




ENTE ATTUATORE	 <h1>PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO</h1> <p>Via Veneto, 19 - 20844 Triuggio (MB) - Tel. 0362970961-997137 - Fax 0362997045 L.R. 16-09-83 N. 82 web: www.parcovalldelambro.it - web: www.progettolambro.it</p>		
	 <p>PROGETTO LIFE+2011 LIFE11 ENV/IT/004</p>	 <p>fondazione cariplo</p>	<p>BANDO FONDAZIONE CARIPLO 2011</p>

PROFESSIONISTI INCARICATI E GRUPPO DI LAVORO	<p><i>PROGETTAZIONE GENERALE, ASPETTI IDRAULICI:</i></p> <div>    </div> <p>Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI Dott. Ing. CRISTINA GIUSEPPINA PASSONI</p>		
	<p><i>PROGETTAZIONE GENERALE:</i></p> <p>Dott. Ing. MASSIMO SARTORELLI</p>	<p><i>PROGETTAZIONE GENERALE:</i></p> <p>Dott. Ing. ROBERTO BENDOTTI</p>	<p><i>ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI:</i></p> <p>Dott. Geol. PAOLO DAL NEGRO</p>
	<p><i>ASPETTI GEOLOGICI:</i></p> <p>Dott. Geol. BARBARA BOCCA</p>	<p><i>ASPETTI FORESTALI E VEGETAZIONALI:</i></p> <p>Dott. For. SILVIA CLERICI</p>	<p><i>ASPETTI COMPONENTE BIOTICA:</i></p> <p>Dott. ANDREA ROMANO'</p>
	<p>REDAZIONE</p> <p>M. Sartorelli</p>	<p>VERIFICA</p> <p>C. G. Passoni</p>	<p>APPROVAZIONE</p> <p>A. Paoletti</p>

DESCR. ELABOR.	FASE PROGETT.	OPERA	<h2>AFFINAMENTO DEPURATIVO A VALLE DEL DEPURATORE IN COMUNE DI NIBIONNO</h2> <h3>PROGETTO DEFINITIVO</h3> <p>NOVEMBRE 2014</p> <h4>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA DEGLI INTERVENTI DI AFFINAMENTO DEPURATIVO</h4>			
Revisioni	1					
	2					
Numero elaborato	TIPOLOGIA	COMMESSA	DOCUMENTO	NUMERO		
	PD	P065-14	RT	B.01.00		



INDICE

1.	PREMESSA.....	1
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE GENERALE	2
3.	ATTUALE SISTEMA DI DEPURAZIONE CONVENZIONALE.....	3
3.1	INTRODUZIONE.....	3
3.2	SCHEMA ATTUALE DELL’IMPIANTO CONVENZIONALE E INTERVENTI PREVISTI NEL BREVE PERIODO DI MIGLIORAMENTO/ADEGUAMENTO	3
3.2.1	Descrizione sintetica dell’attuale impianto di depurazione	3
3.2.2	Prestazioni dell’impianto	6
3.2.3	Acque di pioggia.....	7
4.	SISTEMI DI TRATTAMENTO DEI REFLUI CON FITODEPURAZIONE.....	9
4.1	GENERALITÀ	9
4.2	PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO	9
4.3	MECCANISMI DI RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI	11
4.4	TIPOLOGIE D’IMPIANTO	12
4.5	SISTEMI A FLUSSO SUPERFICIALE (SF, SURFACE FLOW).....	13
4.6	ESEMPI REALIZZATIVI DI ECOSISTEMI FILTRO IN LOMBARDIA	16
5.	IL SISTEMA DI AFFINAMENTO IN PROGETTO	21
5.1	CARATTERISTICHE GENERALI E SCHEMA D’IMPIANTO	21
5.2	BACINO NORD.....	22
5.3	BACINO SUD.....	23



INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Inquadramento territoriale dell'area	2
Figura 2: schema flusso tipo di un impianto come quello di Nibionno	4
Figura 3: esempi di principali macrofite acquatiche	14
Figura 4: Sintesi degli interventi realizzati visto da immagine satellitare (fonte: Google Eart®).....	17
Figura 5: intervento realizzato visto da immagine satellitare (fonte: Google Eart®).....	19
Figura 6: Schema concettuale del sistema di affinamento	21



RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA DEGLI INTERVENTI DI AFFINAMENTO DEPURATIVO

1. PREMESSA

Il presente documento riguarda la relazione tecnica illustrativa del Progetto Definitivo inerente la descrizione degli interventi di affinamento mediante fitodepurazione delle acque in uscita del depuratore da Nibionno.

Il progetto definitivo ha recepito le indicazioni del progetto preliminare, apportando alcune modifiche; in particolare si è tenuto conto delle opere di adeguamento previste dell'impianto che non sono ancora state realizzate ma che rientrano in un progetto esecutivo esistente con Permesso di Costruire (pratica edilizia n. 54/2007 prot. n. 821) rilasciato dal Comune di Nibionno, i cui manufatti vengono riportati negli elaborati progettuali e hanno costituito dunque elementi vincolanti del progetto. Alla luce di tali miglioramenti è stato osservato come permanerebbe la problematica delle acque di pioggia del collettore di Lurago-Lambrugo, per il quale non è previsto alcun adeguamento rispetto alle modalità di scarico delle acque di pioggia previste dal PTUA e dal Regolamento Regionale n.3 del 24/03/2006. A tal proposito la vasca nord è stata progettata per trattare anche le portate in arrivo dallo sfioratore di emergenza, prevedendone un trattamento di grigliatura preliminare e poi un affinamento all'interno del bacino.

Inoltre, il progetto definitivo prevede la realizzazioni di opere di difesa spondale (scogliere in massi) in corrispondenza dei due bacini; data la loro localizzazione in prossimità delle scarpate fluviali, tali scogliere sono state progettate mantenendo le quote dell'attuale piano campagna così da non interferire con le fascia PAI. Come riportato nello Studio di fattibilità ambientale e nella relazione paesaggistica (allegato B.03) parte delle aree coinvolte dai futuri bacini di affinamento ricadono infatti all'interno della fascia B del PAI e perciò soggetta a limitazioni.



2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE GENERALE

Gli interventi di progetto sono situati nel Comune di Nibionno (LC), al confine con il Comune di Inverigo (CO). L'intervento è localizzato in aree limitrofe al depuratore di Nibionno, in sponda sinistra del 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. In particolare l'impianto di Nibionno si trova a meno di un chilometro a valle dalla confluenza della Bevera di Tabiago in sinistra idraulica del Lambro.

Le aree limitrofe sono caratterizzate dalla presenza di diversi laghetti di cava, ubicati in sponda orografica destra.

