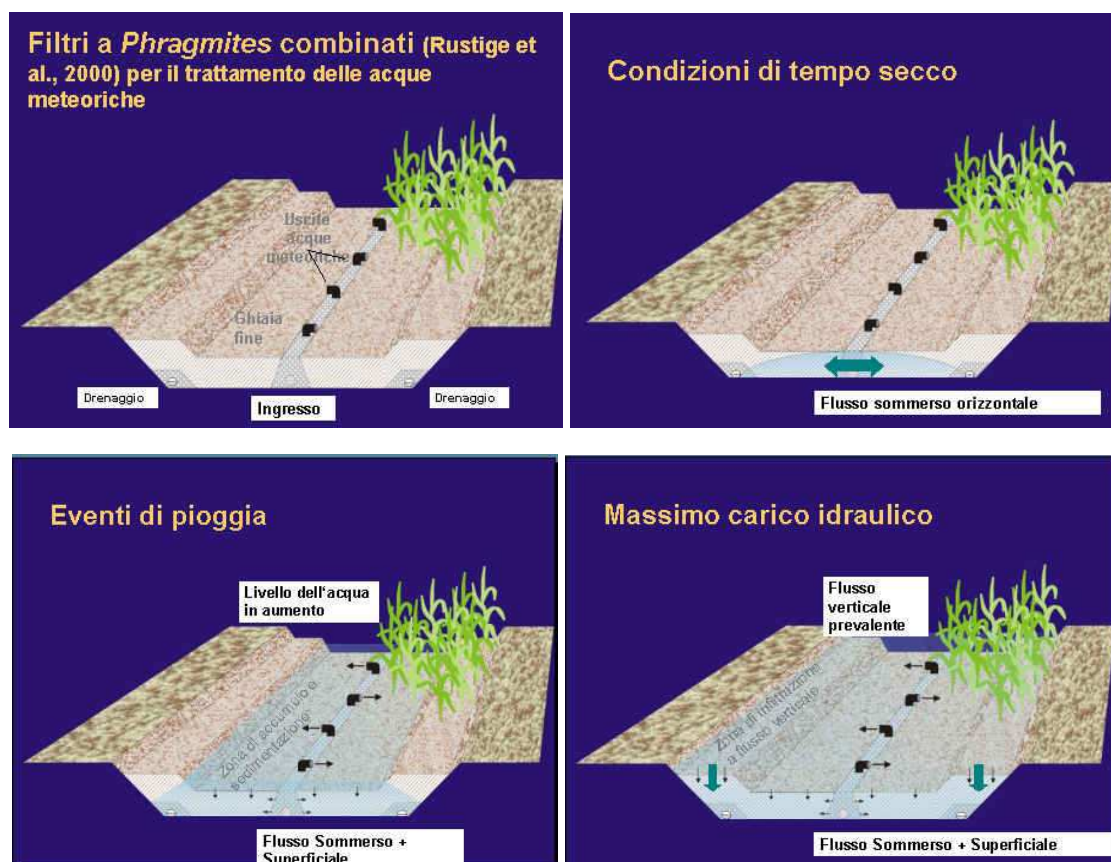


Figura 24 – Sistemi di filtrazione per acque meteoriche (Rustige et al, 2000)

Tale sistema può quindi ragionevolmente essere considerato come un sistema ibrido che comprende le tre principali tipologie di fitodepurazione (appunto flusso sommerso

orizzontale e verticale e flusso libero). Nel materiale inerte viene inserita una piantagione di macrofite radicate emergenti (specie *Phragmites Australis* o *Communis*) il cui apparato radicale, oltre a favorire lo sviluppo di popolazioni batteriche aerobiche come biofilm adesivo sul materiale inerte e sui rizomi stessi, permette il mantenimento di un'ottimale permeabilità dello strato di inerti anche nel lungo periodo, grazie al continuo movimento delle radici stesse al suo interno (minimizzazione della possibilità di formazione di cortocircuiti idraulici). Sia il pozzetto di ingresso che la vasca stessa sono dotati di canali di bypass per la gestione dei sovrafflussi idraulici.

1.7.8 Sistemi aerati (AEW)

L'introduzione di sistemi di aerazione nelle vasche di fitodepurazione costituisce un approccio introdotto circa 15 anni fa in America da Scott Wallace, uno dei massimi esperti internazionali di fitodepurazione, e nel corso degli anni ha registrato diversi successi sia nell'aumento delle performance per quanto riguarda la degradazione dei composti organici e dell'azoto ammoniacale, sia nell'applicazione a diversi tipi di reflui industriali (come ad esempio le acque prodotte dalle installazioni per l'estrazione del petrolio, acque di runoff aeroportuali inquinate da sostanze chimiche utilizzate per il "deicing" di piste ed aerei, depurazione di acque di falda inquinate da sostanze chimiche, acque di drenaggio delle miniere).

E' recente l'applicazione di tale tecnica alle acque di sfioro delle fognature miste da parte della società ARM presso Cowdenbeath (UK) dove un sistema di fitodepurazione aerato da 4000 m² tratterà circa 4000-5000 m³/giorno di sfioro, per un carico annuale di circa 1,3 tCOD/giorno e con una richiesta energetica delle soffianti di circa 26 KW.

L'aria viene introdotta attraverso dei compressori che pompano l'aria in dei collettori collegati a ali gocciolanti (si possono utilizzare i classici tubi drip-line utilizzati in microirrigazione) poste sul fondo nel caso dei sistemi a flusso sommerso o a tubazioni plastiche con aeratori del tutto simili a quelli utilizzati nei sistemi a fanghi attivi sul fondo dei sistemi a flusso libero.

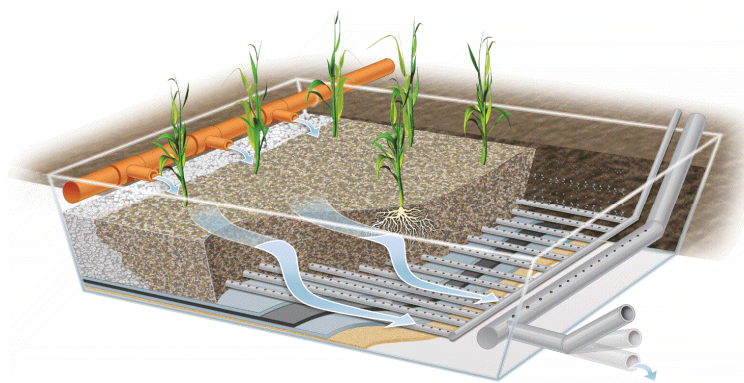


Figura 25 – Sistemi di fitodepurazione aerati (fonte: ARM ltd)

1.8 DESCRIZIONE SOMMARIA DELL'INTERVENTO

Il sistema di trattamento prevede il seguente schema:

- stazione di sollevamento, necessaria per realizzare i pre-trattamenti ad una quota di maggiore sicurezza e per l'attraversamento della tubazione di scarico del depuratore senza ricorrere a sifoni; portata massima 1430 m³/h;
- grigliatura medio-fine (maglia 6 mm) delle acque di pioggia mediante due filtro-coclea di capacità massima 200 l/s in parallelo installate su due canali in cemento armato, oltre ad un canale di emergenza provvisto di griglia manuale; ogni canale è selezionabile a mezzo di paratoie manuali;
- Dissabbiatura mediante n°2 dissabbiatori longitudinali aerati in parallelo dimensionati su 200 l/s cadauno, muniti di coclee per l'estrazione, la disidratazione e la compattazione delle sabbie;
- Stazione di sollevamento delle acque di prima pioggia (munita di 4 pompe da 100 l/s ognuna con mandata separata e collegata ad un bacino di fitodepurazione, Q_{max} 400 l/s) per alimentazione del sistema di fitodepurazione a flusso sommerso verticale aerato;
- sistema di fitodepurazione a flusso sommerso verticale aerato, modificato per acque di pioggia, di estensione pari a 4000 m² e suddiviso in due bacini da 2000 m², a sua volta suddivisi in due settori da 1000 m²;
- sistema di fitodepurazione a flusso libero da 1500 m² avente anche la funzione di favorire l'inserimento paesaggistico e la creazione di biotopi umidi ad elevata biodiversità, collegabile ai percorsi di fruizione della zona.

Sono inoltre previsti nel progetto:

- messa in sicurezza idraulica e controllo dell'erosione della sponda dx del Lambro lungo l'area di intervento, mediante opere di ingegneria naturalistica quali scogliere rinverdate, mantellate o palizzate vive;
- messa in sicurezza idraulica e controllo dell'erosione del nuovo argine a protezione delle vasche di filtrazione, mediante scogliere, nei tratti maggiormente sottoposti a sollecitazione;
- opere di ripulitura, riqualificazione e potenziamento della fascia ripariale mediante inserimento di specie idonee, con l'obiettivo anche di compensare le superfici di bosco interessate dai lavori, e mediante la creazione di un bosco didattico;
- locale tecnico per ospitare quadri di trasformazione da media a bassa tensione, quadri elettrici, interfaccia di controllo PLC;
- tettoia di copertura compressori e quadri elettrici locali sistema aerato.
- installazione campionatori automatici e misuratori di portata in uscita (in ingresso sono già presenti sullo sfioro principale, mentre quanto viene pompato ai trattamenti preliminari e all'impianto di fitodepurazione viene contabilizzato dal PLC)
- bacheche didattiche educative;
- percorsi pedonali in terra battuta e/o ghiaia per consentire la fruizione dell'area.

1.9 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE AMBIENTALI DEL SITO IN CUI REALIZZARE L'IMPIANTO

1.9.1 Localizzazione

Gli interventi previsti dal seguente progetto sono situati nei comuni di Merone, in provincia di Como, e nel comune di Costa Masnaga in provincia di Lecco. L'area è compresa tra il fiume Lambro ed il confine del depuratore esistente, posto sulla sponda destra, che sversa nel fiume Lambro sia le acque provenienti dallo scaricatore ordinario, sia le acque di sfioro dello scaricatore di testa del depuratore.

Il fiume Lambro in questo tratto ha un andamento abbastanza sinuoso e la naturalità dell'area ha permesso la meandricazione e la creazione di lanche, aree umide naturali e fasce boscate lungo le sponde fluviali. In questo tratto il Lambro presenta alveo e sponde naturali caratterizzate da una ricca vegetazione riparia spontanea rappresentata da specie autoctone e alloctone.

1.9.1 Inquadramento catastale

Sono state raccolte le mappe catastali del Comune di Merone e Costa Masnaga al fine di definire le proprietà delle aree in cui ricade il presente progetto (tavola 1.2). tutte le aree risultano già di proprietà di A.S.I.L. S.p.A.

Le particelle interessate dal sistema di fitodepurazione sono le seguenti:

particelle 243 e 250 Foglio 9 del Comune di Merone.

