



PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO

AFFINAMENTO DEPURATIVO A VALLE DEL DEPURATORE
IN COMUNE DI NIBIONNO

Interventi per il miglioramento delle acque e degli habitat nella Valle del
Lambro (Lambro vivo) - LIFE11 ENV/IT/004 – azione B2

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Il progettista

Ing. Daniele Giuffrè

Triuggio, Maggio 2014



Progetto LIFE+2011 – Bando Fondazione Cariplo 2011



fondazione
cariplo



INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	4
2. <u>INQUADRAMENTO GENERALE</u>	5
2.1. L'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI NIBIONNO	6
2.1.1. LINEA TRATTAMENTO FANGHI	8
2.1.2. IMPIANTO DI DEODORIZZAZIONE	8
2.2. PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO	9
2.2.1. ACQUE REFLUE DOMESTICHE	9
2.2.2. ACQUE DI PIOGGIA	10
2.3. INTERAZIONI CON L'IDROLOGIA DEL LAMBRO	11
3. <u>ALTERNATIVE DI PROGETTO PER IL SISTEMA DI FINISSAGGIO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA</u>	12
3.1. ALTERNATIVE DI PROGETTO	12
3.1.1. LAGUNAGGIO	12
3.1.2. SISTEMI A FLUSSO SUPERFICIALE (FWS- FREE WATER SURFACE)	13
3.1.3. FITODEPURAZIONE A FLUSSO SOMMERSO ORIZZONTALE	14
3.1.4. FITODEPURAZIONE A FLUSSO SOMMERSO VERTICALE	15
3.1.5. SISTEMA FWS/SFF	16
3.1.6. PERCOLATORE FORZATO	18
3.1.7. LAGUNAGGIO AERATO	19



3.2. CONFRONTO TRA LE ALTERNATIVE DI PROGETTO	20
<u>4. LA SCELTA PROGETTUALE</u>	<u>26</u>
4.1. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	26
4.2. ASPETTI IDRAULICI DEL PROGETTO	27
4.3. CAPACITÀ DI RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI	29
4.4. ANALISI DELLE CARATTERISTICHE AMBIENTALI	32
<u>5. STUDI SPECIALISTICI SULLE AREE INTERESSATE DAL PROGETTO</u>	<u>34</u>
5.1. RELAZIONE IDROGEOLOGICA	34
5.1.1. CLIMA	34
5.1.2. REGIME PLUVIOMETRICO	34
5.1.3. IDROGRAFIA SUPERFICIALE	35
5.2. RELAZIONE GEOLOGICA	38
5.2.1. FATTIBILITÀ GEOLOGICA	39
5.3. PIANO PARTICELLARE PRELIMINARE	40
<u>6. INDIRIZZI PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA</u>	<u>42</u>
<u>7. CRONOPROGRAMMA</u>	<u>43</u>
<u>8. QUADRO ECONOMICO</u>	<u>44</u>
<u>9. ELENCO ELABORATI DEL PROGETTO PRELIMINARE</u>	<u>45</u>



1. PREMESSA

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 depurate dell'impianto di depurazione di Nibionno (LC) e, in una fase transitoria, prima dell'adeguamento dello sfioratore di emergenza del collettore di Lurago Lambrugo, anche delle acque di sfioro di prima pioggia, che attualmente vengono scaricate senza trattamenti nel fiume.

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.



2. INQUADRAMENTO GENERALE

Gli interventi previsti dal seguente progetto sono situati nel Comune di Nibionno, in provincia di Lecco, al confine con il Comune Inverigo in provincia di Como. 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. 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.



Figura 1: Inquadramento territoriale dell'area

Il fiume Lambro in questo tratto ha un andamento abbastanza sinuoso per quanto vincolato ad alcuni limiti fisici come la presenza di laghi di cava in destra idrografica e di campi coltivati e di aree boscate in sinistra. La naturalità dell'area è inoltre interrotta dalla presenza dell'impianto di depurazione che è stato costruito realizzando un sopralzo del terreno rispetto al livello naturale. 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 sinistra è presente il depuratore di Nibionno che sversa 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.

2.1. L'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI NIBIONNO

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. 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.

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.

Lo schema tipo di un impianto come quello di Nibionno è riportato in Figura 2.

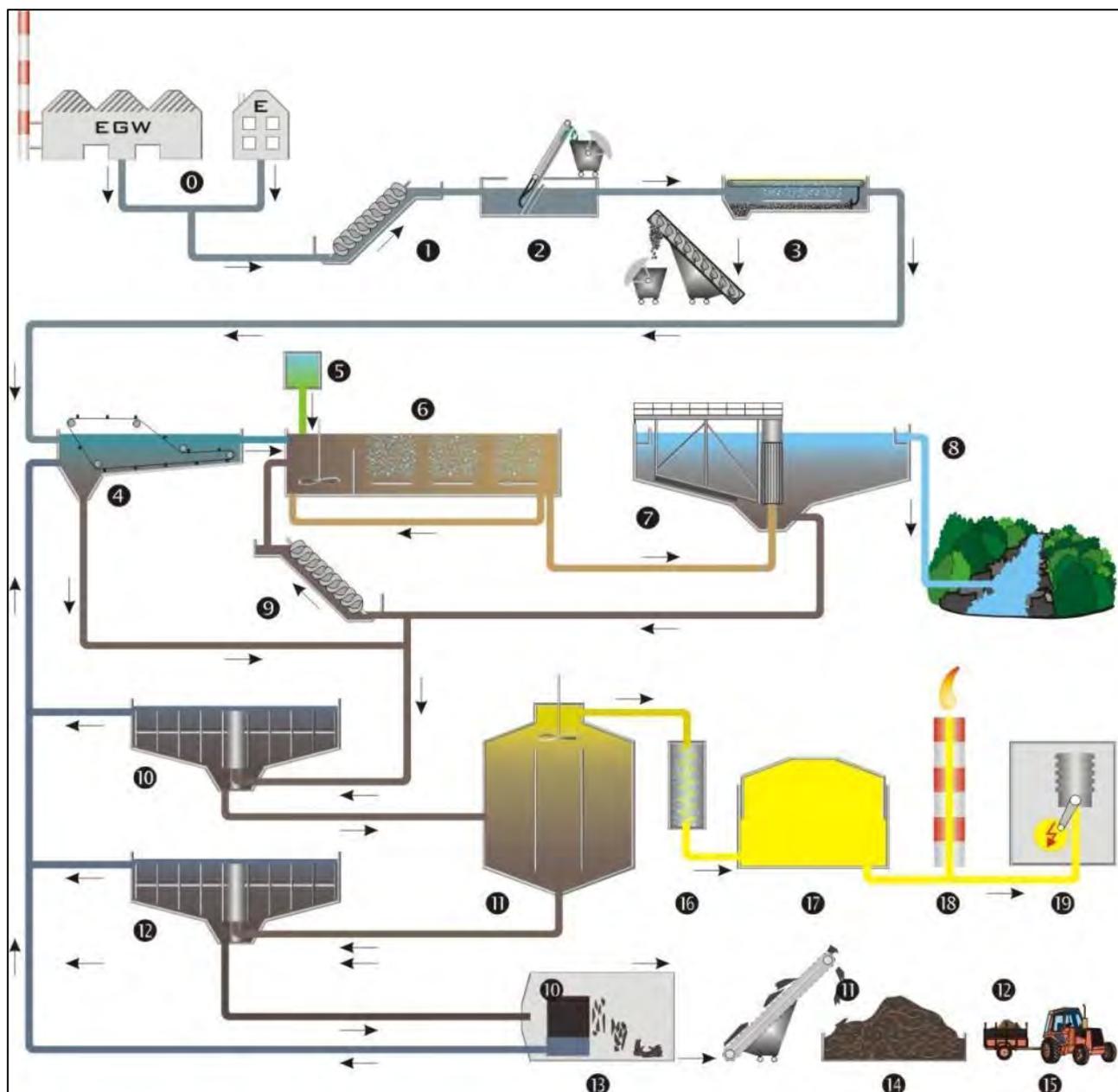


Figura 2: Schema di un impianto di trattamento delle acque reflue a fanghi attivi

Il sistema di trattamento delle acque del depuratore di Nibionno prevede i seguenti trattamenti:

- 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.

2.1.1. Linea trattamento fanghi

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).

2.1.2. Impianto di deodorizzazione

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 (H₂S e NH₃), organici (acidi, alcoli, idrocarburi, ecc.), presenti nei reflui gassosi che li attraversano.



2.2. PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO

2.2.1. Acque reflue domestiche

Attualmente l'impianto tratta una portata media di circa 15.500 mc/giorno, valutata su 4 anni di misurazioni. 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).

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

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



2.2.2. Acque di pioggia

Il problema delle acque di pioggia drenate dalla rete fognaria 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 molto superiori a quelle di un reflujo 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 reflujo 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 consisterà tra gli altri aspetti, nella progettazione della 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.

2.3. INTERAZIONI CON L'IDROLOGIA DEL LAMBRO

Un'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 dei volumi immessi rispetto a quella dell'acqua nel corpo idrico. Questi due aspetti sono sospettati di essere responsabili di una notevole sofferenza provata dal corso d'acqua e dal suo habitat soprattutto nei periodi di magra.



3. ALTERNATIVE DI PROGETTO PER IL SISTEMA DI FINISSAGGIO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

In ragione delle problematiche sopraesposte è stata svolta un'analisi tra diverse tipologie di sistemi di depurazione delle acque che prevedono trattamenti di tipo naturalistico. La scelta di considerare trattamenti di finissaggio di tipo naturale è dettata dal fatto che l'area interessata dal progetto è situata all'interno dei confini del Parco Regionale della Valle del Lambro e si è quindi cercato di proporre alternative che avessero il minor impatto ambientale ed ecologico sull'ambiente.

3.1. ALTERNATIVE DI PROGETTO

3.1.1. Lagunaggio

La depurazione mediante lagunaggio sfrutta i naturali meccanismi di sedimentazione, filtrazione, assorbimento e degradazione delle sostanze inquinanti.

Il meccanismo da cui muove la tecnica delle lagune naturali è la fotosintesi. La massa d'acqua che staziona sulla superficie del bacino è a contatto con la luce; le alghe così formate producono l'ossigeno necessario allo sviluppo e al mantenimento dei batteri aerobici che sono i responsabili della degradazione della materia organica. L'anidride carbonica prodotta dagli stessi batteri, così come i sali minerali contenuti nelle acque reflue, permettono alle alghe di proliferare. Si assiste così allo sviluppo di due popolazioni interdipendenti: batteri e alghe, entrambi detti "microfiti". Fino a quando verrà fornita energia solare e materia organica, questo ciclo sarà in grado di autoalimentarsi. Sul fondo del bacino, invece, dove la luce non penetra, la degradazione dei sedimenti prodotti dalla decantazione della materia organica ha luogo grazie all'attività di batteri anaerobi. Il processo genera anidride carbonica e metano.

I vantaggi di questo sistema sono l'economicità sia di realizzazione che di gestione, il consumo energetico limitato e soprattutto un ottimo inserimento nell'ambiente. Di contro necessitano di superfici elevate, maggiori rispetto alla fitodepurazione, e le efficienze depurative nel periodo invernale sono inferiori.

3.1.2. Sistemi a flusso superficiale (fws- free water surface)

Consistono in vasche o canali dove la superficie dell'acqua è esposta all'atmosfera ed il suolo, costantemente sommerso, costituisce il supporto per le radici delle piante. La loro costruzione prevede la realizzazione di bacini idrici e/o canalizzazioni aventi il più lungo percorso possibile in relazione alla geometria dell'area a disposizione e aventi una profondità dell'acqua, per favorire i processi biologici utili, dai 40 ai 60 cm (Figura 3: Sistema di fitodepurazione a flusso superficiale).