Figura 1: Inquadramento territoriale dell'area



L'ambito d'intervento è inserito in aree di pertinenza dell'impianto di depurazione esistente, caratterizzate dalle fasce fluviali naturali e/o pseudo-naturali vegetate che costeggiano il Lambro. In questo tratto il fiume presenta un alveo a sponde naturali, caratterizzate da una vegetazione riparia spontanea, rappresentata da specie autoctone, ecologicamente compatibili



con i luoghi, quali i saliceti, e anche specie alloctone, rappresentate dai robinieti.

Sulla sponda sinistra fluviale, in un'ansa del fiume, è presente il depuratore di Nibionno che recapita nel fiume Lambro, sia le acque provenienti dallo scaricatore ordinario, che le acque di sfioro dello scaricatore di testa del depuratore. Tali acque, non subendo alcun trattamento di depurazione, contribuiscono in maniera significativa all'apporto di inquinanti nel corpo idrico soprattutto per quanto riguarda i carichi di BOD₅, solidi sospesi, azoto ammoniacale e tensioattivi. Nei periodi di pioggia la contemporanea presenza delle acque sversate dallo sfioratore di testa del depuratore e di quelle dell'effluente ordinario contribuiscono significativamente all'apporto di sostanza organica nel Fiume Lambro.

3. ATTUALE SISTEMA DI DEPURAZIONE CONVENZIONALE

3.1 INTRODUZIONE

L'impianto di depurazione di Nibionno ha una potenzialità di progetto di circa 30.000 Abitanti Equivalenti. I liquami afferenti all'impianto sono convogliati da tre distinti collettori intercomunali:

- collettore a servizio dei Comuni di Nibionno, Cassago B.za, Bulciago, Barzago, Barzanò, Sirtori e Cremella che raggiunge l'impianto totalmente per gravità.
- collettore a servizio dei Comuni di Lurago d'Erba e Lambrugo, oltre alle frazioni di Camisasca (Costamasnaga), Carpanea (Inverigo), Tabiago e Cibrone (Nibionno). Tali reflui raggiungono la stazione di pompaggio interna all'impianto, ove sono sollevati al trattamento di depurazione.
- collettore a servizio di una parte del Comune di Inverigo e della Frazione Gaggio del Comune di Nibionno. Tale collettore trova recapito nella stazione di pompaggio ubicata in Località Gaggio, da dove i reflui sono sollevati al trattamento di depurazione.

I tre collettori confluiscono in un manufatto a monte del canale di grigliatura ove esiste uno scaricatore di emergenza e di by-pass dell'impianto.

3.2 SCHEMA ATTUALE DELL'IMPIANTO CONVENZIONALE E INTERVENTI PREVISTI NEL BREVE PERIODO DI MIGLIORAMENTO/ADEGUAMENTO

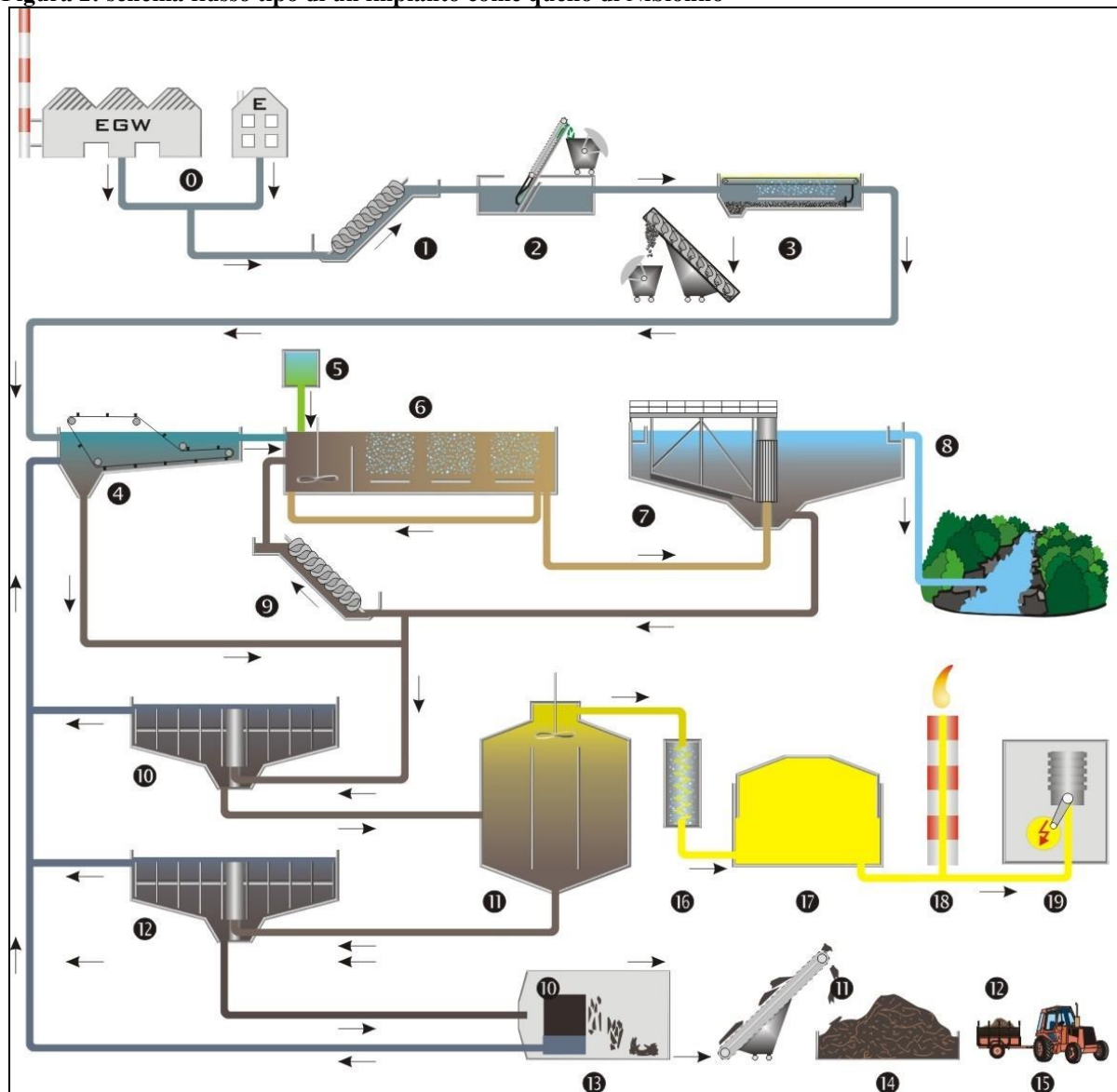
3.2.1 Descrizione sintetica dell'attuale impianto di depurazione

L'impianto è strutturato su due linee acque parallele (con l'esclusione dei trattamenti di

dissabbiatura, denitrificazione biologica, e disinfezione finale), aventi ciascuna potenzialità di 15.000 Abitanti Equivalenti. La linea fanghi è singola. Il sistema di trattamento delle acque del depuratore di Nibionno prevede i seguenti trattamenti (Figura 2):

- grigliatura fine meccanica (2);
- dissabbiatura – disoleatura (3);
- sedimentazione primaria (4);
- trattamenti biologici (6): che si dividono in pre-denitrificazione ed ossidazione/nitrificazione biologica;
- sedimentazione secondaria (7);
- disinfezione dell’effluente.