Solo un piccolissimo tratto del canale di restituzione finale ricade nel territorio del Comune di **Costa Masnaga**, nella **particella 365 foglio 2.**

1.9.1 Vincoli e prescrizioni

Gli interventi previsti dal progetto devono rispettare i vincoli di:

- PTCP della provincia di Lecco per il Comune di Costa Masnaga
- PTCP della provincia di Como per il Comune di Merone
- PTC Parco Valle Lambro
- PGT Comune di Merone
- PGT Comune di Costa Masnaga
- PAI Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico

Dall'estratto della tavola dei valori paesistici e ambientali del PTCP di Lecco, si osserva come, nell'area di pertinenza progettuale non si rileva alcun valore paesistico di rilievo, eccettuato aree vincolate ai sensi del D.Lgs. 42/2004 art.142 lungo il confine del Lambro.

Secondo il PTCP di Como invece si può osservare che:

- dall'estratto della tavola di sintesi di piano, si osserva come le aree interessate dagli interventi si trovino all'interno degli elementi costitutivi fondamentali della rete ecologica; Le Norme Tecniche di Attuazione del Piano relative al Sistema Paesistico-Ambientale (articoli da 10 a 31) art. 17 ribadisce l'importanza della "conservazione e riqualificazione degli habitat ripariali e delle zone umide"

- dall'estratto della tavola di sintesi del paesaggio del PTCP si osserva come le aree interessate dagli interventi si trovino all'interno di aree vincolate ai sensi del D.Lgs. 42/2004 e della L.R. 86/1983 e delle Direttive Comunitarie 92/43/CEE e 79/409/CEE;
- dall'estratto della tavola delle aree protette del PTCP si osserva come le aree interessate dagli interventi si trovino all'interno dell'area parco

Dall'estratto dal Piano Territoriale di Coordinamento (PTC) del Parco Valle Lambro si osserva come le aree interessate dall'intervento all'interno del sistema delle aree fluviali e lacustri.

Dall'esame del PGT del Comune di Merone (tavola 1.2) ed in particolare della tavola dei vincoli si rileva che:

- le aree interessate dagli interventi ricadano per lo più all'interno di un'area ad ambito di tutela ambientale (art. 36 Dgr n°VII/3851 del 16/03/2001) all'interno delle aree protette del Parco Regionale (Lr. 86/83);
- Insistono in parte delle aree le fasce di rispetto principale e secondaria del Fiume Lambro, secondo quanto stabilito dalle fasce PAI;
- l'area ricade in parte anche all'interno di un'area boscata (D.Lgs. 42/2004 art.142 comma 1 lettera g), come evidente anche dal Piano delle Regole, Tavola 4.

Le stesse evidenze emergono dall'analisi del PGT del Comune di Masnaga, in particolare in merito a fasce di rispetto fluviali e area boscata.

La legge regionale che disciplina e regola le trasformazioni degli ambiti boscati è la d.g.r. 675/2005 e s.m.i.

Un approfondimento merita di essere fatto sulle fasce di protezione PAI e sugli altri vincoli relativi al Fiume Lambro.

Ai sensi del Dlgs 42/04 (Codice dei beni culturali e del paesaggio) sono tutelati fino all'approvazione del piano paesaggistico ai sensi art. 156 del medesimo D.Lgs i corsi d'acqua; secondo la Sentenza del Consiglio di Stato, Sez. VI 4 febbraio 2002 n. 657, su tutte le acque con denominazione "fiume" o "torrente", indipendentemente dalla loro iscrizione nell'elenco delle acque pubbliche previsto dal R.D. 11 dicembre 1933 n. 1775, e quindi in modo particolare sul Fiume Lambro, vige un vincolo paesistico, comprensivo dell'alveo e delle sponde per una fascia di 150 m ai sensi del Dlgs. 42 del 22/01/2004, art 142 (già D.Lgs 490/99 art. 146 e L.431/1985, art.1, lett c).

Lungo il corso del Lambro, nel territorio di Merone, sono vigenti i vincoli definiti dalle Fasce Fluviali definite nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato dalla Autorità di Bacino del Po con d.p.c.m. 24 maggio 2001. Con successivo atto (d.p.c.m. 10 dicembre 2004) il Piano è stato rivisto ed è stata approvata una Variante relativa al "Fiume Lambro nel tratto dal Lago di Pusiano alla confluenza con il Deviatore Redefossi".

I criteri di definizione delle Fasce sono stabiliti dalle norme d'attuazione e possono essere descritti nel modo seguente:

- Fascia di deflusso della piena (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento, come definita nell'Allegato 3 facente parte integrante delle Norme, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena.
- Fascia di esondazione (Fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento come definita

nell'Allegato 3. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la fascia B e la fascia C", le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del piano stralcio delle fasce fluviali, per il tracciato di cui si tratta.

- Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento.

Gli interventi consentiti in fascia A e B sono riassunti dall'art 29 e 30 delle NTA; nelle fasce B sono consentiti interventi di ampliamento di impianti di depurazione se questi sono compatibili con i livelli idrici del fiume e se non comportano interferenze con la falda, con le opere di difesa esistenti e con la capacità di drenaggio dell'area stessa.

Il Piano inoltre introduce un segno grafico denominato "limite di progetto tra la fascia B e la fascia C", che sta ad indicare l'esistenza di opere idrauliche programmate per la difesa del territorio (art. 28 NTA PAI). I territori ricadenti in Fascia C e delimitati con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" sono soggetti a valutazione del rischio idraulico ai sensi dell'art. 31, comma 5 delle NTA del PAI, in assenza della quale i Comuni sono tenuti ad applicare le norme di fascia B.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico, le opere idrauliche esistenti sul territorio, le competenze sui tratti della rete, ecc., vigono le norme del R.D. 25 luglio 1904 n. 523 (Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie).

In particolare si richiede, ai sensi dell'art.96 del decreto 523, la definizione di una Fascia di rispetto di 10 m su tutti i corsi d'acqua e su ciascun lato degli stessi; in questa fascia sono vietate (lettera f dell'art 96):

"le piantagioni di alberi e di siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline, a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimenti del terreno e di metri dieci per le fabbriche e gli scavi".

Più in generale secondo l'art. 168, legge 20 marzo 1985, n. 2248, allegato F:

"Sono lavori ed atti vietati in modo assoluto sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese i seguenti:

- a) La formazione di pescaie, chiuse, petraie ed altre opere per l'esercizio della pesca, con le quali si alterasse il corso naturale delle acque. Sono eccettuate da questa disposizione le consuetudini per l'esercizio di legittime ed innocue concessioni della pesca, quando in esse si osservino le cautele od imposte negli atti delle dette concessioni, o già prescritte dall'autorità competente, o che questa potesse trovare conveniente di prescrivere;
- b) Le piantagioni che s'inoltrino dentro gli alvei dei fiumi, torrenti, rivi e canali, a costringerne la sezione normale e necessaria al libero deflusso delle acque;
- c) Lo sradicamento o l'abbruciamento dei ceppi degli alberi che sostengono le ripe dei fiumi e dei torrenti per una distanza orizzontale non minore di nove metri dalla linea a cui arrivano le acque ordinarie. Per i rivi, canali e scolatori pubblici la stessa proibizione è limitata ai piante menti aderenti alle sponde;

- d) La piantagione sulle alluvioni delle sponde dei fiumi e torrenti e loro isole a distanza dalla opposta sponda minore di quella nelle rispettive località stabilita, o determinata dal prefetto, sentite le amministrazioni dei comuni interessati e l'ufficio del genio civile;
- e) Le piantagioni di qualunque sorta di alberi ed arbusti sul piano e sulle scarpe degli argini, loro banche e sotto banche lungo i fiumi, torrenti e canali navigabili;
- f) Le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi;
- g) Qualunque opera o fatto che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni, la resistenza e la convenienza all'uso, a cui sono destinati gli argini e loro accessori come sopra, e manufatti attinenti;
- h) Le variazioni ed alterazioni ai ripari di difesa delle sponde dei fiumi, torrenti, rivi, canali e scolatori pubblici tanto arginati come non arginati, e ad ogni altra sorta di manufatti attinenti;
- i) Il pascolo e la permanenza dei bestiami sui ripari, sugli argini e loro dipendenze, nonché sulle sponde, scarpe e banchine dei pubblici canali e loro accessori;
- k) L'apertura di cavi, fontanili e simili a distanza dai fiumi, torrenti e canali pubblici minore di quella voluta dai regolamenti e consuetudini locali, o di quella che dall'autorità amministrativa provinciale sia riconosciuta necessaria per evitare il pericolo di diversioni e indebite sottrazioni di acque;
- l) Qualunque opera nell'alveo o contro le sponde dei fiumi o canali navigabili, o sulle vie alzaie, che possa nuocere alla libertà ed alla sicurezza della navigazione ed all'esercizio dei porti natanti e ponti di barche;
- m) I lavori od atti non autorizzati con cui si venissero a ritardare od impedire le operazioni del trasporto dei legnami a galla ai legittimi concessionari.
- n) Lo stabilimento di molini natanti."

In sostanza è possibile prevedere interventi di ingegneria naturalistica e quindi piantumare le sponde al di sotto del piano campagna, mentre sugli argini fuori terra e nei 4 metri al piede di questi non è possibile effettuare alcuna piantumazione, al di fuori dell'inerbimento.

Art 29 delle NTA del PAI: Fascia di deflusso della piena (Fascia A)

1. *Nella Fascia A il Piano persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza assicurando il deflusso della piena di riferimento e il mantenimento delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo, e quindi favorire, ovunque possibile, l'evoluzione naturale del fiume in rapporto alle esigenze di stabilità delle difese e delle fondazioni delle opere d'arte, nonché a quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra.*
2. *Nella Fascia A sono vietate:*
 - a) *le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;*
 - b) *la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal Dlgs. 5 febbraio 1997, n.22, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let.l);*
 - c) *la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al comma 3, let.m);*
 - d) *le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone, per un'ampiezza di almeno 10 m dal ciglio di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente; le Regioni provvederanno a disciplinare tale divieto nell'ambito degli interventi di trasformazione e gestione del suolo e del soprassuolo, ai sensi dell'art. 41 del Dlgs 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche e integrazioni, ferme restando le disposizioni di cui al Capo VII del R.D. 25 luglio 1904 n. 523;*
 - e) *la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;*
 - f) *il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.*
3. *Sono per contro consentiti:*
 - a) *i cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;*
 - b) *gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;*
 - c) *le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena,*
 - d) *i prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 m³ annui;*
 - e) *la realizzazione di accessi per natanti alle cave di estrazione ubicate in golena, per il trasporto all'impianto di trasformazione, purché inserite in programmi individuati nell'ambito dei Piani di settore;*
 - f) *i depositi temporanei conseguenti e annessi ad attività estrattiva autorizzata ed agli impianti di trattamento del materiale estratto e presente nel luogo di produzione da realizzare secondo le modalità prescritte dal dispositivo di autorizzazione;*
 - g) *il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto della fascia;*
 - h) *il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identificano come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;*
 - i) *il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art.6 comma 1, let.m) del Dlgs. 5 febbraio 1997, n.22;*
 - m) *l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate dal Dlgs. 5 febbraio 1997, n.22 (o per le quali sia stata presentata una comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art.31 dello stesso Dlgs 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dall'autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo;*
 - n) *l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.*