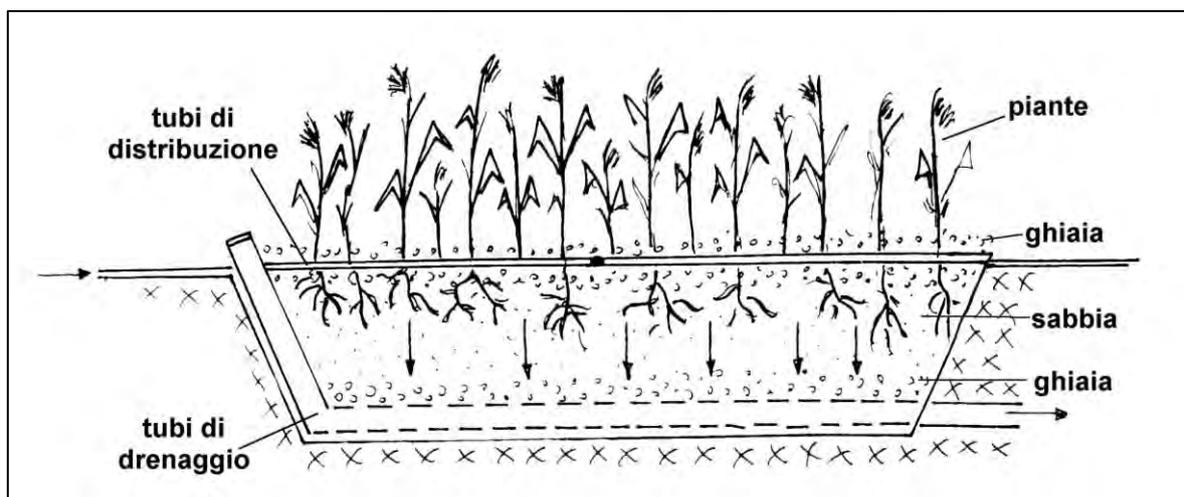


Figura 3: Sistema di fitodepurazione a flusso superficiale

L'ambiente in un sistema FWS è in genere aerobico vicino alla superficie dell'acqua e tende a diventare anossico e fino all'anaerobico man mano che ci si avvicina al fondo. Il livello di aerazione raggiunto dipende da diversi fattori. Alcuni di questi sono alcuni controllabili (grado di miscelazione, stratificazione della colonna d'acqua, canalizzazioni, turbolenza, turn over, ecc.) altri invece non lo sono (temperatura, disponibilità e penetrazione della luce, velocità del vento, fauna che frequenta l'impianto). Nei FWS la colonna d'acqua è a contatto con diverse parti della pianta. A seconda delle specie presenti; il film biologico si svilupperà quindi su tutte le superfici delle piante disponibili e questo sarà il meccanismo principale di rimozione degli inquinanti: la rimozione diretta di alcuni specifici inquinanti attraverso le radici sarà limitata solamente alle specie galleggianti o sommerse. La mineralizzazione dei nutrienti e di altri componenti a carico della macrofite radicate emergenti potrà avvenire solo quando tali sostanze si ripartiranno nel sedimento in prossimità delle radici.

I FWS hanno il vantaggio di essere estremamente economici sia per quanto riguarda i costi di costruzione sia per quanto riguarda i costi di gestione. Di contro hanno bisogno, data la loro scarsa profondità, di superfici molto ampie.

3.1.3. Fitodepurazione a flusso sommerso orizzontale

I sistemi a flusso sommerso orizzontale consistono in bacini naturalmente impermeabili o resi tali, con un substrato di materiale inerte ove vengono piantumate macrofite emergenti radicate (Figura 4). Il principio utilizza la capacità delle piante degli ambienti umidi di trasferire l'ossigeno dalle parti aeree a quelle sommerse: l'ossigeno atmosferico assunto dalle foglie e dagli steli viene trasferito e rilasciato a livello della rizosfera creando, nel medium anaerobico, delle piccole zone aerobiche, condizione indispensabile per l'attività di quei batteri che necessitano di ossigeno per la loro attività.

Il refluo da trattare attraversa orizzontalmente il medium di crescita della vegetazione emergente in modo che la zona subsuperficiale si mantenga satura e non si abbia scorrimento superficiale. Il medium è costituito da sabbia, ghiaia, roccia, preferibilmente locali, svolge azione di filtrazione meccanica e costituisce, con l'apparato radicale delle macrofite, il substrato per l'adesione della pellicola biologica (batteri, funghi, protozoi, piccoli metazoi), responsabile della depurazione biologica.

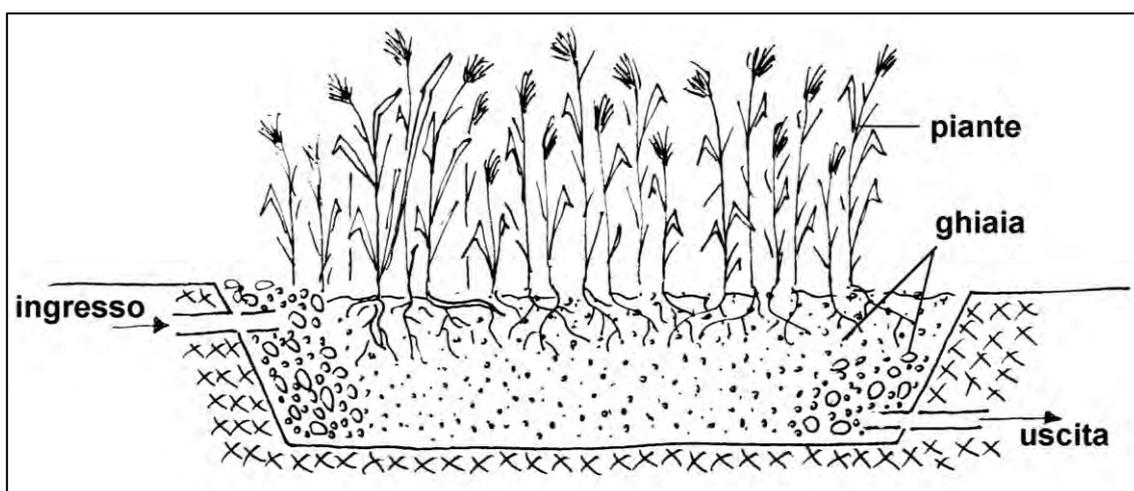


Figura 4: Sistema di fitodepurazione a flusso sommerso orizzontale



Questo sistema determina un impatto ambientale ed igienico-sanitario nullo, perché non si ha scorrimento in superficie del liquame da depurare, richiede un'area di utilizzo inferiore rispetto ai sistemi a flusso libero in quanto la presenza del medium attraverso cui passa il refluo aumenta la superficie utile per i processi depurativi, richiede una gestione ed una manutenzione estremamente ridotte e l'efficienza depurativa è costante tutto l'anno.

L'alimentazione del sistema è continua e deve essere tale da permettere una distribuzione del refluo uniforme su tutta la larghezza del letto. Allo scopo si possono utilizzare tubazioni forate disposte lungo tutta la lunghezza del letto immerse in una zona drenante riempita con materiale inerte grossolano.

Le percentuali di rimozione degli inquinanti sono elevate. L'abbattimento del BOD è dovuto principalmente a processi di filtrazione a carico del medium ed alla decomposizione da parte dei microrganismi adesi ai rizomi, alle radici delle piante. L'efficienza di rimozione dei solidi sospesi è dovuta al processo di filtrazione da parte del medium ed avviene in misura maggiore in prossimità del punto di immissione dello scarico. La rimozione dell'azoto avviene in parte per assunzione da parte delle macrofite (10-16 %), ma soprattutto per un processo di nitrificazione nei micrositii aerobici adiacenti alla superficie radicale, seguita da un processo di denitrificazione nello spessore del medium in cui vi sono condizioni di anaerobiosi. La rimozione del fosforo avviene per processi di adsorbimento, complessazione e precipitazione a carico del medium ed in minima parte per assunzione da parte delle macrofite. La rimozione dei batteri, estremamente efficace, sembra derivi dal continuo passaggio attraverso micrositii aerobici ed anaerobici nella rizosfera, il che comporta uno stress per i microrganismi non metabolicamente adatti a tenori diversi di ossigeno.

3.1.4. Fitodepurazione a flusso sommerso verticale

Il sistema di fitodepurazione a flusso sommerso verticale sfrutta la stessa dinamica di rimozione degli inquinanti del precedente sistema con la differenza che il refluo da trattare è fatto percolare verticalmente attraverso il medium di riempimento.

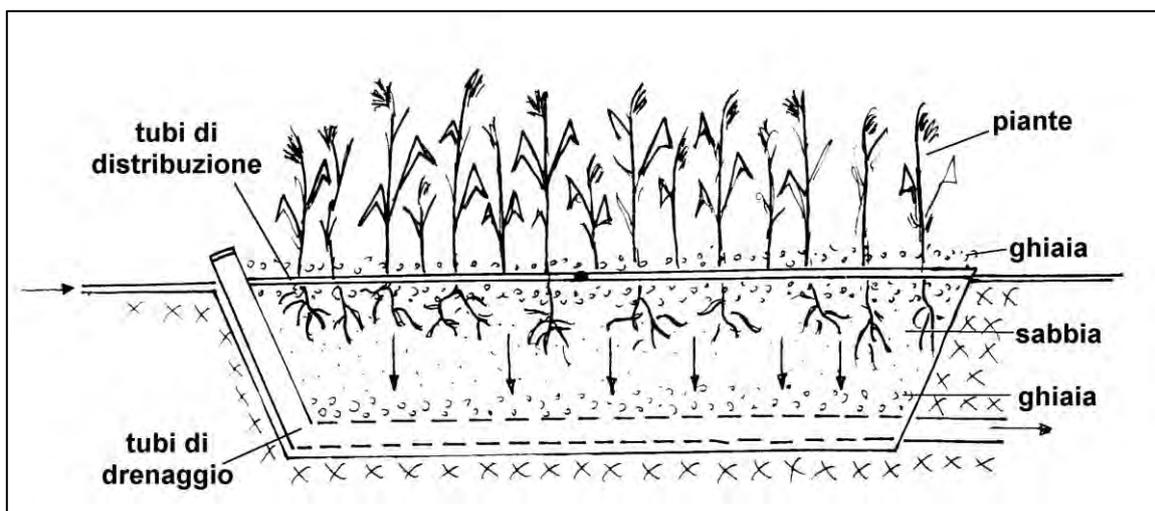


Figura 5: Sistema di fitodepurazione a flusso sommerso verticale

Sono schematicamente costituiti da una vasca di sedimentazione primaria, da una vasca di equalizzazione delle portate giornaliere influenti e dall'impianto di fitodepurazione. Prevedono un'irrigazione intermittente del suolo artificiale, che porta ad un costante ricambio dei gas presenti nel suolo stesso. La permeabilità del substrato garantisce una costante aerazione rispetto alla fitodepurazione orizzontale nonché un'elevata ossidazione e degradazione della sostanza organica e degli inquinanti anche nel periodo invernale e la presenza delle piante consente di proteggere le piante dalle basse temperature invernali (elevata efficienza depurativa anche con temperature esterne di $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$), di assorbire dal suolo le sostanze minerali rese disponibili nel corso del processo di degradazione microbica, di assicurare mediante il sistema radicale una microfauna batterica con maggiore spettro di azione, arricchendo in questo modo le capacità di degradazione e rimozione degli inquinanti del sistema. Il refluo che viene distribuito sulla superficie del medium filtra gradatamente verso il fondo delle vasche (come avviene nei letti percolatori) e lo svuotamento progressivo permette all'aria di infiltrarsi negli interstizi, il riempimento successivo intrappola l'aria e la spinge in profondità, permettendo in questo modo un'elevata ossigenazione anche nel periodo del riposo vegetativo. Anche in questo caso l'efficienza di riduzione degli inquinanti risulta elevata.