Figura 2: schema flusso tipo di un impianto come quello di Nibionno





I microrganismi cresciuti a seguito della metabolizzazione delle sostanze organiche, il cosiddetto "fango di supero", sono allontanati dal sistema depurativo e smaltiti nel seguente modo:

- preispessimento (10);
- digestione anaerobica (11) (fuori servizio);
- accumulo di biogas – combustione delle eccedenze (fuori servizio)
- postispessimento (12);
- disidratazione meccanica (13).

In ragione della particolare disposizione della linea fanghi dell'impianto di Nibionno è stato installato un impianto di biofiltrazione.

I principi su cui si basa l'azione del biofiltro sono in via generale analoghi a quelli utilizzati nei processi di trattamento biologico delle acque reflue; anche questi sistemi, infatti, prevedono lo sfruttamento di un largo spettro di microrganismi (batteri, attinomiceti e funghi) in grado di metabolizzare, attraverso una serie di reazioni biologiche (ossidazione, riduzione ed idrolisi) i composti naturali e di sintesi, inorganici (H_2S e NH_3), organici (acidi, alcoli, idrocarburi, ecc.), presenti nei reflui gassosi che li attraversano.

Attualmente sono previste delle opere di adeguamento dell'impianto che riguardano essenzialmente:

- A. l'inserimento della fase di filtrazione finale per l'abbattimento dei SST e la frazione ad essa associata del BOD_5 ;
- B. l'adeguamento del bacino di clorazione che, sin dalla sua realizzazione, è risultato essere sottodimensionato;
- C. il controllo del notevole afflusso di acque meteoriche in occasione delle precipitazioni atmosferiche, con inserimento di una vasca di accumulo delle acque di pioggia;
- D. l'abbattimento del Fosforo Totale ai fini dell'adeguamento ai nuovi limiti previsti dal PTUA, che ha definito l'intero bacino del Po area sensibile ai sensi dell'art. 18 del D.Lgs n°152/99, ora D.Lgs n°152/06 (vedi anche Regolamento Regionale 24 marzo 2006 – n°3);
- E. adeguamento degli impianti elettrici per l'alimentazione ed il controllo delle apparecchiature da installare per gli interventi sopra indicati.

Altra criticità segnalata e riscontrata dai dati per l'impianto di depurazione di Nibionno è



rappresentata dal notevole afflusso di acque meteoriche in occasione di precipitazioni atmosferiche, anche di non particolare entità. Tale circostanza comporta scompensi, non solo di tipo idraulico, ma anche al processo di depurazione biologica.

Pertanto, nell'ambito del progetto di adeguamento è stato previsto il controllo dell'afflusso di acque meteoriche, con inserimento di una vasca di accumulo delle acque di pioggia sul collettore che raccoglie i reflui dei Comuni di Nibionno, Cassago B.za, Bulciago, Barzago, Barzanò, Sirtori e Cremella e raggiunge l'impianto totalmente per gravità.

3.2.2 Prestazioni dell'impianto

Acque reflue domestiche

Attualmente l'impianto tratta una portata media di circa 15.500 mc/giorno. Le concentrazioni del refluo in ingresso e dell'effluente in uscita sono riportate nelle prime due colonne della tabella che segue (dati mediati su 4 anni di misurazioni dal 2010 al 2013). A seguito degli adeguamenti impiantistici previsti, in particolare una fase di filtrazione finale, l'adeguamento della bacino di clorazione, un vasca di accumulo delle acque di pioggia in arrivo dal collettore di Nibionno Bulciago ed un adeguamento degli impianti elettrici, le concentrazioni medie dell'effluente previste saranno quelle indicate nella terza colonna. Come si può osservare tutte le concentrazioni limite previste per legge (Regolamento Regionale 24 Marzo 2006 n.3 Tab. 5) vengono già attualmente rispettate; l'adeguamento tecnologico consentirà infatti soprattutto una migliore efficienza nella rimozione dei solidi sospesi e del fosforo ad essi adsorbito (come si osserva attualmente quest'ultimo rimane appena al di sotto del limite di legge).

Tabella 1: concentrazioni in ingresso ed uscita per le acque reflue domestiche

REFLUE DOMESTICHE	INGRESSO	USCITA ATTUALE	USCITA FUTURA
BOD₅ [mg/L] O ₂	121,93	16,57	< 25,00
COD [mg/L] O ₂	405,18	69,30	< 125,00
Solidi sospesi totali [mg/L]	190,38	25,99	< 35,00
Fosforo totale [mg/L] P	3,85	1,51	< 2,00
Azoto ammoniacale [mgN-NH ₄ /L]	18,80	0,77	n.d.
Azoto nitroso [mgN-NO ₂ /L]	0,08	0,11	n.d.
Azoto nitrico [mgN-NO ₃ /L]	0,49	6,62	n.d.



REFLUE DOMESTICHE	INGRESSO	USCITA ATTUALE	USCITA FUTURA
Azoto totale [mgN/L]	28,01	10,23	< 15,00
Tensioattivi totali [mg/L]	21,68	2,66	n.d.

3.2.3 Acque di pioggia

Il problema delle acque di pioggia drenate dalla rete fognaria mista è piuttosto complesso ed ancora oggetto di numerosi studi ed elaborazioni. La sua peculiarità consiste nel fatto che, a differenza delle acque reflue urbane, le concentrazioni degli inquinanti, la loro tipologia e le portate affluenti dagli eventi meteorici che dilavano le superfici drenate sono difficilmente prevedibili e molto variabili nel tempo e nello spazio. In linea generale:

- 1) le concentrazioni di picco di solidi sospesi e di COD e BOD₅ sono elevate e comparabili a quelle di un refluio domestico urbano;
- 2) le concentrazioni di picco di azoto totale ed ammoniacale e di fosforo sono invece molto simili o addirittura inferiori a quelle di un refluio domestico urbano;
- 3) nelle acque di dilavamento si ritrovano talune sostanze difficilmente rinvenibili in ordinarie acque reflue urbane, come alcuni metalli (Zn, Cu, Pb, Ni, V, Cr, Cd) e idrocarburi;
- 4) in linea generale si osserva che il picco dell'andamento delle concentrazioni (detto pollutogramma) è anticipato rispetto al picco dell'idrogramma di piena. Questo significa fondamentalmente che la maggior parte degli inquinanti viene dilavata nella parte ascendente dell'onda: questo fenomeno è denominato first foul flush.