4. *Per esigenze di carattere idraulico connesse a situazioni di rischio, l'Autorità idraulica preposta può in ogni momento effettuare o autorizzare tagli di controllo della vegetazione spontanea eventualmente presente nella fascia A.*
5. *Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.*

Art. 30 delle NTA del PAI: Fascia di esondazione (Fascia B)

1. *Nella Fascia B il Piano persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.*
2. *Nella fascia B sono vietati:*
 - a) *gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento della capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;*
 - b) *la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal Dlgs. 5 febbraio 1997 n. 22, fatto salvo quanto previsto al art 29 comma 3, let. I delle NTA del PAI ;*
 - c) *in presenza di argini, interventi e strutture che tendano ad orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.*
3. *Sono per contro consentiti, oltre agli interventi indicati al comma 3 dell'art 29 delle NTA del PAI:*
 - a) *gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;*
 - b) *gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di Bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art 38 (delle NTA del PAI), espresso anche sulla base di quanto previsto dall'art. 38bis (NTA PAI);*
 - c) *la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;*
 - d) *l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art 38 del Dlgs 152/99 e successive modifiche e integrazioni;*
 - e) *il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art 38 (delle NTA del PAI), espresso anche sulla base di quanto previsto dall'art. 38bis (NTA PAI);*
4. *Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti*

1.9.2 Inquadramento geologico ed idrogeologico

Di seguito vengono riassunti i principali aspetti litostratigrafici, geomorfologici ed idrogeologici dell'area al fine di verificare l'eventuale presenza di problematiche di natura geologica da considerare nella progettazione delle nuove opere. Maggiori dettagli sono inclusi nella relazione geologica allegata al presente progetto e realizzata dallo Studio Frati.

· Frane e dissesti

Il problema di instabilità di versante sussiste qualora esistano dei dislivelli in grado di innescare dei movimenti di terreno. Nel caso in esame il sito di intervento è caratterizzato da un assetto morfologico subpianeggiante in corrispondenza del quale è possibile escludere potenziali fenomeni di dissesto attivi o quiescenti.

· Vincoli e problematiche di natura idraulica

L'area in esame è ricompresa parte in fascia A e parte in fascia C de PAI. Gli interventi in programma sono stati progettati a seguito di uno studio idraulico per renderli compatibili con il quadro di rischio idraulico esistente.

· Acque sotterranee

Per quanto riguarda l'area in esame, il livello idrico è connesso al F. Lambro. Le indagini realizzate in passato all'interno del depuratore (area mediamente a quote più elevate di quella di intervento) hanno indicato tutte presenza di acqua a profondità variabile ma mediamente tra -0,5 e -1,5 m da p.c. e con valori massimi di circa -3 m.

Le indagini realizzate per il Progetto in esame concordano sostanzialmente con quanto già evidenziato; le misure freaticometriche hanno infatti individuato acqua a quote medie di -2,1/2,2 m da p.c. nei sondaggi S1 e S2 e di -1,3/-1,4 m da p.c. negli altri sondaggi.

Le soggiacenze maggiori si osservano nella zona a ridosso dell'impianto esistente, cioè in corrispondenza dei sondaggi S1 e S2, e sono via via minori avvicinandosi al Lambro dove il gradiente della falda è estremamente ridotto e quindi il livello idrico risulta circa coincidente con il livello dell'acqua nel fiume stesso.

· Indagini realizzate

Le indagini geognostiche volte alla ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo e alla caratterizzazione fisico-chimica preliminare dei terreni sono consistite in 6 sondaggi a carotaggio continuo (lunghezza 5 m) con posa di piezometri, esecuzione di prove di permeabilità e prelievo campioni (sottoposti ad analisi granulometrica e analisi chimica.)

In linea generale i sondaggi hanno messo in luce una situazione stratigrafica (tipica dell'ambiente deposizionale in esame) molto disomogenea sia in senso verticale che orizzontale. Si osserva infatti un alternarsi di lenti/orizzonti intercalati tra di loro a differente granulometria: si passa da limi argillosi (con frazione fine di limo+argilla >90%) a ghiaie con sabbie (con frazione fine di limo+argilla <10%) passando per miscele di differenti percentuali granulometriche.

In ogni sondaggio è stato prelevato un campione (a profondità non superiori a 2); essi sono stati sottoposti ad analisi chimica (set DM 10 agosto 2012 n. 161).

I risultati delle analisi chimiche condotte evidenziano come tutti i parametri ricercati presentino una concentrazione al di sotto dei limiti imposti per aree a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale (colonna A).

· Indicazioni sulle opere in progetto

Pur rimandando alla fase esecutiva (in cui verranno realizzate ulteriori indagini in corrispondenza delle opere civili in progetto) per la definizione del modello e dei calcoli geotecnici, per quanto riguarda le "opere civili" la situazione più gravosa si avrà in corrispondenza della stazione di sollevamento iniziale. Per la realizzazione di questo manufatto si prevede, infatti, che le fondazioni saranno in falda e poggianti presumibilmente nell'orizzonte fine costituito da limo argilloso debolmente sabbioso (Orizzonte D) che presenta caratteristiche geotecniche mediocri. Ciò potrebbe comportare cedimenti a lungo termine e differenziali (a causa dei possibili differenti spessori/natura degli orizzonti litologici al di sotto del piano fondazione). Si prevedono inoltre scavi elevati che (anche data la logistica dei luoghi) necessiteranno di opere

preventive di sostegno scavi. Inoltre essi saranno interessati, all'incirca per metà della loro altezza, dalla falda. Altro fattore da tenere in considerazione sarà la sottospinta idraulica. Gli altri interventi prevedono invece situazioni meno gravose; si ricorda solamente che nella zona di realizzazione del sistema di fitodepurazione aerato (per la tipologia dei terreni presenti) non si può garantire la completa protezione da infiltrazioni nel sottosuolo (si ritiene quindi necessario realizzare l'impermeabilizzazione delle vasche) mentre per quanto riguarda il sistema a flusso libero si ritiene non possibile non prevedere interazioni con la falda freatica a meno di non prevedere una impermeabilizzazione del fondo.

A conclusione si rammenta che nel sondaggio S2 è stato rinvenuto un livello superficiale di circa 1 m di materiale riportato (ghiaia e sabbia con ciottoli in matrice limosa con resti di laterizi) e nel sondaggio S1 di un livello (con base a circa -1,6 m da p.c.) costituito sabbia e ghiaia con ciottoli che potrebbe essere anch'esso materiale riportato/rimaneggiato. La zona a ridosso del confine est dell'impianto (dove si ubicano questi sondaggi) è probabilmente stata interessata da movimenti terra (riporti) effettuati nel tempo per l'ampliamento dell'impianto stesso. Anche lo Studio Geologico dal PGT comunale segnala questa porzione come area che è stata soggetta a modifiche antropiche (con possibile presenza di riempimenti, terrapieni, sottofondi ecc..).

· Indagini ulteriori

In considerazione di quanto emerso, si rimanda alla fase esecutiva la realizzazione di ulteriori indagini (prove penetrometriche) in corrispondenza delle opere civili il progetto per la definizione del modello geotecnico e, quindi, per la progettazione esecutiva delle fondazioni e delle opere di sostegno.

Considerato il contesto geologico, geomorfologico e idrogeologico del sito in esame si ritiene l'intervento in esame compatibile con le condizioni geologiche presenti.

1.10 ANALISI DI FATTIBILITÀ AMBIENTALE

1.10.1 Compatibilità dell'intervento con i vincoli esistenti

La principale compatibilità da verificare è quella con le fasce PAI, adeguatamente approfondita all'interno della Relazione Idraulica di supporto, alla quale si rimanda per i dettagli.

Secondo tale relazione i livelli del Lambro nel tratto corrispondente ai sistemi di filtrazione areati sono sostanzialmente costanti perché condizionati dalla presenza di un manufatto poche centinaia di metri a valle che provoca rigurgito. Tali livelli sono per evento duecentennale circa pari a 242.50, mentre per evento cinquecentennale 243.10 (considerando già il sistema di riferimento del rilievo del depuratore che è stato stimato essere circa 1.20 metri più basso di quello dello studio Lambro-Olona e dello studio di Mambretti-ASIL). Considerando un franco di un metro sulla piena duecentennale la quota minima delle arginature a protezione degli areati e di posizionamento dei trattamenti preliminari è 243.50 m s.l.m., quota che consente anche il contenimento della piena cinque centennale con franco di 40 cm.

La quota dell'arginatura prevista è 244.00 m s.l.m. e consente quindi di mettere in sicurezza l'area.

A protezione del sistema a flusso libero, che può tollerare temporanei allagamenti, l'argine ipotizzato a quota 241.50 contiene il livello decennale del Lambro.

La realizzazione delle opere provoca un innalzamento massimo dei livelli di circa 10 cm sia nella duecentennale che nella cinquecentennale, innalzamento che non si percepisce

più già pochi metri a monte e a valle del tratto di intervento e che quindi conferma che la realizzazione dell'opera non va ad aggravare le condizioni di sicurezza del territorio.

Come già evidenziato al paragrafo relativo ai vincoli esistenti l'area di intervento è localizzata all'interno di fasce di protezione del fiume caratterizzate oltretutto da un livello piuttosto alto della falda.

Si sottolinea che:

- i collegamenti idraulici fra i diversi stadi del sistema depurativo sono realizzati in modo da evitare perdite o rotture, assicurando in particolare che nei terreni suscettibili di movimenti di assestamento (aree di riporto, terreni instabili) le opere siano in grado di mantenere la loro efficienza;
- il deflusso delle acque superficiali avviene senza determinare fenomeni di erosione o di ristagno;
- per il resto il presente progetto non prevede la modificazione di impluvi, fossi o canali o intubamento delle acque all'interno degli stessi, né dell'assetto delle sponde o degli argini di corsi d'acqua naturali o artificiali;
- durante l'esecuzione dei movimenti terra e delle opere sarà comunque assicurato il normale deflusso delle acque meteoriche al fine di evitare fenomeni di ristagno o di erosione nell'area oggetto dei lavori: gli scavi a sezione ristretta per la realizzazione dei collegamenti idraulici saranno eseguiti in stagioni a minimo rischio di piogge e saranno condotti per brevi tratti (10-20 m) provvedendo immediatamente al rinterro della tubazione, in modo da evitare che lo scavo non costituisca via preferenziale per lo scorrimento delle acque meteoriche;
- i riporti di terreno saranno eseguiti in strati assicurando il graduale compattamento dei materiali terrosi, dai quali devono essere separate le frazioni litoidi di maggiori dimensioni;
- la terra di risulta degli scavi sarà conguagliata prevalentemente in loco per la risistemazione dell'area oggetto dei lavori in modo da raccordarsi ai profili esistenti senza determinare apprezzabili modificazioni di assetto o pendenza dei terreni e provvedendo al compattamento ed inerbimento del terreno;
- i lavori in oggetto limiteranno al massimo il taglio di specie arboree presenti di pregio, che saranno censite e rilevate in fase di progettazione esecutiva; tali alberature sono presenti principalmente nella zona che sarà occupata dal sistema a flusso libero, che quindi potrà essere rimodellato in modo da non interferire con tali specie.