3.1.5. Sistema FWS/SFF

Questa tipologia di trattamento consiste in un sistema di finissaggio con caratteristiche intermedie tra un sistema di fitodepurazione a flusso superficiale e un sistema filtro forestale (SFF).



Il principio fondamentale di funzionamento dei SFF si basa sull'interazione tra acqua, suolo, microrganismi e vegetali legnosi. I vegetali legnosi (alberi ed arbusti) forniscono l'energia al sistema, rifornendo di sostanza organica lo strato superficiale (spesso alcuni metri) del suolo; i microrganismi (soprattutto batteri) sono i responsabili delle fondamentali reazioni biochimiche che permettono di depurare le acque; il suolo, oltre che essere la matrice che ospita i microrganismi e gli apparati radicali dei vegetali legnosi, svolge anche una funzione fisica di filtrazione (importante soprattutto per il controllo degli inquinanti adsorbiti ai colloidi del terreno). Un'area forestale, per svolgere la funzione depurativa, deve essere attraversata da un flusso sub-superficiale di acqua inquinata; l'azione depurativa di fatto avviene a livello della rizosfera, in uno strato attivo che interessa i primi metri al di sotto della superficie. La funzionalità del sistema dipende da diversi fattori tra cui la tessitura del suolo, la profondità della falda freatica e la relativa saturazione del suolo, la pendenza del terreno e, soprattutto, da un'attenta progettazione del sistema idraulico: una volta attraversata l'area boscata, l'acqua depurata può essere immessa in un corso d'acqua, avendo perso gran parte del suo carico inquinante.

I sistemi forestali filtro possono considerarsi come un vero e proprio sistema di fitodepurazione, dove l'elemento strutturale del sistema sono il terreno agricolo e la vegetazione forestale (alberi e arbusti).

Per quanto riguarda i processi di denitrificazione questo è operato dai batteri anaerobi facoltativi in grado di utilizzare i nitrati nei loro processi respiratori quando vengono a trovarsi in carenza o assenza di ossigeno (respirazione microbica anaerobica). Questi periodi di anossia si verificano quando il suolo viene saturato dall'innalzamento del livello dell'acqua durante le piene, nel caso di fasce riparie naturali, o da un'accorta gestione dei livelli idrici nel caso dei SFF artificiali.

Oltre alle condizioni anaerobiche gli altri fattori necessari per il processo di denitrificazione sono la disponibilità di carbonio organico e una quantità sufficiente di nitrati. La loro disponibilità è legata ai processi di decomposizione della lettiera (mineralizzazione della sostanza organica) e ai nutrienti trasportati dai deflussi idrici. Il ruolo che la vegetazione svolge nel processo di denitrificazione è indiretto, in quanto essa contribuisce a sostenere le popolazioni microbiche, tra le quali sono presenti anche i batteri denitrificanti, da un lato fornendo energia attraverso la decomposizione della lettiera e dall'altro offrendo l'habitat per eccellenza di tutti i microrganismi del suolo rappresentato dalla rizosfera, ricca di essudati radicali.



Il sistema misto unisce le caratteristiche depuranti dei due sistemi aumentando di conseguenza l'efficienza del trattamento e, dal punto di vista ambientale, creando una maggiore varietà di habitat ed ecosistemi.

3.1.6. Percolatore forzato

Lo svantaggio dei sistemi di fitodepurazione, rappresentato dal fatto che richiedono ampie superfici per il trattamento delle acque, ha portato ad un interesse crescente verso le zone umide che occupano aree più piccole e nello stesso tempo verso soluzioni in grado di trattare carichi elevati associati a reflui agricoli e industriali. Negli ultimi anni sono state sviluppate un nuovo tipo di aree umide applicate anche a sistemi di ampia scala.

L'evoluzione tecnologica dei sistemi di fitodepurazione per il finissaggio degli effluenti dei depuratori e lo sviluppo delle zone umide hanno portato allo sviluppo di una nuova tecnologia di depurazione: i Wetlands intensivi.

Il metodo TAYA è stato implementato con successo in impianti piloti industriali per il trattamento di scarichi agricoli e industriali con una comprovata capacità nel trattamento delle acque reflue con carichi elevati di sostanza organica e ammoniacale. L'integrazione dei sistemi di pretrattamento anaerobico insieme ad un trattamento completo in zone umide fornisce una combinazione ottimale in relazione all'aspetto economico, di processo e in relazione alla semplicità di funzionamento e manutenzione.

La riduzione dei carichi elevati in sistemi anaerobici viene applicata utilizzando un determinato numero di moduli in linea in base alle esigenze del cliente. La fase anaerobica del trattamento avviene all'interno di bacini impermeabilizzati riempiti di terra (aperta o coperta) disposti in coppia. All'interno di questi bacini viene pompata l'acqua da trattare dal basso verso l'altro. Il pompaggio avviene alternativamente prima in un bacino e poi nell'altro. Il carico organico viene rimosso grazie all'azione del film batterico che si viene a creare nel letto e le condizioni anaerobiche permettono la "digestione" delle sostanze organiche contenute nel refluo.

L'effluente dalla fase anaerobica viene convogliato verso uno o più bacini della zona umida per una successiva fase depurativa. Il calcolo delle dimensioni dei bacini viene calcolato in base al carico organico e alla quantità di composti azotati presente nelle acque da trattare rispetto alle esigenze di qualità dell'acqua a fine trattamento.



Con questo sistema si ottengono degli ottimi rendimenti di rimozione degli inquinanti anche in acque con elevate percentuali di carica organica e composti ammoniacali. Il trattamento completo può essere ottenuto con un consumo di energia minore rispetto ad altri sistemi che utilizzano energia per il trattamento. Anche l'utilizzo del suolo è minore rispetto ad altri trattamenti tecnologici.

3.1.7. Lagunaggio aerato

Il lagunaggio aerato è un particolare sistema di lagunaggio in cui l'apporto di ossigeno avviene meccanicamente attraverso un dispositivo di aerazione di superficie o tramite insufflazione d'aria. Questo principio si distingue da quello dei fanghi attivi esclusivamente per l'assenza di un sistema di riciclaggio o di estrazione continua dei fanghi. Il consumo energetico dei due sistemi, a parità di capacità, è praticamente equivalente (da 1,8 a 2 kW/kg di DBO5 eliminata).

Nello stadio di aerazione le acque da trattare contengono microrganismi che andranno a consumare ed assimilare i nutrienti costituiti dalle sostanze inquinanti da eliminare. Questi microrganismi sono principalmente batteri e funghi (paragonabili a quelli presenti all'interno degli impianti a fanghi attivi). Nella zona di decantazione, invece, i solidi sospesi costituiti dall'accumulo di microrganismi e di altre particelle trattenute, sedimentano e vanno a formare i fanghi che vengono poi pompati regolarmente o rimossi dal bacino qualora presenti in un volume troppo elevato. La zona di decantazione comprende una semplice laguna di decantazione e, preferibilmente, anche due bacini la cui pulizia può essere effettuata tramite installazione di bypass.

Nella tecnica del lagunaggio aerato la popolazione batterica che non entra in ricircolo comporta:

- una bassa densità batterica e dunque tempi di trattamento più lunghi per ottenere il livello di qualità desiderato;
- una scarsa flocculazione dei batteri con conseguente necessità di installazione di un'ampia laguna di decantazione.

Il tempo di decantazione è di circa 20 giorni (tempo di decantazione ridotto in realtà ad una quindicina di giorni dopo diversi anni di funzionamento dell'impianto a seguito del volume occupato dai depositi di materia in sospensione. Le vasche possono avere una profondità variabile da 2 a 3,50 m con aeratori di superficie mentre possiamo avere profondità maggiori di 4 m con insufflazione d'aria. Il fabbisogno di ossigeno ammonta a circa 2 kg O₂/kg DBO₅. Per evitare



l'accumulo di depositi fino al raggiungimento di un volume in grado di compromettere il trattamento ed anche per prevenire la formazione di alghe microscopiche, è necessario sovradimensionare gli aeratori ed utilizzare una potenza compresa tra 5 e 6 W/m³.

I costi di manutenzione sono ovviamente maggiori rispetto al lagunaggio naturale; si dovranno prevedere manutenzioni sugli apparecchi di aerazione, l'estrazione dei fanghi dal letto di decantazione oltre che la manutenzione della vegetazione spontanea.

3.2. CONFRONTO TRA LE ALTERNATIVE DI PROGETTO

La scelta della miglior alternativa progettuale tra le varie analizzate è stata implementata attraverso una valutazione delle diverse proposte rispetto a diversi ambiti di interesse.

Per far ciò è stata predisposta un'apposita scheda di valutazione che mette in relazione le diverse alternative rispetto ad alcuni aspetti a cui è stato attribuito un peso:

- manutenzione ed esercizio (0.20)
- qualità acque (0.40)
- impatto ambientale (0.30)
- fruibilità (0.10).

Ogni ambito è stato poi diviso in sotto – ambiti per valutare dettagliatamente ogni alternativa.

È stato quindi attribuito un voto per ogni ambito in base ad una griglia di valutazione creata unicamente per questo confronto.

La griglia di valutazione è riportata in tabella 2. Infine è stato calcolato il voto totale relativo ad ogni intervento attraverso la media pesata dei singoli voti. La scheda di valutazione è riportata nella tabella seguente (tabella 3).



PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO



Manutenzione ed esercizio							
Frequenza	>6 volte/anno	6 volte/anno	5 volte/anno	4 volte/anno	3 volte/anno	2 volte/anno	< 2 volte/anno
	4	5	6	7	8	9	10
Costo annuo per energia elettrica	> 12.000 €	10.001 - 12.000 €	8.001 - 10.000 €	6.001 - 8.000 €	4.001 - 6.000 €	2.001 - 4.000 €	< 2.000 €
	4	5	6	7	8	9	10
Costo annuo per reagenti	> 12.000 €	10.001 - 12.000 €	8.001 - 10.000 €	6.001 - 8.000 €	4.001 - 6.000 €	2.001 - 4.000 €	< 2.000 €
	4	5	6	7	8	9	10
Costo annuo per manutenzione	> 12.000 €	10.001 - 12.000 €	8.001 - 10.000 €	6.001 - 8.000 €	4.001 - 6.000 €	2.001 - 4.000 €	< 2.000 €
	4	5	6	7	8	9	10
Sensibilità al rischio idraulico	inutilizzabile	default fino al 50%	default fino al 30%	manutenzione completa	manutenzione parziale	semplice pulizia	indifferente
	4	5	6	7	8	9	10
Livello tecnico	Tecnico alt. Qualificato	Tecnico qualificato	Tecnico specializz.	Tecnico generico	Operaio specializz.	Operaio semplice	Volontario
	4	5	6	7	8	9	10
Qualità acque							
Portata trattata	<500 mc/die	500 - 1000 mc/die	1000 - 4000 mc/die	4001 - 7000 mc/die	7001 - 10000 mc/die	10001 - 15000 mc/die	>15.000 mc/die
	4	5	6	7	8	9	10
Rimozione N	<40%	40-50%	51-60%	61-70%	71-80%	81-90%	>90%
	4	5	6	7	8	9	10
Rimozione P	<40%	40-50%	51-60%	61-70%	71-80%	81-90%	>90%
	4	5	6	7	8	9	10
Rimozione COD	<40%	40-50%	51-60%	61-70%	71-80%	81-90%	>90%
	4	5	6	7	8	9	10
Rimozione metalli (Pb, Zn)	<40%	40-50%	51-60%	61-70%	71-80%	81-90%	>90%
	4	5	6	7	8	9	10
Rimozione tensioattivi	<40%	40-50%	51-60%	61-70%	71-80%	81-90%	>90%
	4	5	6	7	8	9	10
Rimozione idrocarburi totali	<40%	40-50%	51-60%	61-70%	71-80%	81-90%	>90%
	4	5	6	7	8	9	10
Volume stoccabile	<5000 mc	5.001-7.000 mc	7.001-9.000 mc	9.001-11.000 mc	11.001-13.000 mc	13.001-15.000 mc	>15.000 mc
	4	5	6	7	8	9	10
Elasticità ai picchi	-	massimo portata standard	1 =< Q < 1.25 volte portata standard	1.25 =< Q < 1.50 volte portata standard	1.50 =< Q < 1.75 volte portata standard	1.75 =< Q < 2 volte portata standard	>2 volte portata standard
	-	5	6	7	8	9	10
Resistenza a secco	< 1 giorno	fino a 1 giorno	fino a 2 giorni	fino a 3 giorni	fino a 4 giorni	fino a 5 giorni	> 5 giorni
	4	5	6	7	8	9	10