Il depuratore di Nibionno 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 ad un massimo di 1.250 m³/h, con un surplus disponibile di circa 574 m³/h rispetto alla massima delle portate reflue urbane. L'eccesso viene riversato nel corpo recettore, il Lambro, dal sistema di sfioratori sui collettori di alimentazione. Si consideri che la massima portata di pioggia ammessa all'impianto può arrivare a 1.500 m³/h (contro i 1.250 m³/h da progetto) utilizzando in parallelo la linea di grigliatura di emergenza.

L'adeguamento dell'impianto di Nibionno prevede la futura realizzazione di una vasca di accumulo delle acque di pioggia a servizio del collettore Nibionno-Bulciago; tale vasca verrà dimensionata in modo da addurre direttamente alla depurazione, senza preventiva raccolta nella vasca di accumulo, la portata nera diluita, secondo il criterio dell'apporto pro-capite di



750 litri per abitante equivalente giorno, uniformemente distribuito nelle 24 ore. In questo modo si avrà un potenziamento dei volumi delle portate depurate in arrivo dal collettore di Nibionno-Bulciagio, che andranno dagli attuali 325 m³/h ai 484 m³/h, che corrispondono ad un apporto pro-capite di 503 l/AEg contro i 750 l/AEg.



4. SISTEMI DI TRATTAMENTO DEI REFLUI CON FITODEPURAZIONE

4.1 GENERALITÀ

In ambito internazionale gli impianti di fitodepurazione sono sistemi appositamente progettati e realizzati per ricostituire, in un dato ambiente, un'area umida nella quale avvengano processi di fitodepurazione. Le tipologie realizzative sono molte e dipendono dalle finalità del trattamento (trattamento secondario o affinamento) e dalle caratteristiche delle acque reflue in ingresso; inoltre, ciascuna tipologia può essere adattata allo specifico ambito territoriale in cui viene inserita, sia relativamente alle caratteristiche stazionali dei luoghi, sia rispetto alle caratteristiche ambientali e naturalistiche, ad esempio valutando anche la colonizzazione di tali ambienti da parte della fauna locale ricreando anche delle zone che costituiscano habitat preferenziali per alcune specie.

Rispetto alle aree umide naturali, gli impianti appositamente realizzati e opportunamente dimensionati, permettono di ottenere maggiori e più efficienti rendimenti depurativi: in base alle portate in ingresso e conoscendo il carico inquinante dei reflui, il progettista dimensiona e adotta la tipologia di impianto più consona per ottenere il miglior rendimento dei diversi processi fitodepurativi.

Dato che in tali sistemi la vegetazione acquatica riveste un ruolo importante, dovranno essere tenute in considerazione le caratteristiche ecologiche e fisiologiche delle specie impiegate, e inoltre le condizioni stazionali (condizioni meteorologiche, altitudine, esposizione, etc.) che possono influire positivamente o negativamente sulla produttività della vegetazione e dunque sui rendimenti depurativi del sistema.

Oltre ad assolvere alla **principale funzione di depurazione delle acque**, gli ecosistemi filtro possono anche costituire **un'occasione per riqualificare ambiti territoriali degradati, o comunque ben si inseriscono in contesti naturali, anche di particolare pregio ambientale, come la realtà dei parchi**. Gli aspetti funzionali sono fortemente integrati con gli aspetti naturalistici e paesaggistici legati alla presenza di un ambiente umido favorendo, come citato, la colonizzazione di biocenosi animali e vegetali che danno vita a un vero e proprio ecosistema.

4.2 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

La fitodepurazione è un naturale processo di depurazione che avviene nelle aree umide naturali dove, ad opera di organismi animali e/o vegetali presenti nel suolo e nelle acque, si



attuano meccanismi di depurazione naturale attraverso processi fisici, chimici e biologici (filtrazione, assorbimento, assimilazione da parte degli organismi vegetali e degradazione batterica).

L'impiego dei sistemi naturali si basa, quindi, sulla capacità autodepurativa di questi ambienti. Il **suolo**, oltre a costituire il supporto della vegetazione, svolge attivamente un'azione di filtrazione meccanica e chimica. Esso rappresenta un complesso sistema di competizione biologica nei confronti delle cariche batteriche presenti nei reflui; inoltre componenti quali le argille hanno una grande capacità di adsorbimento di alcuni composti quali il fosforo e l'azoto ammoniacale.

La **microfauna** del terreno degrada il carico organico presente nel refluo (processi quali rimozione del carbonio, nitrificazione dell'azoto ammoniacale, denitrificazione dell'azoto nitrico) trasformandolo in nutrienti disponibili per le specie vegetali del sistema.

La **vegetazione**, attraverso l'apparato radicale, apporta ossigeno in profondità (permettendo lo svolgersi dei processi degradativi ossidativi), assorbe nutrienti dal terreno, riducendone la concentrazione nelle acque in uscita, e, attraverso i meccanismi di evapotraspirazione, riduce il quantitativo totale delle acque che comunque vengono scaricate nell'ambiente esterno.

Nel caso venga impiegata la componente vegetale, le piante utilizzate sono le idrofite: esse possono essere emergenti, sommerse o galleggianti, differenziando così la tipologia del sistema naturale di fitodepurazione. In tale caso gli inquinanti vengono trasformati in nutrienti e successivamente in biomassa vegetale, tramite assimilazione a livello radicale.

Il campo d'impiego dei sistemi i fitodepurazione riguarda principalmente il trattamento secondario dei reflui già parzialmente depurati, o l'affinamento finale delle acque, per migliorare la qualità biologica dell'effluente che deriva da:

- **Reflui di origine civile:** è il trattamento ideale per piccole comunità aventi potenzialità inferiore a 2000 Abitanti Equivalenti e con carichi fluttuanti stagionalmente; per potenzialità maggiore, anche di migliaia di abitanti equivalenti, viene impiegato esclusivamente come trattamento di affinamento;
- **Aziende zootecniche:** trattamento adatto per i reflui di lettiera e sala mungitura;
- **Utenze con reflui assimilabili ai civili** (di natura organica) ubicate in aree non servite da pubblica fognatura: bar, ristoranti, agriturismi, campeggi, sale da ballo.