Per quanto riguarda quest'ultimo punto, insistendo nell'area delle zone boscate tutelate, la legge regionale che disciplina e regola le trasformazioni degli ambiti boscati è la d.g.r. 675/2005 e s.m.i.

Occorre precisare che gli interventi in progetto non prevedono una completa trasformazione dell'area boscata; in particolare la trasformazione per il sistema di filtrazione aerato può essere considerata una propria trasformazione definitiva, quindi soggetta a compensazione, ma bisogna tenere conto che le vasche a lavori ultimati saranno completamente coperte da canneto, facente parte degli habitat ripariali.

Nei sistemi a flusso sommerso (areati o non) da molti anni si tende a mettere a dimora solo *Phragmites* o altre specie di macrofite emergenti, e questo per due principali ragioni: sono le piante che permettono i rendimenti depurativi migliori per caratteristiche intrinseche (fisiologiche) della specie e permettono un miglior mantenimento della conducibilità idraulica; perché negli impianti progettati con una maggiore diversità floristica, dopo

pochi anni la *Phragmites* si espande a discapito delle altre specie, in quanto in queste condizioni ecologiche è decisamente dominante.

Lo stesso avviene nei sistemi di filtrazione aerati previsti per Merone, dove ognuno dei quattro bacini sarà piantumato con una diversa essenza del tipo macrofita emergente (*Phragmites Australis*, *Typha Latifolia*, *Typha Angustifolia*, *Sparganium Erectum*). Alcuni gruppi di *Iris Pseudacorus* e *Lythrum salicaria* potranno invece essere creati lungo le sponde a scopo ornamentale.

Per un intervento che unisce alla funzionalità depurativa dell'impianto anche finalità naturalistiche, si aggiunge però un'altra argomentazione a favore della ricostituzione di un fragmiteto "puro", o di un tifeto. In condizioni naturali, infatti, la cannuccia di palude tende a colonizzare aree piuttosto ampie, tanto che i fragmiteti (inondati o asciutti) sono tra gli habitat riconosciuti dalla Direttiva 92/43/CEE. *Phragmitetum australis* è il nome dell'associazione vegetale corrispondente al canneto, in cui la cannuccia di palude è la specie nettamente dominante, per effetto della sua fitta copertura e dello sviluppato intreccio delle sue radici che ostacolano la crescita di altre piante. Molte specie di uccelli sono legate a questo habitat.

In un intervento che già prevede la creazione di un'area umida a superficie libera - che sarà multispecifica dal punto di vista vegetazionale - la presenza di una superficie sufficientemente ampia di canneto puro, costituisce quindi un elemento positivo, anche sotto il profilo naturalistico, perché ricostruisce una porzione di habitat importante, un tempo molto diffuso nelle pianure alluvionali e non solo.

Anche per il sistema a flusso libero finale, si può parlare solo di una trasformazione temporanea dovuta all'allestimento del cantiere per i lavori, che tra l'altro come abbiamo detto andrà a proteggere le specie di pregio cercando di "cucire" loro intorno la zona umida. Quindi la ricostituzione di una zona umida può essere considerato esso stesso come intervento che non necessita di opere di compensazione.

La legge regionale prevede interventi di compensazione differenziati a seconda del "coefficiente di boscosità" dell'area in cui si trova il bosco oggetto di trasformazione. L'area oggetto degli interventi in progetto è classificata come area con insufficiente indice di boscosità pertanto dovranno essere previsti rimboschimenti e imboschimenti con specie autoctone, preferibilmente di provenienza locale, su superfici non boscate di estensione almeno doppia di quella trasformata, da sottoporre a regolare manutenzione fino all'affermazione.

In base alle superfici disboscate e al tipo di trasformazione si sono quindi previste delle opere di compensazione in linea con la normativa vigente; tali opere di compensazione riguarderanno sia l'area stessa, andando a potenziare ove possibile la fascia ripariale, sia altre aree nel bacino idrografico di appartenenza.

1.10.2 Aspetti ambientali: effetti della realizzazione dell'intervento e del suo esercizio sull'ambiente e misure adottate

Nel presente paragrafo si valuteranno le possibili interazioni dell'intervento previsto (sia nella fase di cantiere che in quella di esercizio) con le varie componenti ambientali interessate, sottolineando le misure prese per eliminare, diminuire o compensare i probabili effetti.

1.10.2.1 Inserimento Paesaggistico degli impianti e fruibilità dell'area

Il progetto prevede che:

- ✓ la vasche di fitodepurazione siano impermeabilizzate in modo da non creare interferenze con l'ambiente circostante (suolo e sottosuolo);
- ✓ le specie vegetali usate nel sistema di fitodepurazione siano autoctone;
- ✓ le sponde delle vasche di fitodepurazione vengano inerbite, in modo da realizzare una minore discontinuità fra il sistema naturale e l'impianto stesso;
- ✓ le aree vengano soggette a rimodellamento in modo da raccordarsi con i profili morfologici caratteristici delle aree confinanti: buona parte delle zone soggette a rimodellamento e a movimentazione di suolo (scarpate, sponde nude, aree di cantiere) verranno completamente inerbite ai fini di ripristino.
- ✓ L'inserimento paesistico-ambientale del sistema di fitodepurazione per acque di prima pioggia è volto a attenuarne gli aspetti di artificialità quali le forme geometriche e il massiccio di una singola specie (*Phragmites australis*) o comunque di una monocoltura per vasca; ciò viene svolto attraverso la definizione di forme naturaliformi e la messa in loco di soggetti arborei, arbustivi ed erbacei. Per il sistema a flusso superficiale si è provveduto a conferire all'area una morfologia naturaliforme (sinuosità degli argini ecc.).

1.10.2.2 Interazioni con vegetazione flora, fauna e ecosistemi

Lo scopo di tale paragrafo è quello di individuare eventuali interazioni che l'opera potrebbe esercitare durante la realizzazione e l'esercizio. La realizzazione di un qualsiasi cantiere comporta spesso: l'asportazione delle specie vegetali presenti, siano esse erbe, alberi od arbusti, l'allontanamento di alcune specie faunistiche e quindi l'alterazione dei biotopi esistenti.

Nel caso in esame l'impianto di fitodepurazione ricadrà su un terreno in parte occupato da un'area boschiva, a proposito delle cui opere di compensazione si è già parlato nei precedenti paragrafi; l'area è inoltre limitrofa al fiume e sono previsti anche interventi in alveo per aumentare la protezione idraulica.

Un disturbo alla fauna presente potrà essere arrecato soltanto durante la fase di costruzione dell'impianto, che si protrarrà per alcuni mesi e limitatamente alle ore diurne.

A trasformazione eseguita invece l'instaurarsi di una zona a canneto nelle vasche a flusso sommerso e di una zona umida ad alta biodiversità nella zona più a valle, unite al potenziamento e alla riqualificazione delle fasce riparie e del bosco, non potrà che avere benefici effetti sulle popolazioni residue di specie di Rettili e Uccelli svolgendo altresì un ruolo nell'implementazione della rete ecologica alla scala locale.

1.10.2.3 Interazioni con suolo e sottosuolo

Riguardo alla probabilità di perdite di refluo da parte del fondo delle vasche, con la possibilità di inquinamento del suolo, sottosuolo e ambiente idrico sotterraneo, si rimanda al successivo paragrafo.

Per quanto riguarda la stabilità del sito, in funzione dell'opera progettata, si può affermare che non si prevedono problemi di notevole entità e gravità, data la locazione superficiale dell'impianto e il suo isolamento dal terreno, tramite l'impermeabilizzazione.

1.10.2.4 Interazioni con acque superficiali e sotterranee

L'ottima qualità dell'effluente finale consente di escludere qualsiasi rischio di contaminazione delle acque sotterranee. Inoltre, il sistema di impermeabilizzazione delle vasche di fitodepurazione, se realizzato secondo le indicazioni del progetto, elimina completamente il rischio di infiltrazione di liquami nel suolo e quindi eventuali contaminazioni dell'ambiente.

Nella zona sono presenti opere di captazione soggette a tutela, secondo quanto previsto dal D.P.R. 236/1988, recentemente modificato dal D.L. 152/2006 riguardante le acque destinate al consumo umano. Tali opere sono però a debita distanza dall'intervento (il pozzo più vicino è a circa 350 m); anche l'andamento della falda, in direzione Sud-Est, costituisce una situazione non ostativa all'intervento.

1.10.2.5 Aspetti Sanitari : effetti della realizzazione dell'intervento e del suo esercizio sulla salute dei cittadini e misure adottate

1.10.2.5.1 Carica batterica

Nella letteratura nazionale ed internazionale sono ampiamente documentate esperienze di monitoraggio di impianti concepiti con criteri simili a quello in oggetto.

I criteri di dimensionamento adottati, basati appunto sullo studio delle esperienze internazionali e nazionali, portano in via teorica all'ottenimento di un effluente con ottime caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche.

La temperatura dei reflui gioca un ruolo importante nella velocità di demolizione della sostanza organica ad opera dei microrganismi e quindi, a fronte di una temperatura media maggiore rispetto alle regioni più a Nord, di cui disponiamo di rilevamenti accurati, è prevista una resa conseguentemente maggiore nel trattamento depurativo, a parità di superfici utilizzate.

Per quanto riguarda l'aspetto microbiologico dell'effluente, dall'analisi della letteratura internazionale esistente e dalle nostre esperienze dirette, la rimozione dei batteri coliformi risulta decisamente efficace (90-99.99%): il continuo passaggio attraverso micrositì aerobici ed anaerobici nelle rizosfere e nel mezzo di riempimento sembra comportare uno stress per quei microrganismi non metabolicamente adattati a tenori diversi di ossigeno, provocando una drastica diminuzione delle colonie fino alla loro pressoché totale scomparsa. Inoltre, durante il passaggio dei reflui attraverso il medium avvengono processi di adsorbimento, filtrazione meccanica e sedimentazione che contribuiscono all'abbattimento degli stessi microrganismi oltreché dei nutrienti e dei metalli pesanti in tracce. A ciò si aggiunga l'effetto della radiazione UV particolarmente efficace nel sistema a flusso libero.

Anche l'apparato radicale sembra avere un ruolo attivo nell'abbattimento dei patogeni; infatti, in alcuni recenti studi si riporta che le radici producono dei metaboliti aventi effetto antibiotico sulla flora patogena.