Impatto ambientale							
Creazione di nuovi habitat	Eliminazione habitat attuale	Peggioramento habitat attuale	Mantenimento habitat attuale	Miglioramento habitat attuale	Nuovi habitat media valenza	Nuovi habitat di valenza	Nuovi habitat di pregio
	4	5	6	7	8	9	10
Odori	Fasi anaerobiche esposte/forti aerosol	Fasi anaerobiche parzialmente ostacolate/aerosol	Fasi anaerobiche ostacolate/pochi aerosol	Anaerobiosi facoltativa/assenza aerosol	Anaerobiosi occasionale/assenza aerosol	Anaerobiosi rara/assenza aerosol	Assenza completa di anaerobiosi e di aerosol
	4	5	6	7	8	9	10
Rumorosità	>80 dB	61 - 80 dB	51 - 60 dB	31 - 50 dB	< 30 dB, continua	< 30 dB, discontinua	Nessuna produzione
	4	5	6	7	8	9	10
Insetti molesti	v=0 ovunque, no concorrenti	v=0 ovunque, con concorrenti biologici	v=0 per $1 > S > 0.75 S_{tot}$	v=0 per $0.75 > S > 0.50 S_{tot}$	v=0 per $0.5 > S > 0.25 S_{tot}$	v=0 per $0.25 > S > 0.10 S_{tot}$	v>0 ovunque
	4	5	6	7	8	9	10
Accessibilità (fauna)	Completamente inaccessibile	Accessibile solo via aerea (uccelli)	Accessibile via aerea e piccoli mammiferi	Accessibile a tutti con alto rischio	Accessibile a tutti con medio rischio	Accessibile a tutti con poco rischio	Completa
	4	5	6	7	8	9	10
Fruiibilità							
Accessibilità a pubblico	Inaccessibile	Solo autorizzati	Solo a visite guidate	Libera fino al 50%	Libera fino al 70%	Libera fino al 90%	Completa
	4	5	6	7	8	9	10
Accessibilità a tecnici	Inaccessibile	Solo autorizzati	Solo a visite guidate	Libera fino al 50%	Libera fino al 70%	Libera fino al 90%	Completa
	4	5	6	7	8	9	10
Costo							
Per area	> 130 €/mq	110 - 130 €/mq	90 - 110 €/mq	90 - 110 €/mq	70 - 90 €/mq	50 - 70 €/mq	<50 €/mq
	4	5	6	7	8	9	10

Tabella 2: Griglia di valutazione



PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO



Ambiti	Manutenzione ed esercizio						Qualità acque										Impatto ambientale					Fruibilità		Costo	Voto complessivo
Pesi ambiti	0.15						0.35										0.25					0.05		0.20	
Interventi	Frequenza	Costo annuo per energia elettrica	Costo annuo per reagenti	Costo annuo per manutenzione	Sensibilità al rischio idraulico	Livello tecnico	Portata trattata	Rimozione N	Rimozione P	Rimozione COD	Rimozione metalli (Pb, Zn)	Rimozione tensioattivi	Rimozione idrocarburi totali	Volume stoccabile	Elasticità ai picchi	Resistenza a secco	Creazione di nuovi habitat	Odori	Rumorosità	Insetti molesti	Accessibilità (fauna)	Accessibilità a pubblico	Accessibilità a tecnici	Per area	
Pesi attribuiti ambiti	0.30	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.40	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10	0.40	0.15	0.15	0.15	0.15	0.70	0.30	1.00	
Lagunaggio	10	10	10	10	9	9	6	5	5	5	5	5	5	9	9	10	9	6	10	6	10	8	10	10	8.32
Fitodepurazione FWS	10	10	10	9	9	9	10	4	4	4	4	4	4	9	9	10	9	8	10	8	10	8	10	10	8.91
Fitodepurazione HF	7	6	10	8	9	8	6	7	7	7	7	7	7	5	7	10	9	9	9	10	10	8	10	4	7.09
Fitodepurazione VF	7	6	10	8	9	8	6	7	7	7	7	7	7	5	7	10	9	9	9	10	10	8	10	4	7.09
Sistema FWS/SFF	10	10	10	9	9	9	10	4	4	4	4	4	4	9	9	10	10	8	10	9	10	8	10	10	9.04
Percolazione forzata	7	4	8	7	7	7	6	8	8	8	8	8	8	5	6	7	5	7	9	7	9	8	10	4	6.26
Lagunaggio aerato	5	4	10	7	7	6	10	8	8	8	8	8	8	9	10	10	9	6	7	6	9	8	10	5	7.57

Tabella 3: Confronto tra le alternative progettuali



I risultati ottenuti dalla seguente valutazione mostrano che:

- i sistemi di lagunaggio sono sicuramente vantaggiosi per quanto riguarda i costi di manutenzione e di gestione ma in termini di riduzione del carico inquinante hanno un'efficienza minore rispetto alle altre alternative analizzate. Inoltre sono dei sistemi che trattano basse portate d'acqua anche se risultano dei sistemi elastici per quanto riguarda la variabilità delle portate in ingresso. Hanno entrambi un buon impatto ambientale ma di contro, essendo sistemi in cui l'acqua staziona per alcuni giorni, sono soggetti a cattivi odori e alla presenza di insetti. Per quanto riguarda gli aspetti fruitivi questi sistemi sono completamente accessibili sia al pubblico che agli addetti specializzati;
- gli impianti di fitodepurazione a flusso superficiale sono anch'essi vantaggiosi in termini di costi di manutenzione e gestione. In termini di rimozione dei carichi inquinanti hanno un rendimento maggiore rispetto al lagunaggio soprattutto nei confronti del COD e dei metalli pesanti. Sono vantaggiosi in termini di volumi di acqua trattati e hanno una buona elasticità per quanto riguarda le eventuali variazioni di portata. Non hanno un grosso impatto ambientale soprattutto per il fatto che creano nuovi habitat con lo sviluppo di nuovi ecosistemi. Anche in questo caso i sistemi di fitodepurazione sono completamente accessibili sia al pubblico che agli addetti specializzati;
- gli impianti di fitodepurazione a flusso sommerso orizzontale e verticale sono leggermente più svantaggiosi in termini di costi di gestione e manutenzione rispetto a quelli a flusso superficiale in quanto prevedono organismi di regolazione e ripompaggio dell'acqua trattata. Trattano basse portate d'acqua ma i rendimenti di rimozione degli inquinanti sono abbastanza elevate, soprattutto per quanto riguarda i metalli pesanti e i COD. Anche la rimozione dell'azoto e del fosforo è superiore rispetto ai sistemi FWS, soprattutto nei sistemi a flusso verticale. Di contro non hanno una buona elasticità rispetto alle variazioni di portata. L'impatto ambientale risulta buono come per i sistemi a flusso superficiale e in aggiunta non avendo flusso superficiale non sono soggetti a sgradevoli odori e presenza di insetti. Per la presenza di organi di regolazione sono sistemi rumorosi. Gli aspetti fruitivi sono identici a quelli del precedente sistema di fitodepurazione;
- il sistema misto di fitodepurazione a flusso superficiale e sistema filtro forestale risulta molto vantaggioso in termini di costi di manutenzione e gestione dell'impianto. La



rimozione degli inquinanti è assimilabile a quella dei sistemi di fitodepurazione ma, a differenza loro, questo sistema ha un'ottima capacità di adattarsi alle variazioni di portata transitante. Hanno un ottimo impatto ambientale sia per quanto riguarda la creazione di nuovi habitat che per quanto riguarda la rumorosità e l'accessibilità alla fauna. Riguardo la fruizione questo sistema è completamente accessibile sia al pubblico che agli addetti specializzati;

- per quanto riguarda i sistemi di percolazione forzata è possibile notare che i costi di gestione e manutenzione sono maggiori rispetto agli altri sistemi: infatti in questi impianti gioca un ruolo fondamentale la componente tecnologica. Il sistema tratta portate d'acqua modeste ma ha un'efficienza di rimozione degli inquinanti molto elevata. Di contro non sono sistemi elastici per quanto riguarda le variazioni di portata del refluo. Essendo un sistema di finissaggio particolarmente tecnologico ha degli svantaggi sia per quanto riguarda la creazione di nuovi habitat sia per quanto riguarda la produzione di odori e la presenza di insetti. Sono altresì impianti abbastanza rumorosi e l'accessibilità alle aree è ostacolata sia per il pubblico che per i tecnici;
- Il sistema di lagunaggio aerato è anch'esso un sistema poco vantaggioso in termini di costi di gestione e manutenzione. Il sistema non può trattare elevate portate di alimentazione e i rendimenti di rimozione sono inferiori rispetto alla fitodepurazione, ma ha una buona elasticità nei confronti delle variazioni di portata in ingresso. L'impianto ha un buon inserimento ambientale ma ha degli svantaggi in termini di produzione di odori, presenza di insetti e generazione di rumori. Per quanto riguarda la fruibilità la zona risulterà poco accessibile sia per il pubblico che per il personale tecnico.
- Infine occorre considerare che il finanziamento disponibile obbliga alla realizzazione di sistemi con un basso livello tecnologico; purtuttavia si ritiene che il miglioramento combinato del comparto ambientale e della qualità delle acque sia comunque degno di nota.

4. LA SCELTA PROGETTUALE

Alla luce delle considerazioni esposte nel precedente capitolo è stata scelta la miglior alternativa progettuale tra quelle analizzate. In particolare è stato sviluppato il progetto di un finissaggio avente caratteristiche intermedie tra una fitodepurazione a flusso superficiale e un sistema filtro forestale.

4.1. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il sistema di finissaggio del depuratore di Nibionno sarà costituito da due vasche di trattamento, una posta a nord e una a sud dell'impianto, inizialmente alimentate attraverso due diverse fonti.