Nel rispetto della norma e nel valutare la soluzione ottimale, vengono presi in esame i diversi sistemi naturali che prevedono il trattamento naturale delle acque reflue e che comportano, per piccole utenze con carichi inquinati fluttuanti nel tempo, una serie di vantaggi riassumibili



in:

- elevata capacità depurativa della parte organica biodegradabile e affinamento complessivo del refluo;
- costi di realizzazione contenuti;
- costi di gestione estremamente contenuti e limitati allo sfalcio periodico delle macrofite acquatiche (ove necessario);
- facilità con cui le macrofite attecchiscono e si adattano ai climi temperati (per es. nelle nostre zone colonizzano abitualmente canali di scolo e di drenaggio);
- impatto ambientale ridotto: i bacini di fitodepurazione possono costituire parte integrante di un ecosistema;
- Flessibilità alle fluttuazioni stagionali di carico inquinante dovute, per esempio, al turismo.

Gli svantaggi sono soprattutto dovuti a:

- elevata richiesta di superficie;
- grande variabilità delle caratteristiche qualitative in uscita con rendimenti depurativi inferiori nella stagione invernale (basse temperature dei reflui);
- limitato abbattimento dei nutrienti (buoni rendimenti sono ottenibili soltanto impiegando superfici molto estese);
- possibili problemi igienico-sanitari dovuti allo sviluppo di insetti.

4.3 MECCANISMI DI RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI

I processi depurativi attivi nei trattamenti di fitodepurazione nei confronti delle diverse forme di inquinamento sono spesso complessi e variegati.

Essi avvengono attraverso una varietà di processi biologici, chimici e fisici che concorrono in diversa misura sul destino di ogni inquinante. Ogni processo, non solo costituisce il principale metodo di depurazione di un particolare inquinante, ma può svolgere un effetto secondario o incrementale su altri. Un esempio è la sedimentazione che ha un effetto primario sui solidi sedimentabili, uno secondario sui solidi sospesi ed uno incrementale sul BOD, sull'azoto, sul fosforo, sui metalli pesanti, sulle sostanze organiche refrattarie, sui batteri e virus (Tabella 2).



Tabella 2: Schematizzazione dei meccanismi di rimozione degli inquinanti

Meccanismi di rimozione	Solidi sedimentabili	Solidi sospesi	BOD	Azoto	Fosforo	Metalli pesanti	Organiche refrattarie	Batteri e virus	Descrizione
FISICI									
Sedimentazione	P	S	I	I	I	I	I	I	Sedimentazione gravitazionale di solidi in stagni/paludi di sedimentazione
Filtrazione	S	S							Particolato rimosso meccanicamente dal passaggio dell'acqua attraverso il substrato, gli apparati radicali o i pesci
Adsorbimento		S							Forze d'attrazione interparticellare (forze di Van der Waals)
CHIMICI									
Precipitazione				P	P				Formazione di composti insolubili o coprecipitazione
Adsorbimento				P	P	S			Adsorbimento su substrato e sulla superficie radicale
Decomposizione						P		P	Decomposizione o alterazione de composti più stabili per ossidazione e riduzione
BIOLOGICI									
Metabolismo batterico		P	P	P			P		Rimozione di solidi colloidali e organici solubili da parte di batteri sospesi, bentici e aggregati alle piante. Nitrificazione e denitrificazione batterica
Matabolismo delle piante							S	S	Assunzione e metabolizzazione di composti organici da parte delle piante. La secrezione della radici può essere tossica per microrganismi di derivazione enterica
Assorbimento della pianta				S	S	S	S		In particolari condizioni, significative quantità di questi contaminanti saranno rimossi dalle piante
Decadimento naturale								P	Decadimento naturale di organismi in condizioni ambientali sfavorevoli
Legenda tabella: P = effetto primario ; S = effetto secondario ; I = effetto incrementale causato dalla rimozione di un altro inquinante									

4.4 TIPOLOGIE D'IMPIANTO

I sistemi naturali richiedono ampie superfici e questa è certamente una delle cause per cui nel territorio italiano, se si escludono alcune eccezioni, non sono frequentemente adottati.

L'adozione della fitodepurazione trova applicazione tramite diverse tipologie di realizzazione, in cui vengono ricreati artificialmente habitat naturali. In base alla **modalità** ed alla **direzione di scorrimento dell'acqua** esse si possono suddividere in:

- sistemi a flusso superficiale (SF, Surface Flow);
- sistemi a flusso sub-superficiale orizzontale (H-SSF, Horizontal Sub-Surface Flow);
- sistemi a flusso sub-superficiale verticale (V-SSF, Vertical Sub-Surface Flow);
- sistemi integrati che prevedono l'impiego delle diverse tipologie combinate.



Un'altra e ulteriore suddivisione riguarda le diverse **idrofiti** utilizzate:

- sistemi a macrofite galleggianti;
- sistemi a macrofite radicate sommerse;
- sistemi a macrofite radicate emergenti;
- sistemi a microalghe;

A valle di impianti di depurazione “convenzionale” la soluzione adottata prevede un sistema di fitodepurazione **a flusso superficiale** delle acque (SF, Surface Flow), che come descritto nel paragrafo seguente rappresenta un vero e proprio **ecosistema filtro**.

4.5 SISTEMI A FLUSSO SUPERFICIALE (SF, SURFACE FLOW)

Prima di descrivere la soluzione di progetto, viene di seguito presentato un quadro conoscitivo riguardo gli ecosistemi filtro, in merito alla loro capacità intrinseca di depurare le acque e alla valenza naturalistica che tali sistemi naturali rivestono nel contesto territoriale in cui sono inseriti.

Nel caso specifico, l'ecosistema filtro è un ambiente umido, dunque un ecosistema acquatico, assimilabile ad un bacino lacustre o a un canale, le cui sponde e/o parte del bacino/canale stesso sono colonizzati da diverse tipologie di vegetazione acquatica. Gli elementi caratterizzanti sono dunque la vegetazione acquatica, il volume di acqua immagazzinabile, il substrato pedologico (in cui si accresce la vegetazione e su cui insiste la microflora) e la microfauna batterica. In questa situazione, sia essa un ambiente umido naturale o realizzato appositamente, ad opera degli organismi animali e vegetali presenti nel suolo e nelle acque, si attuano meccanismi di depurazione naturale attraverso una combinazione di processi fisici, chimici e biologici. I processi più importanti riguardano la sedimentazione, la precipitazione, l'adsorbimento, l'assimilazione da parte delle piante e l'attività microbica.

Rispetto alle aree umide naturali, tali impianti, opportunamente dimensionati, permettono di ottenere maggiori e più efficienti rendimenti depurativi: in base alle portate in ingresso e conoscendo il carico inquinante dei reflui, il progettista dimensiona e adotta la tipologia di impianto più consona per ottenere il miglior rendimento dei diversi processi fitodepurativi.