In conclusione l'intervento è decisamente migliorativo sul piano igienico sanitario, rispetto alla situazione attuale in cui gli sfiori di fognatura mista portavano nel torrente significativi carichi batterici e patogeni.

1.10.2.5.2 Aerosol, cattivi odori, proliferazione di insetti

Nel sistema a flusso sommerso iniziale il refluo, ad eccezione della fase di avvio, scorre prevalentemente completamente sotto la superficie del letto; in caso di eventi meteorici intensi l'allagamento del letto è limitato a poche ore; questo previene lo sviluppo di cattivi odori (presenti nelle acque di prima pioggia), la formazione di vettori di agenti patogeni (come gli aerosols) e la proliferazione di insetti.

Per quanto riguarda invece il sistema a flusso libero, questo presenta un livello permanente variabile tra 0,2 e 0,8 m a seconda delle zone, necessario per il mantenimento dei cicli ecologici e biologici e per lo sviluppo di una elevata biodiversità. Questa consente di minimizzare i problemi relativi ad eccessiva proliferazione di insetti. Infatti, per quanto riguarda la possibile diffusione di zanzare o altri di insetti, questa risulta fortemente limitata dall'instaurarsi di un equilibrio naturale e di un ambiente ad elevata biodiversità.

Il sistema, che riceve in tempo di pioggia le acque in uscita dai sistemi filtranti, può essere mantenuto costantemente umido grazie alla buona distribuzione annua delle piogge nella zona; in ogni caso si prevede la possibilità della sua alimentazione per gravità mediante l'effluente del depuratore, misura che contribuisce anche a rimuovere ulteriori quantitativi di inquinanti.

Lo sviluppo di cattivi odori o la formazione di vettori di agenti patogeni (come gli aerosols) nel FWS è da escludersi data la migliore qualità dell'acqua che si prevede in ingresso, caratterizzate da minori concentrazioni di inquinanti per via della maggiore diluizione. L'insorgenza di un eccessivo bloom algale o la diffusione di lemna nel bacino potrebbe portare in seguito alla decomposizione del materiale vegetale con produzione di odori limitatamente alle immediate vicinanze dello specchio d'acqua; sono comunque fenomeni stagionali tipici di qualsiasi specchio d'acqua lacustre, evitabili tramite opportuni controlli in fase di manutenzione e tramite semplici azioni di rimozione del materiale vegetale galleggiante.

1.10.2.5.3 Rumore e vibrazioni

Una certa produzione di emissioni sonore potrà avere luogo soltanto durante la fase di costruzione degli impianti, che si protrarrà per poche settimane, data la semplicità costruttiva, e limitatamente alle ore diurne.

Per quanto riguarda la fase di gestione e monitoraggio, poiché il moto del liquame nell'impianto è a gravità e le essenze principali che compongono l'opera sono vegetali, si ha la quasi totale inesistenza di emissioni sonore.

1.11 DATI DI PROGETTO E CRITERI DI PROGETTAZIONE

1.11.1 Dati di progetto e procedura di dimensionamento trattamenti naturali acque di pioggia

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 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 la metodologia a); si è considerato un numero di abitanti equivalenti pari a 125.000 (potenzialità del depuratore dopo l'upgrading); è risultata una portata da inviare al trattamento pari a 1085 l/s (3900 m³/h).

L'upgrading consentirà di raggiungere questo obiettivo; come emerso durante un incontro preliminare con ARPAL e Provincia di Como, le portate sfiorate oltre questo limite non sono soggette in tal caso a nessun limite depurativo (ad eccezione dei limiti sulle sostanze pericolose stabilite da Tabella 3° D.L. 152/06). L'obiettivo è quindi di individuare obiettivi depurativi compatibili con l'obiettivo di qualità del Fiume Lambro stabiliti dal Piano di Tutela e più in generale di sottrarre al Fiume Lambro carichi inquinanti significativi riducendo l'impatto dello sfioro.

L'individuazione del volume di prima pioggia non è stata fatta sulla base della superficie drenata efficace, in quanto il bacino è formato da svariati sottobacini ognuno sotteso da uno sfioratore e quindi il risultato ottenuto rischierebbe di essere fuorviante; ma sulla base di una elaborazione dei dati di monitoraggio e portate forniti dal gestore, secondo cui per portate > 1400 m³/h, le concentrazioni di COD sono già al di sotto dei limiti di legge per via della diluizione e possono essere considerate “acque di seconda pioggia”.

Dall'analisi dei dati è emerso inoltre che gli eventi possono essere suddivisi in due sottoclassi (denominate Eventi A e B): i primi sono caratterizzati da un tempo secco antecedente di diversi giorni e sono caratterizzati da concentrazioni iniziali decisamente più alte e da una curva di portata che presenta uno o più picchi pronunciato che poi tendono ad esaurirsi; i secondi invece sono caratterizzati da eventi più prolungati nel tempo (anche diverse settimane), con portata di sfioro piuttosto costante e concentrazioni di inquinanti anch'esse piuttosto costanti e sensibilmente ridotte rispetto agli eventi B, spesso molto vicine se non al di sotto dei limiti di legge del depuratore.

Sulla base di ciò si è visto che trattando eventi A fino a 5000 m³/g ed eventi B fino a 9000 m³/g, su base annua permettono di intercettare circa il 40% dei volumi totali sfiorati (dopo l'upgrading del depuratore) e circa il 60-70% dei carichi inquinanti, trovando ampia corrispondenza nel concetto di "volume di prima pioggia" introdotto dal R.R. 3/2006. Le vasche di prima pioggia indicate nel regolamento infatti, secondo alcuni studi pregressi su sfioratori sulla rete (che peraltro hanno un comportamento diverso e sono meno impattanti di uno sfioratore di testa di un depuratore), riescono ad intercettare non più del 30-40% dei volumi di sfioro.

Tale valutazione è stata avvalorata e approfondita in fase di progettazione definitiva con il supporto dell'Ente Gestore del Depuratore di Merone, mediante una analisi statistica delle portate in arrivo all'impianto di Merone, integrata con il nuovo scenario previsto a seguito dell'up-grading del depuratore e delle maggiori portate da esso ricevibili.

I dati di progetto utilizzati sono i seguenti:

Eventi tipo A:

Portata trattata massima giornaliera: 5000 m³/g, considerando nel caso critico di una portata massima pari a 1430 m³/h le prime 3.5 h dell'evento in modo da intercettare i carichi inquinanti maggiori. Una volta raggiunto il volume giornaliero di 5000 m³/g a partire dal momento in cui inizia lo sfioro e nelle 24 h successive, le portate vengono sfiorate dopo i trattamenti preliminari di grigliatura e dissabbiatura.

Per il dimensionamento si sono presi a riferimento le concentrazioni date dall'80°percentile dei campionamenti a disposizione:

COD 450 mg/l

TSS 250 mg/l

NH4 15 mg/l

Eventi tipo B:

Portata trattata massima giornaliera: 9000 m³/g, considerando nel caso critico di una portata massima pari a 1430 m³/h le prime 6 h dell'evento in modo da intercettare i carichi inquinanti maggiori; oppure in alternativa considerando di pompare al sistema una portata di 715 m³/h (alternando i pompaggi tra le vasche 1 e 2), le prime 12,5 h dall'evento. Una volta raggiunto il volume giornaliero di 9000 m³/g a partire dal momento in cui inizia lo sfioro (o meglio a 48 h di distanza dall'inizio di un evento di tipo A che poi continuando passa ad essere evento di tipo B) e nelle 24 h successive, le portate vengono sfiorate dopo i trattamenti preliminari di grigliatura e dissabbiatura.

Per il dimensionamento si sono presi a riferimento le concentrazioni date dall'80°percentile dei campionamenti a disposizione:

COD 165 mg/l

TSS 105 mg/l

NH4 15 mg/l

Per calcolare le concentrazioni di BOD, si è considerato un rapporto **COD/BOD pari a 2.3**, corrispondente all'80°percentile e più cautelativo di quello ottenuto dalla media campionamenti effettuati e pari a 2.8

La progettazione di un impianto di fitodepurazione si basa su modelli e formulazioni empiriche che, per un sicuro utilizzo, necessitano della approfondita conoscenza dei fattori specifici a partire dai quali sono state definite. L'azione di abbattimento degli inquinanti deriva dalla complessa interazione di processi di tipo fisico, biologico, chimico e biochimico. Questi, a loro volta, sono influenzati dalla combinazione di vari fattori tra cui in particolare la temperatura, il tempo di ritenzione idraulica, il carico idraulico, il carico di inquinante applicato, la profondità, la forma e le dimensioni degli impianti, etc. Alcuni parametri progettuali (in particolare le costanti relative alle cinetiche chimiche da cui derivano le stime sulle efficienze di trattamento) sono stati verificati e aggiornati sulla base delle pubblicazioni scientifiche più recenti (vedi bibliografia).

Il sistema di filtrazione verticale è stato dimensionato sulla base dei seguenti dati di progetto

PARAMETRI		Unità di misura
Altezza dello strato di riempimento	1,05	m
Porosità del medium di riempimento (n)	0,35	Ghiaia fine
Free-board	0,8	m
Bocca tarata in uscita	0,03	l/s x m ²

Tabella 12 – Dati per il dimensionamento del sistema di filtrazione verticale

I criteri di dimensionamento di questi sistemi 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 13 sono riportati alcuni criteri generali di dimensionamento provenienti dallo studio di Uhl e Dittmer (2005):

Parametro inquinante da abbattere	Velocità di filtrazione m/s	Carico idraulico	
		Medio nel lungo termine (m³/m² x anno)	Singolo anno (m³/m² x anno)
BOD/COD	1x10 ⁻⁵	≤ 40	≤ 50
Azoto	1x10 ⁻⁵	≤ 40	≤ 50
Fosforo	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	≤ 40	≤ 50
Metalli pesanti	1x10 ⁻⁵ - 3x10 ⁻⁵	≤ 40	≤ 50
Solidi sospesi	1x10 ⁻⁵ - 3x10 ⁻⁵	≤ 40	≤ 50
Carica batterica	1x10 ⁻⁵	≤ 40	≤ 50

Tabella 13 - Criteri generali di dimensionamento di zone umide per acque meteoriche (Uhl, Dittmer, 2005)

Nel presente caso come si è visto il volume annuo da trattare è pari a circa 500.000-600.000 m³, il che comporterebbe una superficie del sistema superiore a 10.000 m², non compatibile con l'area di intervento.