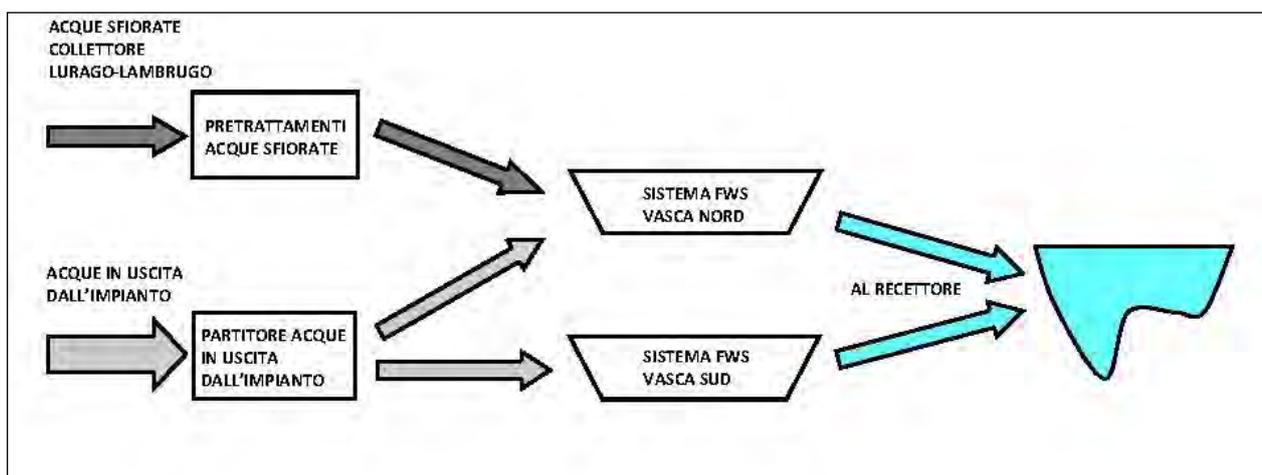


Figura 6 – Schema concettuale del sistema di finissaggio

Come si può osservare dalla Figura 6 sarà possibile alimentare il sistema attraverso:

- 1) le acque provenienti dallo sfioratore di emergenza (solo per la vasca nord);
- 2) le acque in uscita all'impianto di depurazione per entrambe le vasche.

Nel primo caso le acque provenienti dallo sfioratore saranno intercettate e convogliate in un sistema di pretrattamento e convoglieranno nella vasca nord per il trattamento di finissaggio. Nel secondo caso le acque in uscita all'impianto dal depuratore saranno derivate attraverso un pozzetto partitore ad entrambe le vasche di finissaggio. Entrambe le vasche saranno dotate di uno scarico di fondo per la restituzione della portata finissata al corpo recettore ed il loro completo svuotamento e di uno sfioratore di superficie per le portate in esubero rispetto a quelle di progetto.



Entrambe le vasche di finissaggio saranno costituite da un'unità di depurazione a flusso superficiale (Free Water Surface – FWS) progettata come vasche aventi profondità media del tirante d'acqua non superiore ad 1 m. In realtà le caratteristiche del sito scelto per la collocazione del sistema hanno indotto a progettare questa unità con caratteristiche intermedie tra un sistema classico FWS ed uno SFF (Sistema Filtro Forestale).

4.2. ASPETTI IDRAULICI DEL PROGETTO

Per la definizione della fattibilità idraulica del sistema senza ricorrere a sollevamenti sono state ipotizzate quote di fondo delle vasche compatibili con le quote di alimentazione. In particolare si può osservare dalla Figura 7 come la prima quota che regola tutto il sistema sia la soglia di scarico dell'ultima fase della disinfezione posta alla quota relativa di 0,00 m. È stato ipotizzato di collocare il fondo dei tubi di alimentazione delle vasche alla quota campagna in quel punto, a -1,00 m.

I condotti di alimentazione delle due vasche avranno un diametro presunto di 500 mm e saranno inseriti nell'attuale pozzo di dissipazione finale dell'impianto. Sarà realizzato un manufatto che consentirà di veicolare le portate alle due aree di finissaggio in maniera modulare e che contemplerà comunque la possibilità di inviare tutta la portata allo scarico esistente.

L'altra modalità di alimentazione di una delle due vasche, quella nord, avverrà con le portate dello sfioratore di emergenza; queste dovranno subire i pretrattamenti e per questo manufatto è stata ipotizzata una quota di fondo posta a 0,00 m.

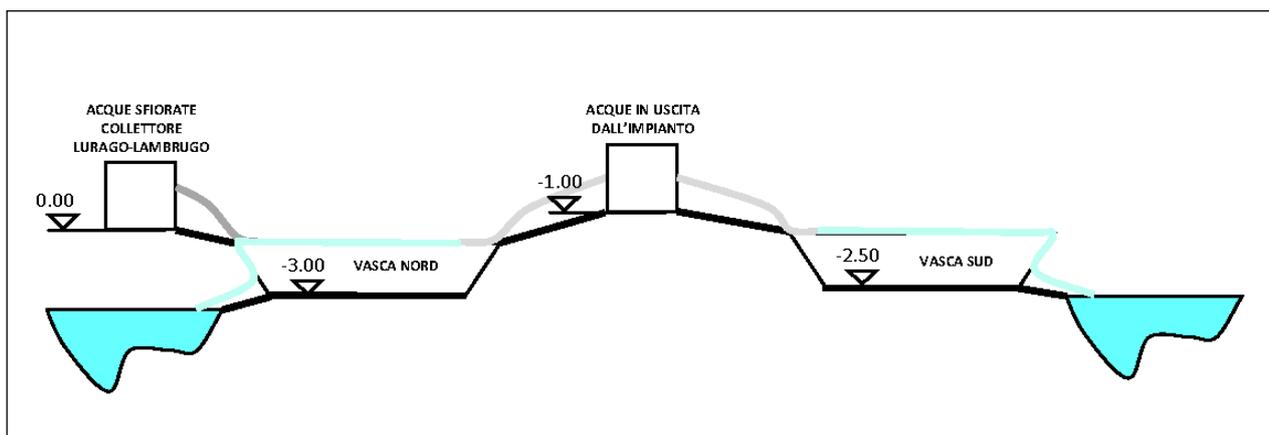


Figura 7 – Schema idraulico del sistema di finissaggio



Le vasche saranno create costruendo linee di terrapieni lungo la sponda del Lambro, chiudendo così le aree depresse circostanti il depuratore, oggi caratterizzate da vegetazione arborea o arbustiva o semplicemente a prato. Gli argini avranno una quota pari a quella media del piano campagna del depuratore, cioè circa -1,00 m. Il fondo delle vasche non sarà impermeabilizzato dal momento che la granulometria del substrato naturale è già costituita da frazioni fini limose che costituiscono di fatto uno strato a bassa permeabilità (vedi relazione geologica).

Come già anticipato l'alimentazione del sistema può provenire da due diverse fonti: l'effluente in uscita dal depuratore e dalle acque di sfioro.

L'alimentazione tramite effluente in uscita dall'impianto avverrà tramite un pozzetto, che consentirà la derivazione dei due condotti alla vasca nord e quella sud. Il pozzetto di carico sarà dotato di paratoie mobili con funzionamento a battente che a seconda delle loro aperture potranno far defluire la portata desiderata nelle due vasche di finissaggio. Queste paratoie saranno manovrate a mano o a distanza a seconda delle richieste del gestore. Dovrà essere prevista anche la possibilità di scaricare tutta la portata depurata secondo le modalità attuali e nel condotto oggi esistente per consentire le operazioni di manutenzione sulle vasche completamente vuote.

Il condotto delle acque in uscita dallo sfioratore di emergenza della linea Lurago-Lambrugo sarà inserito in un manufatto di pretrattamento: grigliatura. Per la grigliatura si adotteranno più griglie fisse a maglie sempre più fini. All'uscita dei pretrattamenti le acque saranno riversate nella vasca nord.

Nelle vasche di finissaggio si verrà a determinare un flusso laminare direzionato verso le uscite; queste saranno costituite da un tubo di fondo parzializzato da una paratoia regolabile (manualmente o elettricamente) e da uno sfioratore a stramazzo realizzato abbassando l'argine per qualche metro fino alla quota di -1,50 m.

Le vasche hanno un volume medio di circa 10.000 mc (7.000 la vasca nord, 3.000 la vasca sud), corrispondente ad un tirante di 1,00 m. In realtà la configurazione degli argini e degli sfioratori consentirà un volume massimo potenziale di circa 15.000 mc oltre il quale vengono attivati gli sfioratori a stramazzo delle due vasche, posti a quota -1,50 m.

Le portate di progetto sono state quantificate per la configurazione definitiva i 15.500 m³/d che defluiscono nel volume complessivo di 10.000 mc per un tempo di residenza medio di 0,65 giorni (15 ore).



In tutti i punti di carico, scarico e sfioro delle acque sono previsti rinforzi arginali o di fondo costituiti da massi o lastroni in pietra.

4.3. CAPACITÀ DI RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI

Per valutare il meccanismo di rimozione degli inquinanti sono state condotte alcune simulazioni per ipotizzare il funzionamento del sistema di finissaggio basate su questi presupposti:

- trattamento, in entrambe le vasche di finissaggio, delle acque in uscita dall'impianto di depurazione che comprendono, oltre che le acque depurate, anche le acque sfiorate sia a monte dell'impianto sia a valle dei trattamenti primari;
- le acque di pioggia provenienti dallo sfioratore di emergenza del collettore Lurago Lambrugo, dopo una preliminare grigliatura, vengono convogliate nella vasca nord: in tutte le simulazioni non è stato valutato alcun loro contributo né in termini di portate né in termini di carico di inquinanti in quanto poco rilevanti ai fini della simulazione;
- le concentrazioni di inquinanti delle acque in ingresso al sistema di finissaggio sono state valutate come media dei valori, forniti dal depuratore, in uscita dall'impianto.

In considerazione della dipendenza di alcune cinetiche di rimozione dalla temperatura dell'acqua trattata le simulazioni sono state suddivise tra condizioni invernali ($T = 10\text{ °C}$) e condizioni estive ($T = 20\text{ °C}$). Naturalmente le percentuali di rimozione aumentano con l'aumentare della temperatura, come si può facilmente osservare.

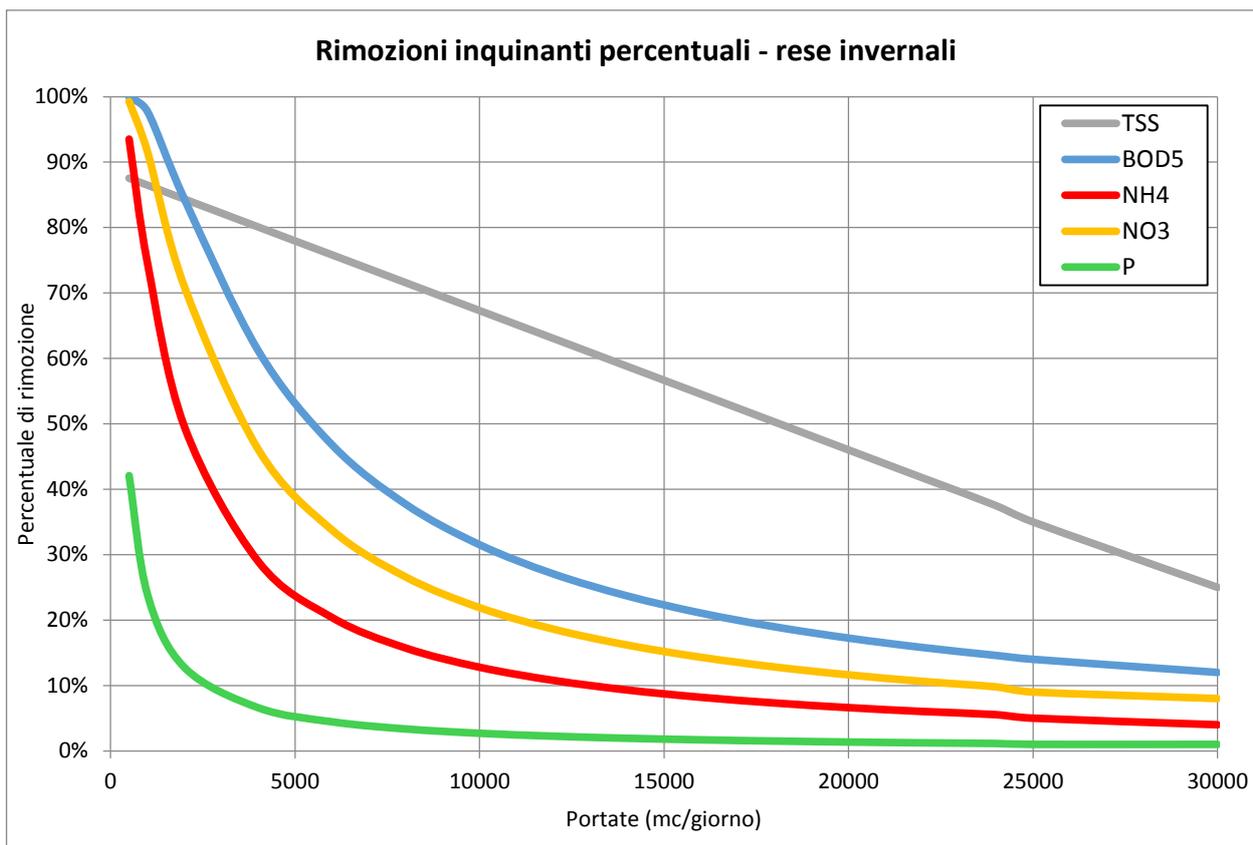


Figura 8 – Rimozioni percentuali dei nutrienti del sistema di finissaggio in inverno