Dato che in tali sistemi la vegetazione acquatica riveste un ruolo importante, dovranno essere tenute in considerazione le caratteristiche ecologiche e fisiologiche delle specie impiegate, e inoltre le condizioni stazionali (condizioni meteorologiche, altitudine, esposizione, etc.) che possono influire positivamente o negativamente sulla produttività della vegetazione e dunque sui rendimenti depurativi del sistema.



Figura 3: esempi di principali macrofite acquatiche



Cannuccia di palude



Mazzasorda



Giaggiolo



Nymphoides peltata



Ninfea bianca



Ninfea gialla

La documentazione fotografica precedentemente esposta, presenta alcune delle principali macrofite acquatiche autoctone che vengono comunemente impiegate negli impianti di fitodepurazione. Nello specifico, i maggiori rendimenti depurativi sono ottenuti con l'impiego della Cannuccia di palude (*Phragmites australis*) e della Mazzasorda (*Typha latifolia*).

Come accennato in premessa, gli ecosistemi filtro “costruiti”, oltre ad assolvere alla principale funzione di depurazione delle acque, possono anche costituire un'occasione per riqualificare



ambiti territoriali degradati, o comunque alterati nel loro assetto naturale. Gli aspetti funzionali sono fortemente integrati con gli aspetti naturalistici e paesaggistici legati alla presenza di un ambiente umido, favorendo la colonizzazione di biocenosi animali e vegetali che danno vita a un vero e proprio ecosistema.

Le aree più idonee all'impiego dei processi di fitodepurazione sono infatti quelle agricole, quelle marginali e quelle seminaturali. Qualora localizzate in aree umide degradate, tali sistemi attuano, oltre ad una riqualificazione ambientale dei luoghi, una buona integrazione con le funzioni autodepurative dell'ambiente naturale presente. La loro realizzazione costituisce dunque un'importante occasione per la riqualificazione e il ripristino di zone umide degradate o per il recupero di zone abbandonate. Quest'ultimo aspetto diventa rilevante soprattutto nel momento in cui si opera in ambiti territoriali particolari, come i parchi, dove le problematiche ambientali sono particolarmente sentite e rivestono un ruolo prioritario nella programmazione dei diversi interventi sul territorio.

Un ecosistema filtro, tenendo in considerazione anche la valenza naturalistica di un ambiente umido, proprio per la potenziale ricchezza biologica che un ecosistema acquatico offre, potrà essere realizzato valorizzando anche tale aspetto naturalistico, senza ridurre la capacità del sistema di depurare le acque; ad esempio, la realizzazione di un bacino di affinamento, può essere assimilabile ad un laghetto naturaliforme, quindi colonizzato da numerose specie vegetali, mediante sponde mosse e con pendenze aggragate, in modo tale da disporre le diverse macrofite acquatiche secondo le specifiche esigenze di battente idrico e le caratteristiche morfologiche della specie (idrofite radicate emergenti, idrofite radicate galleggianti, idrofite radicate sommerse e idrofite liberamente galleggianti) aumentando, non solo la diversificazione vegetazionale ma anche l'efficienza depurativa da parte della vegetazione. La diversificazione di habitat vegetazionali attira inoltre, un maggior numero di specie faunistiche (sia fauna anfibia che avifauna), ognuna delle quali colonizzerà l'ambito che meglio si confà alle specifiche esigenze trofiche e riproduttive.

La realizzazione di un ecosistema filtro, che integri le funzioni di fitodepurazione con gli aspetti naturalistici propri di una zona umida, costituisce un ambiente sicuramente interessante per finalità didattico/ambientali: a fianco alla gestione dell'impianto, è quindi interessante affiancare un'attività di monitoraggio ambientale sull'evoluzione dell'area umida, come nel tempo essa si inserisce nel territorio circostante e come essa viene naturalmente colonizzata da altre biocenosi, diventando un elemento peculiare e caratterizzante del paesaggio.



I sistemi a flusso superficiale rappresentano la tipologia prevalente, maggiormente applicata in ambito internazionale. Sono costituiti da un sistema di lagune (bacini, di canali a bassa profondità) ad estensione variabile, in cui vengono coltivate idrofite galleggianti (ad esempio *Lemna* spp.), sommerse (come *Potamogeton* spp.) o emergenti (ad esempio *Phragmites australis*). I bacini vengono colonizzati da una grande varietà di organismi, originando un sistema di comunità con un discreto grado di efficienza autodepurativa, e allo stesso tempo, operano una riqualificazione dell'ambiente, mediante la formazione di una zona umida che nel breve tempo dà vita a un ricco ecosistema, naturalmente colonizzato dalla vegetazione tipica delle acque lentiche e dalla fauna anfibia.

È certamente il sistema di depurazione naturale più diffuso in ambito mondiale e viene impiegato sia come trattamento secondario, che come sistema di affinamento/stoccaggio di impianti convenzionali.

4.6 ESEMPI REALIZZATIVI DI ECOSISTEMI FILTRO IN LOMBARDIA

Di seguito si riportano due esempi di ecosistemi filtro realizzati e funzionanti a servizio di impianti di depurazione convenzionali e aventi caratteristiche assimilabili all'impianto previsto in progetto per il depuratore di Nibionno.