Avendo definito un'area pari a 4000 m² come sufficiente ad accumulare e trattare su base giornaliera i 5000 m³/g di eventi tipo A (che possono essere considerati come il caso critico su cui effettuare il dimensionamento), si è calcolato il fabbisogno di ossigeno necessario all'abbattimento del carico organico e ammoniacale presente, secondo la nota formula del fabbisogno di ossigeno:

$$DO = (CBOD_{5\text{ in}} - CBOD_{5\text{ out}}) \times Q + 4.6 \times (CNH_{4\text{ in}} - CNH_{4\text{ out}}) \times Q$$

Secondo tale formula, nel caso di evento A pari a 5000 m³/g e considerando come obiettivi depurativi:

C BOD₅ out = 10 mg/l

C NH₄ out = 8 mg/l

Si ottiene un DO = 893.000 gr/g.

Dividendo tale fabbisogno per l'area disponibile, significa dover garantire un carico pari a 223 gr/m² al giorno. Considerando inoltre che nel caso più critico il tempo di riempimento e svuotamento del letto è minore di 24 h (circa 14 h nel caso in cui la portata in arrivo è costantemente la massima e pari a 1430 m³/h), tale fabbisogno è ancora maggiore e pari a circa 400 gr/m² al giorno.

Nei sistemi a flusso sommerso verticale passivi, il trasferimento di ossigeno è pari a 23-60 grO₂/m² secondo varie fonti di letteratura; quindi non sufficiente a garantire gli obiettivi depurativi richiesti. Considerando anche un rateo di trasferimento massimo (ipotesi plausibile data l'alimentazione intermittente del sistema limitata agli eventi di pioggia e quindi preceduta da un tempo di arresto in cui l'ossigeno ha la possibilità di andare ad occupare tutti i pori del sistema di filtrazione in condizioni non sature), questo significa che in condizioni passive (cioè senza aerazione forzata) il sistema è in grado di trattare al massimo circa 1350 m³/giorno.

In sistemi saturi (quali ad esempio i sistemi a flusso orizzontale) tale contributo passivo si riduce a 5-10 grO₂/m².

Si è quindi deciso di potenziare il sistema a flusso sommerso verticale con l'aerazione forzata garantita da 2 compressori. Il sistema rimarrà completamente saturo fino ad un livello di 0.7 m all'interno del medium di riempimento, per garantire la funzionalità del sistema di aerazione a bolle. La bocca tarata consente di trattenere più a lungo le portate in ingresso e di sottoporle ai cicli di aerazione. Il sistema potrà invasare fino a 0.8 m sopra il livello della ghiaia, dopodiché entra in funzione un troppo pieno con stramazzo nella zona umida finale.

I compressori (del tipo "positive displacement compressor") necessari per garantire i rendimenti depurativi attesi devono assicurare una portata massima di aria pari a 5000 m³/h a 300 mbar di pressione; la portata è modulabile tramite inverter e non cambia al variare della pressione. Il dimensionamento della portata d'aria e dei compressori è riassunto nella relazione contenente i calcoli specialistici preliminari.

Grazie alla presenza del sistema di aerazione è possibile anche aumentare notevolmente i carichi per m² trattabili, e pari in questo caso a 150 m³/m² all'anno.

La portata massima scaricabile dal sistema di fitodepurazione è stata fissata sempre seguendo le linee guida tedesche e pari a $0,03 \text{ l/s} \times \text{m}^2$ di superficie filtrante (120 l/s , cioè $432 \text{ m}^3/\text{h}$). In tal modo, considerando una portata massima pari a 400 l/s ($1440 \text{ m}^3/\text{h}$), il volume trattenuto è pari a circa $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ e quindi, su 3.5 h , pari a 3500 m^3 . Solo sulla superficie superiore della ghiaia il sistema è in grado di invasare 3200 m^3 , ai quali si aggiungono i volumi necessari a riempire la parte di letto non satura (pari a circa 400 m^3). In tal modo è verificato il livello massimo raggiungibile dal letto ed inferiore a 0.8 m ; quindi il troppo pieno non entra in funzione e tutto il carico viene sottoposto a filtrazione aerata.

Per quanto riguarda invece il flusso libero, questo è stato dimensionato con l'ottica di assicurare un tempo di ritenzione idraulico minimo ad assicurare un ulteriore affinamento dell'effluente e al tempo stesso assicurare lo sviluppo di un ambiente acquatico ad elevata biodiversità in grado anche di trattare una quota parte dell'effluente del depuratore in periodi di tempo secco.

Considerando per eventi A una portata di $5000 \text{ m}^3/\text{g}$, il tempo di ritenzione idraulico del sistema a flusso libero da 1500 m^2 con altezza d'acqua pari a 0.5 m è pari a 2.7 h ; nel caso di eventi B tale tempo di ritenzione si riduce a 1.5 h . Nel caso invece di derivazione di una portata giornaliera dall'effluente del depuratore pari a $500 \text{ m}^3/\text{g}$, il tempo di ritenzione risulta pari a 24 h .

Sistema di filtrazione verticale aerato = 4000 m^2
Sistema a flusso libero = 800 m^2

1.11.2 Trattamenti preliminari acque di scolmo

Le acque sfiorate vengono sollevate in testa tramite 3 pompe in serie, capaci di garantire una portata massima di 400 l/s .

Per le portate di pioggia si è scelto di utilizzare come trattamento preliminare una grigliatura automatica con n°2 filtro a coclea (maglia 6 m) in canale, operanti in parallelo e dimensionati su una portata massima di 200 l/s .

Successivamente le acque di pioggia raggiungono un dissabbiatore aerato avente la funzione di sedimentare le sabbie e le particelle medio-fini veicolate in periodo di pioggia dalla fognatura e che altrimenti ridurrebbero i volumi utili di trattamento dello stadio successivo.

Il dissabbiatore è costituito da n°2 unità in parallelo, di larghezza 2 m e lunghezza 13 m , idonei al trattamento di una portata massima di 200 l/s cadauno. Tali caratteristiche assicurano una velocità longitudinale massima del refluo pari a $0,06 \text{ m/s}$ ed un Carico Idraulico Superficiale (CIS) pari a 29 m/h .

Le acque in uscita dal dissabbiatore vengono infine inviate ad una stazione di sollevamento con quattro pompe funzionanti in parallelo, ognuna capace di sollevare 100 l/s , e comandate tramite dei galleggianti. Ogni pompa alimenta un singolo letto di fitodepurazione ed è comandata da un quadro elettrico di controllo alloggiato in un box prefabbricato.

1.11.3 Previsione delle rese depurative e monitoraggio

I rendimenti depurativi delle zone umide artificiali per CSO sono influenzati da molti fattori, per cui non sempre è possibile dichiarare precisi abbattimenti di concentrazione degli inquinanti in ingresso ed in uscita da tali sistemi, ciò nonostante le esperienze di campo evidenziano alti rendimenti di rimozione, in particolare del COD, del BOD e dei SS.

In termini di carichi medi annuali infatti, sono state riscontrate rimozioni del BOD/COD del 60÷80% e degli SS pari al 90%, ed una quasi completa nitrificazione dell'azoto ammoniacale. In questi sistemi infatti avviene una buona nitrificazione dell'azoto (prevalentemente in forma ammoniacale in ingresso ai sistemi filtro), mentre i processi di denitrificazione, a causa dell'ambiente aerobico, sono sostanzialmente trascurabili. È importante sottolineare che i rendimenti depurativi devono sempre essere relazionati a carichi annuali, o comunque in lungo periodo.

Sempre al fine di ricavare i rendimenti dei sistemi naturali di filtrazione a flusso verticale per il trattamento di CSO, sono stati condotti studi sperimentali in laboratorio da Uhl *et al.* (2005). Gli autori hanno studiato la dipendenza dei processi e delle efficienze di trattamento dalle caratteristiche materiali del filtro e dalle condizioni operative al contorno. È stato scoperto che le sabbie con grana di 0/2 mm e additivi di carbonato offrono le migliori condizioni materiali per gli alti rendimenti di abbattimento degli inquinanti. Strozzature artificiali del flusso in uscita con valori costanti di $0.01 \text{ ls}^{-1}\text{m}^{-2}$ sono risultate essere essenziali per mantenere una alta efficienza di trattamento per l'ammonio, il COD ed i batteri fecali.

Dopo ogni riempimento i filtri devono poter svuotarsi per la rigenerazione che si completa in 1-2 giorni. I periodi asciutti troppo lunghi possono alterare le capacità di trattamento a causa della riduzione della popolazione dei batteri nel filtro. Le efficienze di trattamento hanno raggiunto nello studio di Uhl valori medi superiori al 90% per l'ammonio, di circa il 70% per il COD solubile e di circa il 90% per il COD totale. La concentrazione batterica dei microorganismi igienicamente rilevanti è risultata ridotta di 1-2 unità logaritmiche.

Si può ricordare inoltre il lavoro condotto da Dittmer *et al.* (2004), il quale affronta i problemi ancora aperti riguardanti le condizioni ottimali di sfruttamento e di affidabilità degli impianti in condizioni estreme. I risultati di esperimenti condotti in sito e in laboratorio confermano l'alto livello di rimozione degli inquinanti. L'affidabilità di questi sistemi può essere migliorata nel tenere di conto delle condizioni delle acque in ingresso nella gestione del sistema, inoltre il successo di queste misure è legato allo stato della biocenosi nell'impianto. L'aggiornamento è quindi secondo Dittmer indispensabile ed interventi come quello oggetto della presente progettazione non possono che favorire tale processo.

Una esperienza interessante e rappresentativa dell'intervento in esame, in quanto prende in considerazione la stessa tipologia depurativa a flusso sommerso verticale e un refluo di fognatura mista di caratteristiche simili, è quella riportata nel lavoro di Tesi di Phd di Julien Fournel "SYSTEMES EXTENSIFS DE GESTION ET DE TRAITEMENT DES EAUX URBAINES DE TEMPS DE PLUIE", Dicembre 2012.

In tale lavoro viene studiato un sistema dimostrativo per il trattamento delle acque di sfioro, costituito da diverse sezioni differenziate per tipologia di medium di riempimento. Ogni settore è pari a 20 m^2 , per un totale di 180 m^2 . La profondità del medium di

riempimento è pari a 1.1 m, con delle variazioni nella stratigrafia e nella granulometria dei letti. Queste le caratteristiche del refluo di prova in ingresso.