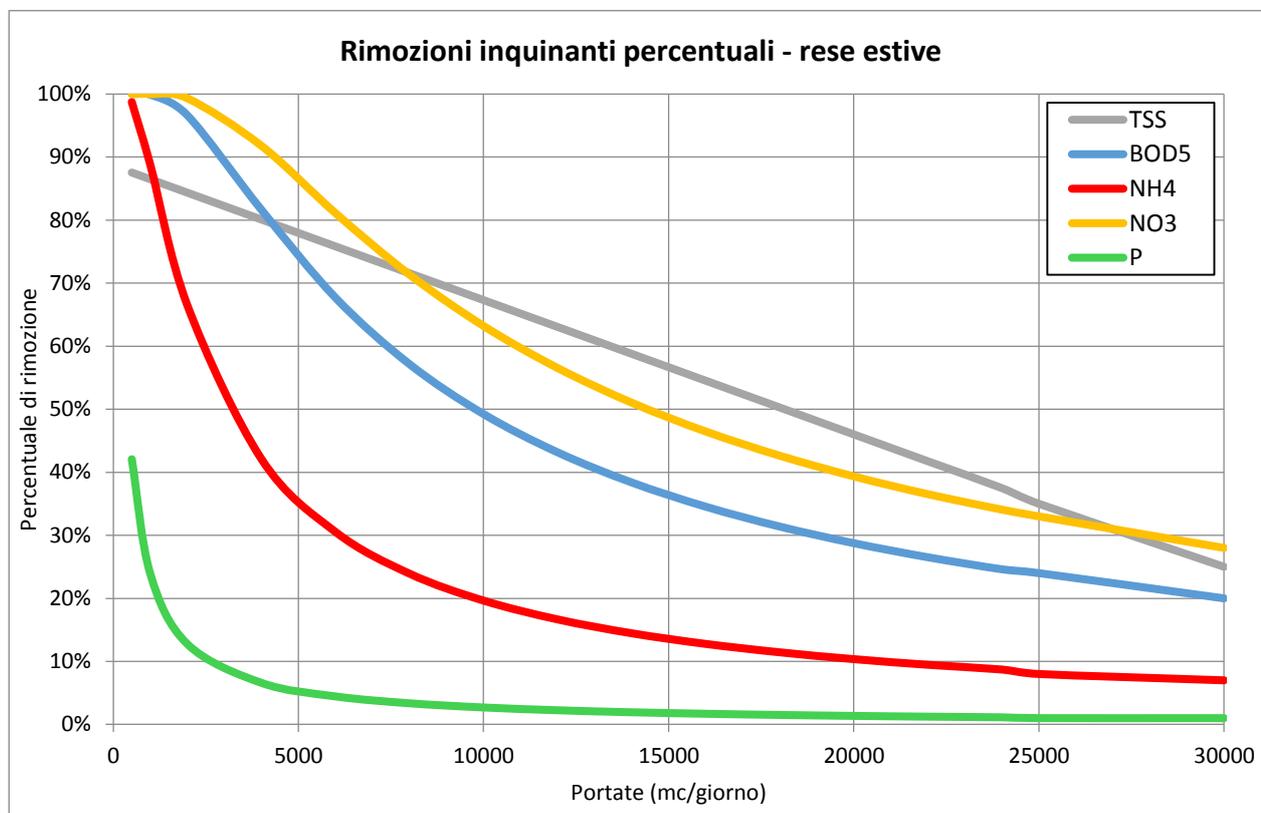


Figura 9 – Rimozioni percentuali dei nutrienti del sistema di finissaggio in estate



Da quanto emerso dalle simulazioni si può concludere quanto segue:

- la zona di maggior interesse per il trattamento dell'effluente depurato è quella delle portate inferiori a 2.000 mc/giorno. Oltre tale soglia i rendimenti diventano poco interessanti in percentuale, non è detto che lo siano anche in termini assoluti;
- nel caso invernale sono ancora rilevanti i rendimenti (>30% tranne che per il fosforo) per portate fino a 3.000 mc/giorno;
- nel caso estivo sono ancora rilevanti i rendimenti (>30% tranne che per il fosforo) per portate fino a 5000 mc/giorno.

Un'ulteriore simulazione è stata effettuata sui carichi totali in uscita dal sistema di finissaggio, considerando una portata media trattata di circa 15.500 mc/giorno su una superficie totale delle vasche di finissaggio di 10.000 mq.

Da questa simulazione si possono ottenere i benefici in termini di recupero di sostanze organiche che non vengono riversate in corpo idrico. La sintesi è riportata nella tabella che segue.

CARICHI ANNUI	EFFLUENTE DEPURATO	EFFLUENTE DEPURATO A VALLE DEL SISTEMA DI FINISSAGGIO	ABBATTIMENTO ASSOLUTO	ABBATTIMENTO %
BOD₅ [t] O ₂	93.76	67.62	-26.14	28%
Solidi sospesi totali [t]	147.04	65.30	-81.75	56%
Fosforo totale [t] P	8.54	8.39	-0.15	2%
Azoto ammoniacale [tN-NH ₄ /L]	4.35	3.89	-0.46	11%
Azoto nitrico [tN-NO ₃ /L]	37.45	27.17	-10.28	27%

Tabella 4: Sottrazione netta di carichi attribuibile al sistema di finissaggio



I risultati mostrano ottimi abbattimenti per quanto riguarda i solidi sospesi, buoni abbattimenti per il BOD e l'azoto nitrico e discreti per quanto riguarda gli altri inquinanti valutati, ad eccezione del fosforo che rimane l'inquinante più persistente.

È stato dichiarato in principio che i sistemi naturali hanno anche una funzione di disinfezione e di rimozione di alcuni metalli. Non sono state effettuate simulazioni al riguardo dal momento che non era disponibile una quantità consistente di dati sulla presenza di batteri e di metalli nelle portate sfiorate. È possibile però dedurre alcune considerazioni sui rendimenti dalla letteratura e dagli studi specifici riportati nella Relazione Tecnica.

Per quanto riguarda il potere di rimozione della carica batterica si può osservare come essa dipenda moltissimo dalla stagionalità e si possono ottenere rimozioni interessanti, solo per tempi di residenza superiori al giorno, nel qual caso si avrebbe un abbattimento della carica compreso tra il 30 e il 70%. I rendimenti invernali, per i tempi di residenza considerati, difficilmente supereranno il 70%, mentre quelli estivi possono superare anche il 90%.

4.4. ANALISI DELLE CARATTERISTICHE AMBIENTALI

Per il seguente progetto è stato sviluppato uno studio di prefattibilità ambientale, riportato in allegato, che studia l'inserimento ambientale di ogni intervento previsto e la loro possibile interferenza con le componenti ambientali presenti.

Per quanto riguarda la gestione della risorsa idrica, gli interventi previsti andranno ad aumentare in modo significativo la qualità delle acque, considerando l'attuale grado di inquinamento del fiume Lambro in questo tratto, dovuto alla presenza del depuratore di Nibionno in sponda sinistra. Infatti, il finissaggio delle acque in uscita dall'impianto di depurazione, permette di ridurre significativamente la concentrazione di inquinanti nelle acque del Lambro.

Inoltre le vasche in progetto potrebbero contribuire ad avere un effetto migliorativo, sebbene in minima parte, in termini di laminazione delle portate di piena che verranno restituite al corso d'acqua con tempistiche diverse rispetto all'attuale gestione.

I sistemi di finissaggio previsti dal progetto ricadono su fasce di territorio identificate dalla normativa vigente come ambiti di tutela ambientale e paesaggistica. In particolare alcune aree, che saranno occupate dalle vasche, sono identificate come area boscata dal PTC del Parco Valle Lambro. La legge regionale che disciplina e regola le trasformazioni degli ambiti boscati è la d.g.r. 675/2005 e s.m.i.



Gli interventi in progetto, però, non prevedono una completa trasformazione del bosco, ma solamente una trasformazione temporanea dovuta all'allestimento del cantiere per i lavori.

Infatti, in considerazione delle caratteristiche del sito scelto, si è pensato di progettare un sistema con caratteristiche intermedie tra un sistema classico FWS ed uno SFF (Sistema Filtro Forestale). Considerando la peculiarità dell'ambiente interessato dall'intervento si è deciso di apportare con il sistema filtro una opportunità di miglioramento dell'habitat attuale. Il rinnovamento dell'area boscata verrà così attuato attraverso la piantumazione di nuove specie vegetali, qualora quelle esistenti non avessero le caratteristiche richieste da un SFF, che contribuiranno al miglioramento dell'ecosistema e della diversità ambientale.

Non trattandosi pertanto di una trasformazione definitiva dell'area boscata non sono previsti interventi di compensazione.

Il rinnovamento dell'area boscata costituisce una delle principali misure di salvaguardia per popolazioni residue di specie di Rettili e Uccelli svolgendo altresì un ruolo nell'implementazione della rete ecologica alla scala locale.

Visto quanto detto sull'utilità degli interventi previsti in merito al miglioramento della qualità delle acque, risultano chiari i risvolti positivi anche per la comunità ittica presente.

Sono state infine indagate anche le possibili interferenze ambientali nelle fasi precedenti alla realizzazione delle opere, ovvero le possibili interferenze dovute alle attività di cantiere, a cui si rimanda nello studio di prefattibilità ambientale.



5. STUDI SPECIALISTICI SULLE AREE INTERESSATE DAL PROGETTO

In seguito sono riportati gli studi specialistici effettuati sulle aree interessate dal presente progetto. È stata svolta un'analisi idrologica, su aspetti riguardanti il clima e l'idrologia dei territori, una relazione geologica. Inoltre è stato svolto uno studio di prefattibilità ambientale per l'inserimento paesaggistico delle opere in progetto e un accertamento sulla disponibilità delle aree coinvolte dall'intervento. Tali studi specialistici sono riportati in maniera più dettagliata nella Relazione Tecnica allegata al progetto.

5.1. RELAZIONE IDROGEOLOGICA

5.1.1. Clima

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.

Il regime pluviometrico della Brianza si inquadra in un regime di tipo "prealpino". Tale regime infatti è caratterizzato da due massimi, l'uno in ottobre più accentuato e l'altro in maggio mentre i minimi si registrano rispettivamente in febbraio ed in luglio.