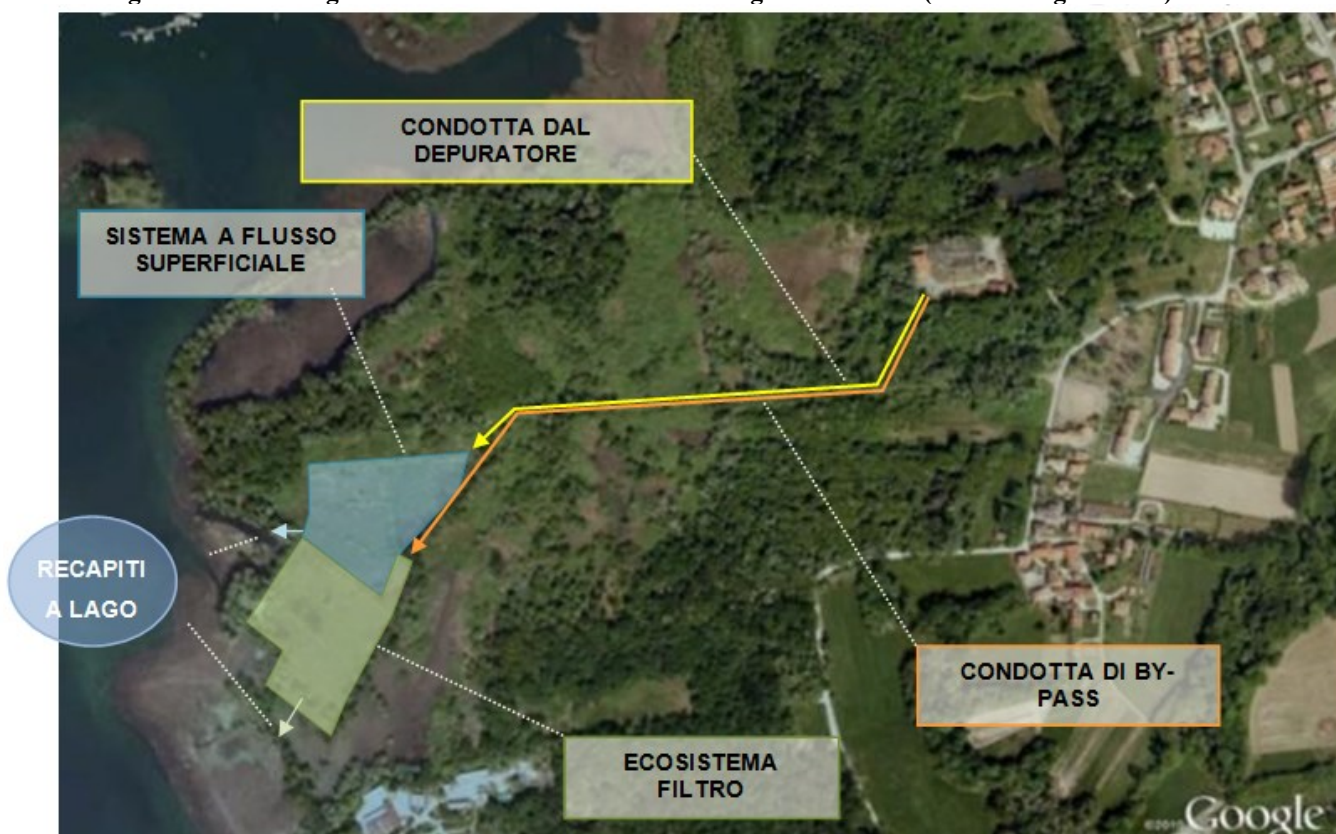
Il primo intervento, ubicato nel Comune di Angera in Provincia di Varese, è funzionante dal 2009 e ha interessato la realizzazione di **un sistema di fitodepurazione a flusso superficiale** a valle dell'impianto esistente per l'affinamento dei reflui prima dello scarico a lago. La potenzialità massima dell'impianto convenzionale è di 20.000 Abitanti Equivalenti.

Le opere realizzate hanno riguardato:

- A. Lo sdoppiamento della condotta di recapito dei reflui dal depuratore convenzionale al sistema di fitodepurazione.
- B. La formazione di un sistema di fitodepurazione a flusso superficiale.
- C. La sistemazione dell'ecosistema filtro esistente per le sole acque di by-pass del depuratore.
- D. La sistemazione finale dell'area.



Figura 4: Sintesi degli interventi realizzati visto da immagine satellitare (fonte: Google Eart®)



Nelle immagini seguenti si osserva l’effettiva affermazione del canneto (specie autoctona e molto efficiente nei processi di depurazione) e dei giovani ricacci annuali della specie che interessano omogeneamente ed estesamente le zone del bacino a flusso superficiale. Inoltre, in corrispondenza delle rive degli argini, è stata osservata una colonizzazione spontanea della **Mazzasorda** (*Typha latifolia*), altra macrofita acquatica molto efficiente nei processi depurativi, e di alcuni **carici** (*Carex sp.*). In alcune aree del sistema, nello specifico in zone con ridotto deflusso idrico, si concentrano zone con densa copertura di **Lenticchia d’acqua** (*Lemna minor*).



Canneto in vegetazione



Mazzasorda lungo la scarpata del bacino



Carici sulle sponde dell'argine



Distesa di Lemna

L'impianto di affinamento di Limido Comasco, funzionante dal 2012, è formato da un **ecosistema filtro di affinamento a flusso superficiale** delle acque trattate provenienti dal depuratore consortile che tratta i reflui provenienti da alcuni comuni dell'area per un carico attuale corrispondente circa 22.000 A.E.

Il comprensorio servito comprende i Comuni di Appiano Gentile, Cirimido, Fenegrò, Limido Comasco, Lurago Marinone e Veniano, che fanno capo ad un unico Consorzio per la Depurazione delle acque. L'ecosistema filtro a flusso superficiale è composto da 3 bacini posti in serie (superficie complessiva di oltre 1 ettaro), opportunamente impermeabilizzati mediante manto bentonitico e ricoperti da uno strato di mista naturale che ha consentito, nelle fasce spondali predisposte, lo sviluppo del canneto.



Figura 5: intervento realizzato visto da immagine satellitare (fonte: Google Eart®)



La documentazione fotografica che segue mostra i bacini a flusso superficiale al termine dei lavori e un anno dopo il loro funzionamento, si osserva la colonizzata dalla vegetazione acquatica tipica delle aree umide.



Bacino a flusso superficiale a fine lavoro





Bacino a flusso superficiale un anno dopo la conclusione dei lavori



5. IL SISTEMA DI AFFINAMENTO IN PROGETTO

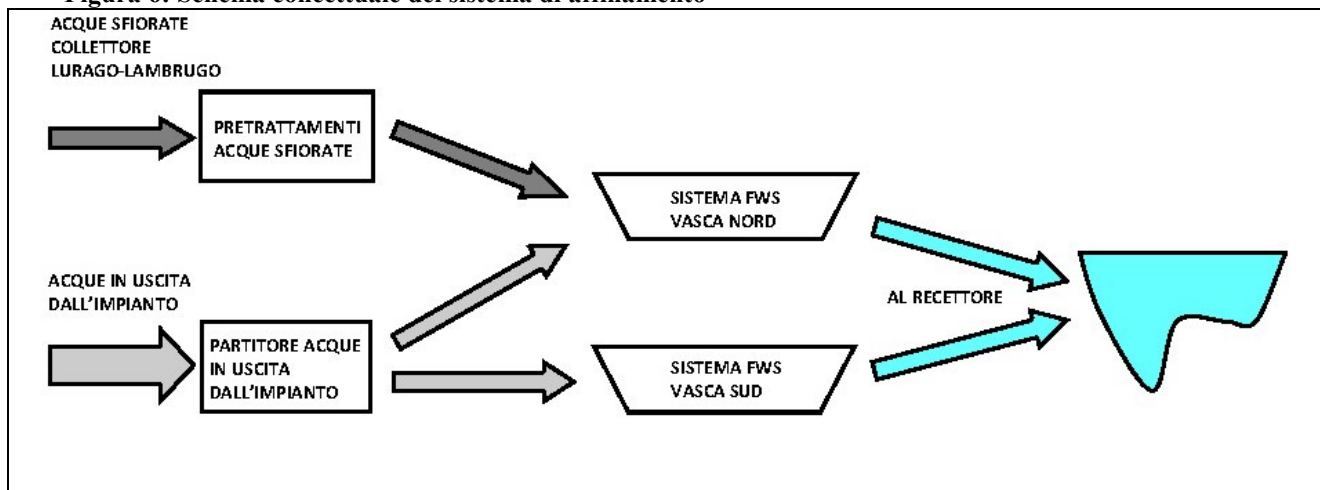
5.1 CARATTERISTICHE GENERALI E SCHEMA D'IMPIANTO

Nel presente capitolo verrà descritto il progetto del sistema di affinamento previsto a valle dell'impianto di Nibionno.