Table 48: Influent concentrations for the CSO phase: major parameters

	TSS (mg/L)	Total COD (mg/L)	Dissolved COD (mg/L)	TKN (mg/L)	N-NH ₄ (mg/L)	pH
Average	758.1	577.8	78.2	30.4	12.1	
Median	90.0	230.6	66.0	25.2	11.7	
SD	1600.8	1097.8	50.3	22.2	9.3	
1st quartile	41.5	92.0	36.0	7.2	2.1	
3rd quartile	166.3	247.3	68.0	27.3	12.1	
(Min-Max)	(20-17318)	(62-14194)	(12-558)	(2.6-410)	(0.04-45.4)	5.8-7.4

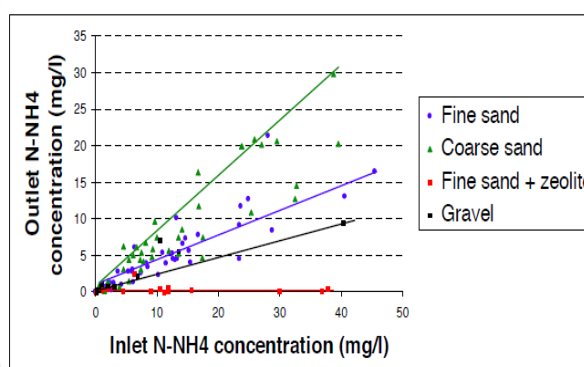
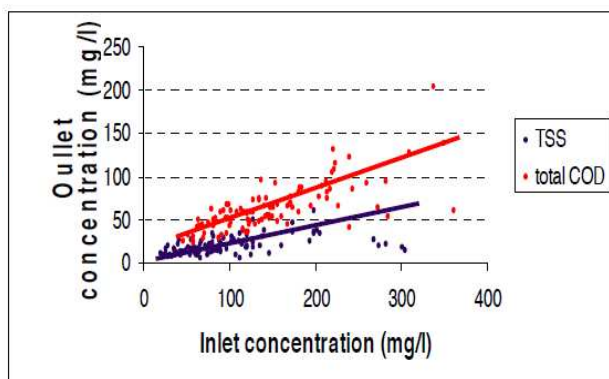
Carichi idraulici annuali ricevuti dal filtro

Pilot	FSZ30	CS30-1	FS30	FS60	G	FSS	CS60	CS30-2	FSZ60
Hydraulic load (m)	48.4	9.4	29.1	50.4	34.3	42.8	31.5	31.5	11
Annual hydraulic load (m/y)	38.7	7.5	23.3	40.3	27.4	34.3	25.2	25.2	8.8

Carichi organici annuali ricevuti dal filtro

	FSZ30	CS30-1	FS30	FS60	G	FSS	CS60	CS30-2	FSZ60
Cumulative load (kg COD)	123.5	47.2	102.9	301.7	33.4	248.5	76.2	558.9	166
Annual load (kg COD/y)	98.8	37.8	82.3	241.4	26.7	198.8	61.0	447.1	132.8

Come si può notare i carichi annuali sono in linea con quelli di progetto. Il carico di COD nell'impianto pilota varia tra 1,4 Kg/m² anno e 22 KgCOD/m² anno; nel nostro caso il range con i valori di progetto è di circa 17 KgCOD/m² anno. Il totale di mc annui massimo per m² trattati è pari a 60 m/anno, in linea con le indicazioni della letteratura. Di seguito di riportano i rendimenti ottenuti durante l'anno di monitoraggio.



Il sistema ha dimostrato abbattimenti del COD variabili tra il 60 e il 90%, e variabili tra il 70 e il 90% per quanto riguarda i solidi sospesi. Il processo di rimozione principale è la filtrazione meccanica, essendo il COD legato al particolato in sospensione. Per quanto riguarda l'ammoniaca, la sua rimozione dipende dal tipo di medium utilizzato ed è massima nel caso di medium con alto potere adsorbente come le zeoliti; in generale comunque non si osservano rimozioni inferiori al 30-40%.

Considerando quindi rimozioni medie dell'ordine del 70% per il COD e del 35% per l'azoto ammoniacale, si possono quindi ipotizzare concentrazioni medie nell'effluente di 90 mgCOD/l e di 13 mg/l di azoto ammoniacale.

Anche la rimozione di metalli e IPA (idrocarburi policiclici aromatici) raggiunge livelli interessanti su un ampio spettro di inquinanti, soprattutto quando in forma particolata che è riconosciuta essere la predominante in uno sfioro di fognatura mista, come si può osservare nei seguenti grafici estratti dalla tesi di Fournel.

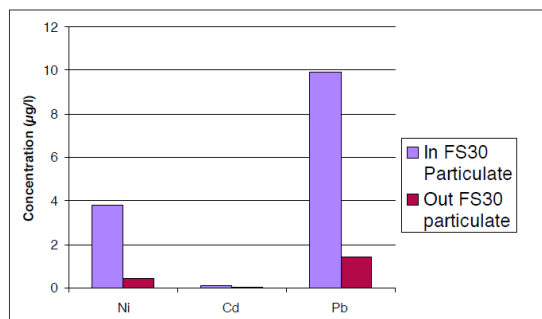


Figure 99: Removal of particulate Ni, Cd and Pb (FS30 filter, June 2011)

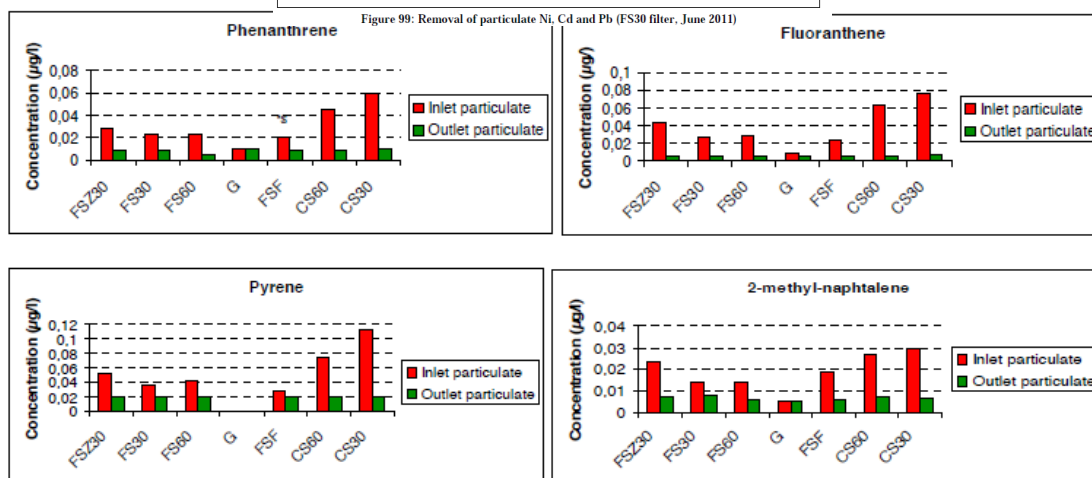


Figure 109: Removal of particulate phenanthrene, fluoranthene, pyrene and 2-methyl-naphthalene

Nel caso presente, il sistema risulta potenziato dal sistema di aerazione e quindi è piuttosto facile prevedere le concentrazioni in uscita per i principali parametri sulla base dell'ossigeno fornito, come meglio dettagliato nei calcoli specialistici preliminari.

Considerando un abbattimento del 20% nei trattamenti preliminari, è lecito aspettarsi concentrazioni in uscita ed in generale percentuali di rimozione come quelle di seguito indicate:

Rese depurative		rimozione		uscita
BOD ₅ - COD	%	90-95	mg/l	10
BOD ₅ - COD	%	90-95	mg/l	30
Azoto ammoniacale	%	50-90	mg/l	8
SST	%	90-95	mg/l	30

Dato il carattere sperimentale del sistema, questo sarà sottoposto ad un monitoraggio iniziale per verificarne le rese depurative.

I parametri da analizzare sono i seguenti:

COD, TSS, NH₄-N, TN, NO₃, TP, Metalli pesanti (tipologie da decidere in fase di sperimentazione in base ad un primo screening, Oli e grassi, Idrocarburi Policiclici aromatici (IPA) totali.

Numero dei campioni anno da analizzare, tempi di prelievo, durata del monitoraggio saranno decisi successivamente all'elaborazione del progetto esecutivo, implementando apposito protocollo di sperimentazione in base alle prescrizioni ricevute e al budget a disposizione della stazione appaltante e/o del gestore.

I campioni in ingresso saranno prelevati all'inizio dell'evento meteorico, realizzando campioni compositi in base alla portata in arrivo in modo da caratterizzare al meglio le acque di prima pioggia; durante la fase di campionamento sarà misurata tramite strumenti di campo anche la portata in ingresso.

I campioni in uscita dal sistema a flusso libero saranno invece prelevati sempre con compositi che tengano conto della portata in uscita, a partire da un tempo di ritardo rispetto al campione iniziale stimato in base ai tempi di ritenzione del sistema filtrazione + flusso libero, dipendente dalla portata misurata in ingresso. A tal proposito saranno preparate curve indicatrici che leghino la portata in ingresso al tempo di ritenzione complessivo del sistema.

1.11.4 Cenni sulla gestione degli impianti e sui costi di esercizio

La gestione dell'impianto rimane piuttosto semplificata, pur avendo rispetto ai classici sistemi di fitodepurazione anche il sistema di insufflazione di aria che richiede un minimo di manutenzione; in ogni caso questo non dovrebbe preoccupare se si considera che il sistema viene realizzato contestualmente ad un depuratore a fanghi attivi, in cui la gestione dei sistemi di aerazione è pratica quotidiana.

Per quanto riguarda le vasche di fitodepurazione gli interventi si riducono al controllo delle specie arboree o arbustive mediante tecnica di allagamento controllato e/o estirpazione manuale da effettuare una o due volte l'anno soprattutto durante i primi anni di vita. Il regolare sfalcio delle macrofite dovrà essere effettuato la prima volta dopo tre anni dall'avvio dell'impianto. Successivamente si possono considerare uno sfalcio ogni due anni per il sistema a flusso sommerso.

Il sistema a flusso libero richiede invece una manutenzione più limitata per quanto riguarda le piante, in quanto in esso essendo un sistema umido la diffusione degli infestanti è assente; il sistema viene lasciato alla sua naturale evoluzione, senza prevedere sfalci periodici se non nelle zone a canneto qualora queste tendano a diffondersi troppo e tenendo pulite le sponde con interventi a cadenza annuale.

In generale quindi il **costo di manutenzione delle essenze vegetali** dei sistemi di fitodepurazione può essere assunto pari a 0.3 €/m² all'anno, e quindi pari a circa **1700 €/anno**.

I consumi elettrici per i sollevamenti sono i seguenti:

stazione di sollevamento iniziale:

presupponendo di sollevare ogni anno circa 1.400.000 m³ in modo da inviare quanto più possibile ai trattamenti preliminari, il tempo di accensione del gruppo di pompaggio è in

totale pari a circa 1000 h considerando la massima portata, e quindi ad un consumo di circa 35.000 KWh/anno (circa 5300 €/anno).

stazione di sollevamento per vasche di fitodepurazione:

presupponendo di sollevare ogni anno circa 550.000 m³, il tempo di accensione di ogni pompa è in totale pari a circa 1500 h e quindi ad un consumo di circa 13500 KWh/anno (circa 2000 €/anno). Si dovrà inoltre considerare il sollevamento di una portata minima per mantenere il sistema in buone condizioni ecologiche, fermo restando che i regimi pluviometrici della zona assicurano già di per se buone condizioni. In prima approssimazione una portata di 100 m³/giorno potrebbe essere più che sufficiente; considerando di pompare tale portata per circa 100 gg/anno durante i periodi di tempo secco e non immediatamente susseguenti a precipitazioni, si ottiene un massimo da pompare pari a 10.000 m³/anno, pari a ulteriori 250 KWh (circa 35 €) e quindi trascurabile.