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 °C 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

5.1.2. Regime pluviometrico

Dall'analisi delle serie meteorologiche delle precipitazioni giornaliere disponibili si ricava come mediamente nell'area del Comune cadono circa 1300-1400 mm di acqua all'anno.

La distribuzione delle precipitazioni è caratterizzata da picchi sia primaverili che autunnali. I mesi più piovosi in assoluto sono Novembre, Aprile, Maggio, Settembre.

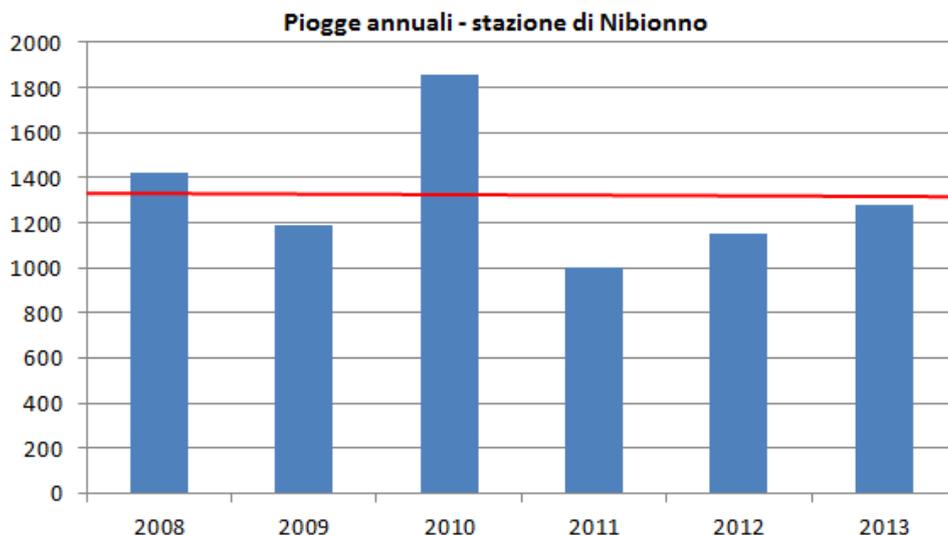


Figura 10 - Precipitazioni totali annuali per il periodo 2008 – 2013 (Stazioni di Nibionno)

5.1.3. Idrografia superficiale

Il principale corso d'acqua presente nell'area è il Lambro, il suo principale affluente nella zona di Nibionno è la Bevera di Tabiagio, che confluisce nel Lambro a nord dell'area del depuratore. La Bevera di Tabiagio è la più piccola tra le Bevere presenti nel territorio della Brianza. È costituita da due principali rami di alimentazione: il primo viene alla luce in località Centemero di Costa Masnaga, il secondo nasce presso la località Campolusco in Comune di Bulciago. In totale il reticolo costituente il corso d'acqua ha una lunghezza di circa 4.200 metri, affronta un dislivello complessivo di circa 50 metri (da 291 a 241 m s.l.m.) e drena un bacino di circa 3 km².

Sulla destra idraulica del fiume Lambro, in prossimità dell'area in oggetto, sono presenti i Laghi di Carpanea, di origine artificiale formati in cave abbandonate di argilla. Si tratta di tre laghetti immersi nel verde con una superficie complessiva di circa 100.000 m² e una profondità massima di 10 m.

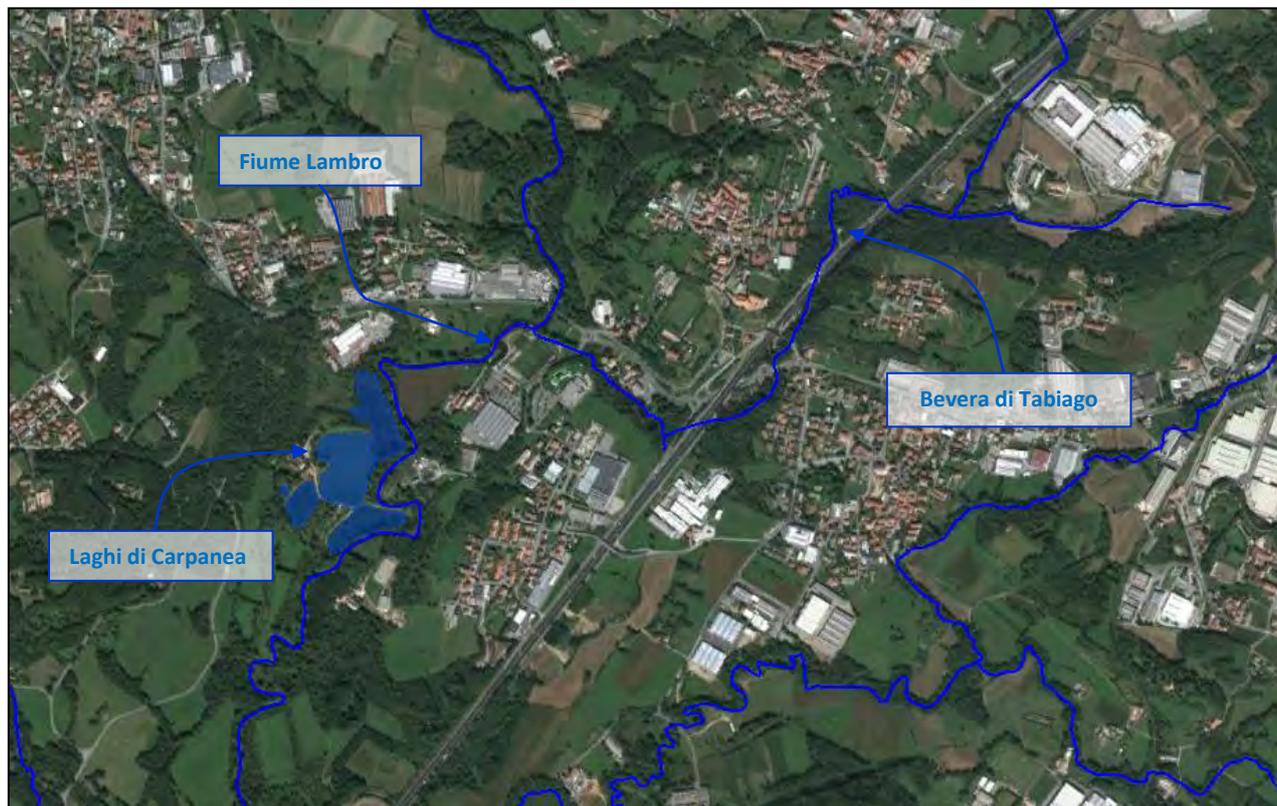


Figura 11 – Idrografia dell'area

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

La curva delle portate (in Figura 12 viene riportata quella calcolata nel periodo 1955-1972 e 2004-2012) mostra che, considerando un valore di portata in uscita dallo scarico ordinario del depuratore di circa 0,18 mc/s, si riesce a garantire per la maggior parte dell'anno una diluizione superiore a 10 volte la portata e per circa un terzo dell'anno una diluizione superiore a 30 volte.

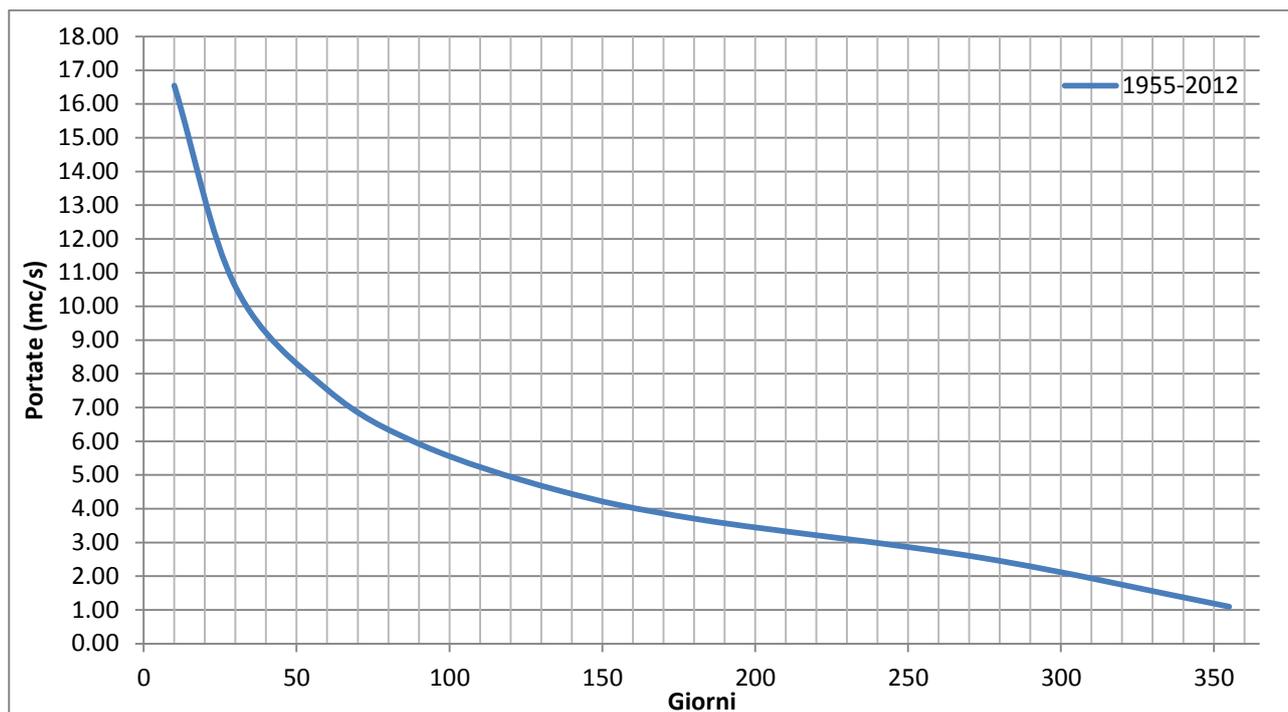


Figura 12 – Curva delle portate del Lambro alla sezione di Lambrugo

Sulla diluizione delle portate di pioggia, data la notevole variabilità dei loro valori, non si può affermare molto se non riferirsi nuovamente alla statistica presentata sopra, dove si evidenziava che nel 2012 si sono verificati quasi una dozzina di eventi in concomitanza a situazioni idrologiche molto povere. Naturalmente la modificazione del regime idrologico non è una variabile considerata in questo progetto, per quanto sia allo studio del Parco Regionale della Valle del Lambro una regola di gestione del Lago di Pusiano (attraverso il Cavo Diotti) che consenta di considerare anche le esigenze di diluizione dei carichi introdotti nell'asta fluviale sublacuale.

Ad ulteriore dettaglio del comportamento idrologico del Lambro nella sezione di Lambrugo si riporta la statistica relativa alle portate medie, minime e massime mensili qui registrate nel periodo 2004-2012.