Come previsto nel progetto preliminare, si prevede la realizzazione di **un ecosistema filtro di affinamento a flusso superficiale composto da due bacini distinti** in grado di trattare i reflui depurati provenienti dal depuratore convenzionale.

La portata media in uscita dall'impianto è di circa 15.500 mc/giorno. I reflui verranno ripartiti in parti uguali ai due bacini. Il bacino a nord è stato dimensionato per ricevere anche le acque provenienti dallo sfioratore di emergenza come riportato nella Figura 6.

Figura 6: Schema concettuale del sistema di affinamento



Le acque dallo sfioratore di emergenza saranno intercettate e convogliate in un sistema di pretrattamento (grigliatura), costituito da una vasca rettangolare interrata: questo al fine di intercettare i solidi grossolani per impedire che ostacolino gli stadi successivi. Le acque pretrattate convoglieranno nella vasca nord per il trattamento di affinamento.

Le acque in uscita all'impianto dal depuratore saranno derivate attraverso un pozzetto partitore, dotato di due paratoie in grado di modulare, a seconda delle esigenze del gestore dell'impianto, le portate in ingresso alle vasche di affinamento. Le portate derivate saranno così convogliate nelle vasche di affinamento per il successivo trattamento.

Entrambi i bacini di affinamento saranno caratterizzati da un'area profonda avente profondità media del tirante d'acqua non superiore ad 1 m e un'area a canneto caratterizzata da circa 50 cm d'acqua. I due bacini avranno una forma naturaliforme e i reflui in uscita dal depuratore



convenzionale dovranno attraversare l'area umida realizzata, seguendo un percorso definito in cui sono collocate le macrofite acquatiche in grado di biofiltrare gli inquinanti i residui.

Il tempo medio di residenza delle acque per entrambi i bacini varia da:

- circa 5-10 ore in corrispondenza di eventi meteorici che determinano un incremento della portata in ingresso al depuratore fino a 3 volte la portata di tempo secco;
- ad un massimo di una giornata (portata di tempo secco).

I bacini saranno opportunamente impermeabilizzati con manto bentonitico per evitare la percolazione nel suolo delle acque e ricoperti da uno strato di mista naturale (dello spessore di circa 30 cm) che consentirà, nelle fasce spondali predisposte, la piantumazione del canneto. Secondo quanto riportato nella relazione geologico-geotecnica allegata al progetto (allegato B.02), parte dell'area del bacino sud è caratterizzata da materiale a granulometria fine (limoso/argilloso) che costituisce uno strato a bassa permeabilità naturale, pertanto non si ritiene necessario impermeabilizzare il bacino in tale area, inoltre il materiale scavato in quell'area sarà recuperato e riutilizzato per l'impermeabilizzazione di parte dello stesso bacino. Lo scarico finale per entrambi i bacini è il Fiume Lambro, mediante tubazione in PVC \varnothing 800 mm.

Gli argini che verranno creati a delimitazione dei bacini verranno stabilizzati mediante posa di biostuoia fibra di cocco; si andrà creare un argine perimetrale accessibile ai mezzi per la manutenzione dei bacini.

Di seguito le caratteristiche principali dei singoli bacini:

5.2 BACINO NORD

Il bacino Nord ha le seguenti caratteristiche:

- pozzetto in ingresso per l'alimentazione del letto. La tubazione sarà protetta/mascherata con la posa di blocchi di pietra granitica;
- superficie specchio d'acqua circa 3.300 mq (dimensionato per ricevere metà delle acque del depuratore e le acque dello sfioratore di emergenza);
- superficie a canneto circa 1180 mq;
- quota assoluta area profonda 235 m s.l.m.;
- quota assoluta zona canneto 235,50 m s.l.m.;
- quota assoluta livello dell'acqua 236 m s.l.m.;
- quota assoluta argine perimetrale 237,30 m s.l.m.;



- impermeabilizzazione del fondo e dell'argine lato fiume con manto bentonitico;
- materiale di riempimento del letto (strato di 30 cm a copertura del telo) con materiale proveniente dagli scavi;
- specie vegetale impiegata: Cannuccia di palude (*Phragmites australis*);
- dal pozzetto di raccolta finale che regola i livelli e che raccolga le acque depurate per inviarle allo al recettore finale (Fiume Lambro) mediante tubazione in PVC ø 800 mm.

5.3 BACINO SUD

Il bacino Sud ha le seguenti caratteristiche:

- pozzetto in ingresso che possa permettere l'alimentazione del letto. La tubazione sarà protetta/mascherata con la posa di blocchi di pietra granitica;
- superficie specchio d'acqua circa 2.900 mq (dimensionato per ricevere metà delle acque provenienti del depuratore);
- superficie a canneto circa 1200 mq;
- quota assoluta area profonda 235,70 m s.l.m.;
- quota assoluta zona canneto 236,20 m s.l.m.;
- quota assoluta livello dell'acqua 236,70 m s.l.m.;
- quota assoluta argine perimetrale 237 m s.l.m.;
- parte del bacino sarà impermeabilizzato con manto bentonitico e parte del bacino sarà impermeabilizzato con il materiale di scavo recuperato in loco e opportunamente compattato. In base a quanto riportato nella relazione geologica allegata al presente l'a ;
- materiale di riempimento del letto (strato di 30 cm a copertura del telo) con materiale di scavo;
- specie vegetale impiegata: Cannuccia di palude (*Phragmites australis*);
- dal pozzetto di raccolta finale che regola i livelli e che raccolga le acque depurate per inviarle allo al recettore finale (Fiume Lambro) mediante tubazione in PVC ø 800 mm.

Milano, Dicembre 2014

Per il RTP

Prof. Ing. Alessandro Paoletti