La Potenza assorbita dalle soffianti è pari ad un massimo di circa 60 KW per eventi di tipo A e 30 KW per eventi di tipo B; il consumo atteso annualmente dipenderà dalla tipologia degli eventi meteorici e può essere stimato in circa 60 MWh/anno. Tali consumi saranno pari in totale a circa 9.000 €/anno.

I trattamenti preliminari hanno consumi energetici minimi; i sistemi di grigliatura hanno un motore da 1.5 KW cadauno che prevedibilmente potrà stare acceso circa 4 h durante ogni evento, quindi per un totale di 400 h all'anno e 1200 KW consumati.

Per quanto riguarda il sistema di dissabbiatura, si possono considerare consumi simili per l'estrazione delle sabbie (quindi pari a 1800 KW all'anno, considerando che ogni unità ha due coclee da 1.1 Kw); inoltre si deve considerare il consumo di aerazione, per il quale si assume un periodo medio di funzionamento pari a 12 h per evento, per complessive 1200 h/anno per macchina. Considerando che il consumo è di 2.2 KWh/unità, si ha un consumo annuo di circa 5300 KWh.

In totale i trattamenti preliminari hanno un consumo pari a non più di 8300 KWh/anno, per una spesa di 1200 €/anno.

In totale si hanno circa **17.800 €/anno per i consumi elettrici**, considerando anche i consumi dei trattamenti preliminari e delle altre utenze minori.

Per quanto riguarda la gestione ordinaria delle aree a verde:

- per le zone a verde naturalistico e verde elementare sarà di tipo estensivo, con sfalcio di aree a prato (3-4 operazioni/anno), irrigazione di soccorso, potature, manutenzione viabilità e opere di arredo (presenti in misura limitata). Costo parametrico: 0,40-0,60 €/m²;
- per le zone a verde fruitivo: la gestione ordinaria sarà di tipo intensivo, con sfalcio di aree a prato (6-8 operazioni/anno), irrigazione di soccorso, potature, manutenzione viabilità e opere di arredo (presenti in misura maggiore). Costo parametrico: 1,00-1,10 €/m².

Si è considerato quindi una gestione intermedia tra quella relativa al verde naturalistico e quella relativa al verde fruitivo, con un costo parametrico medio di 0,5 €/m².

La **gestione dell'area a verde** di pertinenza dell'impianto, non considerando le vasche di trattamento reflui, richiede di 3 interventi all'anno per il taglio del tappeto erboso lungo le sponde, i bordi, i piazzali e le aiuole tra le vasche, e per le operazioni di decespugliamento con attrezzatura meccanica e manuale e pulizia delle aree di impianto non raggiungibili dal mezzo sfalciente come i cigli, le aree prossime ad alberi, recinzioni, impianti, etc., con salvaguardia degli esemplari arborei o arbustivi presenti, in

concomitanza con gli interventi di sfalcio. Si possono considerare quindi per tale capitolo di spesa circa **3.000 €/anno**.

I **costi di gestione annuali del sistema di trattamento**, considerando anche i costi di manutenzione delle pompe ed eventuali interventi di manutenzione straordinaria (stimabili cautelativamente in 10.000 €/anno), ed i costi di smaltimento di grigliato e sabbie, possono essere stimati quindi in circa **36.800,00 €/anno**.

1.12 CRONOPROGRAMMA

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

Prog. Definitivo			48gg					
Approvazione			60gg					
Prog. Esecutivo			30gg					
Approvazione				15gg				
Affidamento				60gg				
Esecuzione						270gg		
Collaudo							90gg	

Figura 26 – Cronoprogramma

1.13 INDICAZIONI SULL'APPLICABILITÀ DEL D.LGS 81/2008

Il presente progetto preliminare ha per oggetto le opere di realizzazione di un sistema di trattamento delle acque di sfioro con tecniche di fitodepurazione.

Si prevede che le opere in progetto saranno realizzate da n. 2-3 imprese diverse trattandosi di opere di movimentazione del terreno, opere idrauliche-impiantistiche, opere a verde. Fognarie ed elettriche. È presumibile che i lavori abbiano una durata massima di circa **1900 u/g**.

I lavori di installazione delle condotte, dei pozzetti e per la formazione delle vasche comportano scavi a profondità maggiore di 1.5 metri ed in alcuni casi in presenza di acqua nello scavo.

Sono previsti inoltre anche lavori in alveo per la messa in sicurezza delle sponde del Lambro nell'area di intervento.

mentre per la posa in opera della vasca dissabbiatore si prevede uno scavo a profondità maggiore.

Non sono al momento individuati ulteriori rischi dovuti a servizi a rete interrati.

Poiché i lavori in questione saranno realizzati da più di una impresa, rientrano nel campo di applicazione del D.Lgs 81/2008. Sono necessari quindi il Piano di Sicurezza e Coordinamento e la Notifica Preliminare, in base alle disposizioni del D.Lgs. 494/96 come mod. dal D.Lgs. 528/99.

2. BIBLIOGRAFIA

Sistemi di fitodepurazione per acque di sfioro 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., Thoeye C., De Gueudre 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*.
- Claytor R.A., Schueler, T.R. 1996. "Design of stormwater filtering systems". *Center for Watershed Protection, Silver Spring, MD*.
- Clark S., Rovaneck 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; Schmitt 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 combinedsewerage systems using package plant and constructedwetland 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 Mulamoottil, 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 pounds" *Proceeding of Hydrastorm '98, 3rd 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 Forecaster, http://inflationdata.com/inflation/Inflation_Rate/HistoricallInflation.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.*
- Meyer D., Molle P., Esser D., Troesch S., Masi F., Dittmer U. (2013) *Constructed Wetlands for Combined Sewer Overflow Treatment—Comparison of German, French and Italian Approaches.* *Water.*; 5(1):1-12.
- 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 Constucted 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.

Web Pages:

The Friends of Alewife Reservation: www.friendsofalewifereservation.org.

The City of Elkhart: www.elkhartindiana.org

Australian Wetlands: www.wetlands.com.au/index.html

Hallam Wetlands: www.melbournewater.com.au/content/drainage_and_stormwater/

The Rouge River Project: www.rougeriver.com/cso/overview.html

Storm Water Management Planning and Design Manual 2003:
www.ene.gov.on.ca/envision.htm

Stormwater Center: www.stormwatercenter.net/

Ciria : www.ciria.org/suds/index.html

Lago Utterslev Copenhagen : www.rootzone.dk/item_28.html

Elkhart Wetlands : www.nd.edu/~engineer/publications/signatures/2005/overflow.html

Sistemi di fitodepurazione aerati

Clark, M.. 2012. *BNIA Engineered Wetlands Our Airports Stromwater Treatment System*.
http://aci-na.org/sites/default/files/clark_-_aci_wetlands_mrc_final.pdf

Higgins, J.P.. 1997. *Bioreactor Engineered Wetlands (BREW), an Economically Viable Alternative for Wastewater Treatment*. Ontario Ministry of the Environment and Energy Conference. Toronto. Nov. 1997.

Higgins, J., et al. 2010a. *The design & operation of a very large vertical sub-surface flow engineered wetland to treat spent deicing fluids and glycol-contaminated stormwater at Buffalo Niagara International Airport*. In: IWA. 12th IWA International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control – October 4-8, 2010 Venice Italy, Volume I. Palombi Editori. San Giovanni Valdarno. Pp. 449-456. ISBN 978-88-6060-300-5 http://www.naturallywallace.com/docs/35_Design%20Operation%20Spent%20Deicing%20Fluids%20Buffalo.pdf

Higgins, J., et al. 2010b. *Developing Engineered Stormwater Wetland technology to better manage stormwater runoff quality*. In: IWA. 12th IWA International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control – October 4-8, 2010 Venice Italy, Volume I. Palombi Editori. San Giovanni Valdarno. Pp. 457-464. ISBN 978-88-6060-300-5

Liner, M., Hallahan, F., D.. 2009. Article. *Treating glycol runoff from airport deicing operations*. CE NEWS. February 2009. pp. 36-40. <http://www.cenews.com/magazine-article-cenews.com-2-2009-treating-glycol-runoff-from-airport-deicing-operations-6353.html>

Wallace, S., Liner, M.. (2009) *Design and performance of the wetland treatment system at the Buffalo Niagara International Airport*.

http://www.naturallywallace.com/projects/docs/23_Design%20and%20Performance%20B NIA%2052011.pdf

Wallace, S., Liner, M.. *Underground Treatment Of Airport Deicing Fluid*.

http://naturallywallace.com/docs/102_Water%20Online%20Airport%20Deicing%20Fluid%20Treatment.pdf

Wallace, S.. 2001. *Treatment of cheese processing waste using subsurface flow wetlands*. http://www.naturallywallace.com/docs/55_TREATMENT-OF-CHEESE-PROCESSING-WASTE.pdf

Wallace, S.. 2004. *Engineered Wetlands Lead the Way*.

http://www.landandwater.com/features/vol48no5/vol48no5_1.html

Wallace, S., et al. 2006. *High-rate ammonia removal in aerated engineered wetlands*. In: IWA. 10th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control – september 23-29, 2006 Lisbon, Portugal, Volume I. PAC – Artes Graficas. Almada. pp. 255-262. ISBN 989-20-0361-6

Wallace, S.. 2009. Article. *Deicing in a green world, Using Engineered Wetlands for Stormwater Treatment*. Airport MAGAZINE. August/September 2009. pp. 16-17.

Wallace, S, et al.. 2011. *Long Term Hydrocarbon Removal Using Treatment Wetlands*. http://naturallywallace.com/docs/108_SPE%20145797%20Wallace%202011.pdf

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.

Paesaggio

Comune di Capiago Intimiano, 2007 – Piano delle Regole ex articoli 10 e 102 L.R. n°12/05. Comune di Capiago Intimiano.

Del Favero R. (a cura di), 2002 - I tipi forestali della Lombardia. Regione Lombardia, Direzione Generale Agricoltura.

ERSAF (Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste della Regione Lombardia), 2003 – Guida per la scelta della pianta in vivaio. www.ersaf.lombardia.it

Pignatti S. (a cura di), 1982 – Flora d'Italia. Edagricole, Bologna.

Provincia di Como, 2006 - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale. www.provincia.como.it

Regione Lombardia, 2003 – Quaderno per la gestione del verde pubblico. Aree verdi marginali di pianura. Regione Lombardia e Fondazione Minoprio.

Regione Lombardia, 2007 - Direttiva sull'impiego dei materiali vegetali vivi negli interventi di ingegneria naturalistica in Lombardia. D.g.r. n° VII/29567 del 01.07.1997. www.regione.lombardia.it

Regione Lombardia, 2008 – Piano Paesaggistico. Piano Territoriale Regionale. Regione Lombardia.