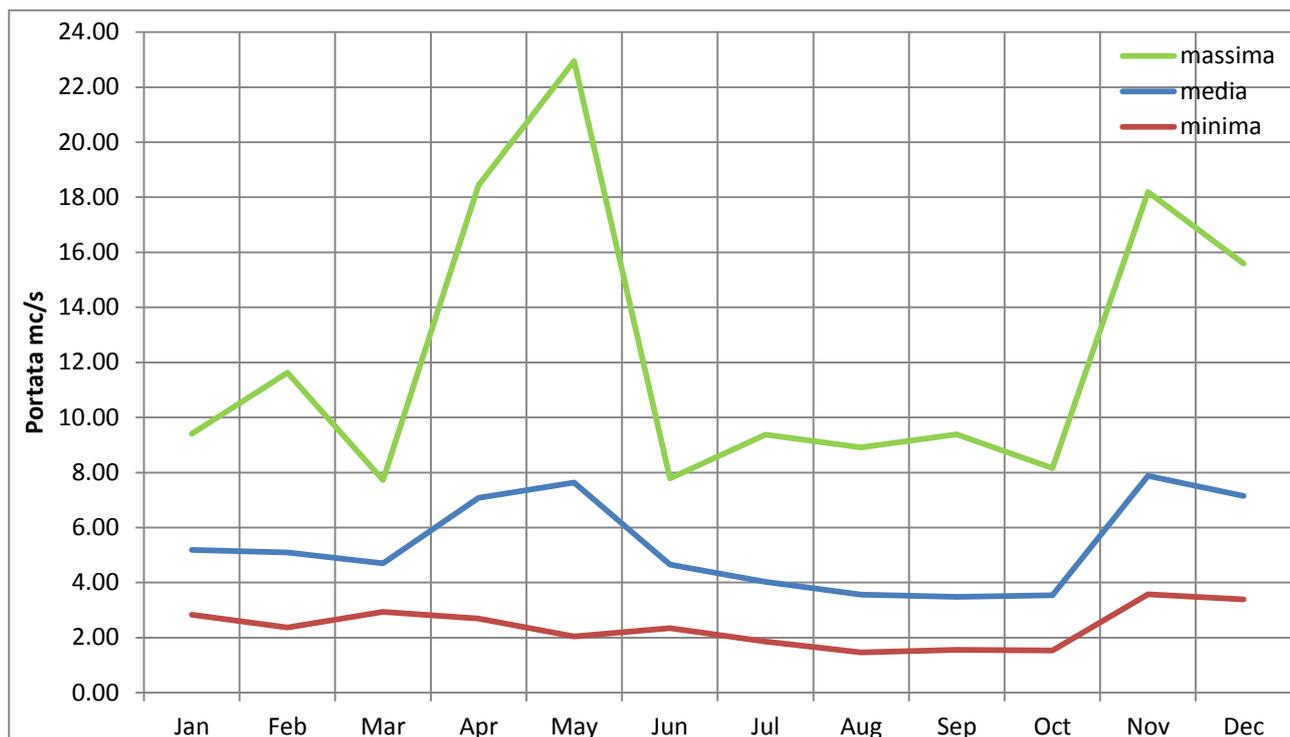


Figura 13 – Portate medie mensili a Lambrugo nel periodo 2004-2012

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 e medi non superiori ai 4 mc/s. I minori problemi sono invece relativi ai medi di Aprile, Maggio, Novembre e Dicembre, che godono delle minime (>3 mc/s) e medie (>6 mc/s) più abbondanti.

5.2. RELAZIONE GEOLOGICA

Il territorio brianzolo è compreso, dal punto di vista geografico, tra le Prealpi meridionali a Nord, il fiume Adda ad Est e grosso modo il corso del fiume Seveso ad Ovest.

Il suo limite inferiore giace a circa 150 m sul livello del mare all'altezza di Monza mentre quello superiore supera di poco gli 800 m con il monte Crocione e il San Genesio sopra Colle Brianza. I principali elementi geografici di questo territorio sono i quattro laghi rispettivamente di Annone, di Pusiano, di Alserio e di Montorfano, l'asse vallivo del fiume Lambro con le piccole valli laterali di alcuni suoi affluenti di sinistra e i due rilievi principali di Montevecchia e del S. Genesio oltre alle modeste colline glaciali che sfumano via via verso la pianura monzese.



I centri abitati più importanti sono Monza, Cantù ed Erba ed essi racchiudono una delle aree più popolate e industrializzate d'Italia e forse d'Europa.

Nell'area esaminata nella "Carta Geologica" affiorano quasi esclusivamente i depositi collegati alle glaciazioni del quaternario, ad eccezione di alcuni lembi di roccia del substrato. Le unità litologiche individuate sono le seguenti, a partire dalle più antiche:

- Substrato roccioso prequaternario
- Argille sotto il Ceppo
- Ceppo
- Depositi Morenici (Würm)
- Depositi Fluvioglaciali (Würm)
- Argille e limi lacustri (Sin e post Würmiani)
- Alluvioni sabbioso-ghiaiose terrazzate
- Alluvioni sabbioso-ghiaiose attuali

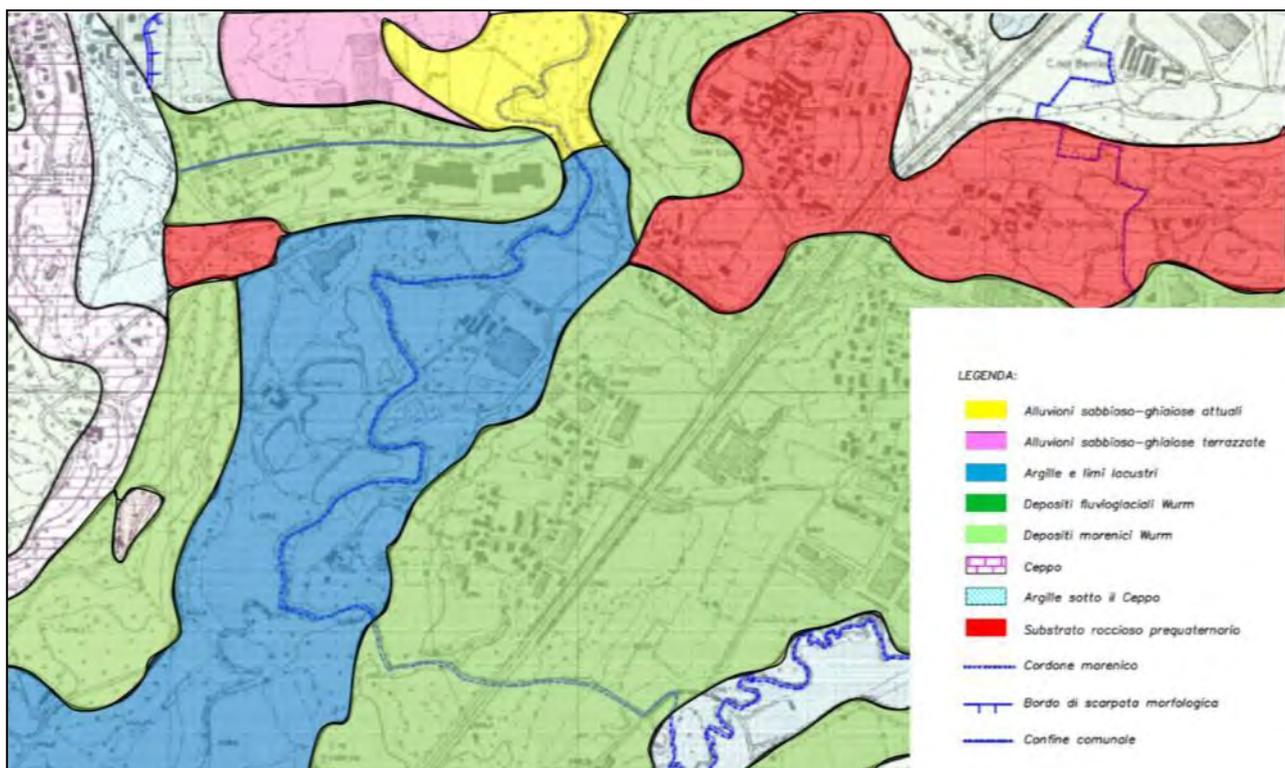


Figura 14: Carta geologica dal PGT di Nibionno 2002

5.2.1. Fattibilità geologica

Nell'ambito del territorio comunale di Nibionno il PGT riconosce le seguenti aree omogenee:



- Classe 4: Fattibilità con gravi limitazioni
- Classe 3: Fattibilità con consistenti limitazioni
- Classe 2: Fattibilità con modeste limitazioni
- Classe 1: Fattibilità senza particolari limitazioni

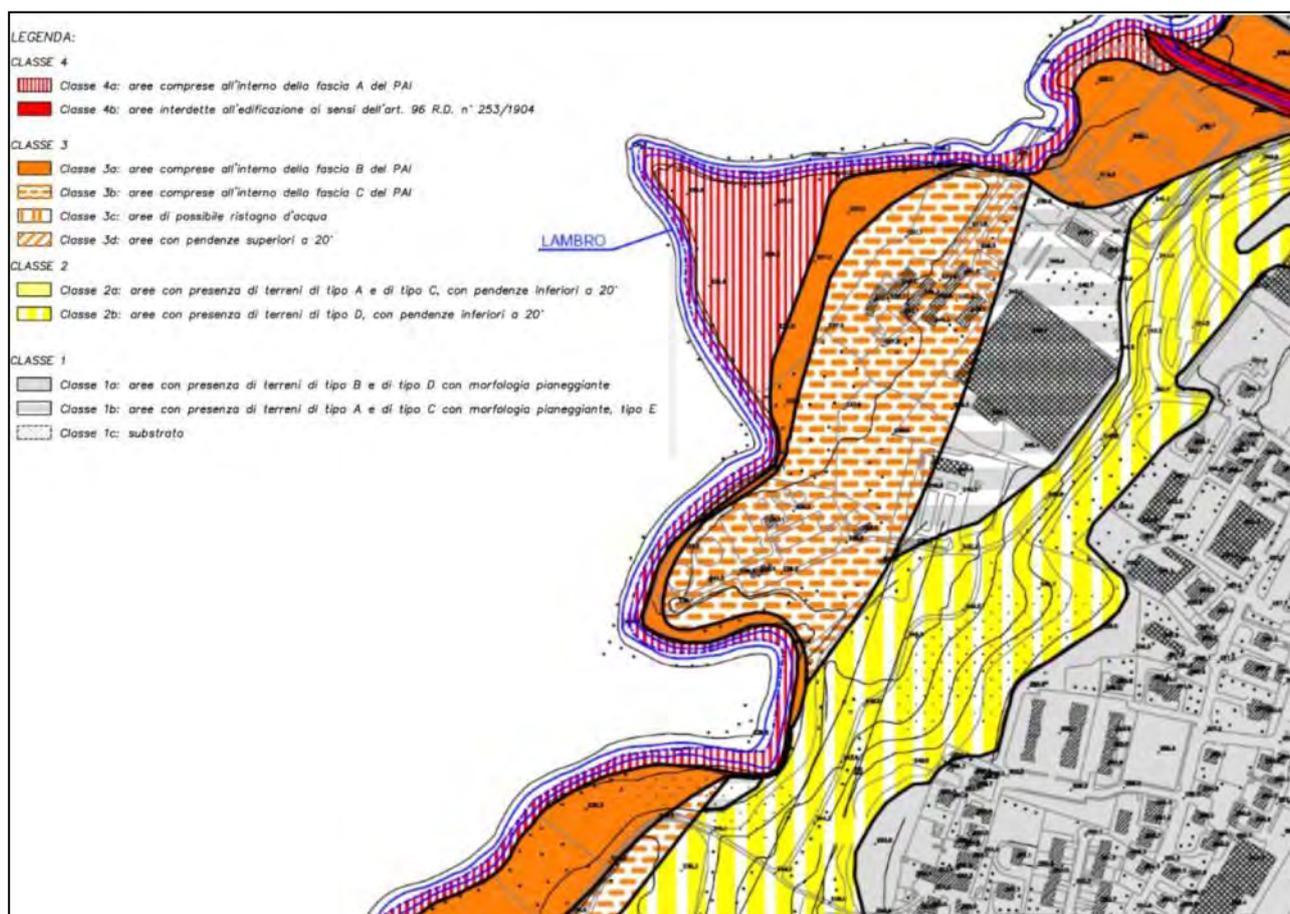


Figura 15: Carta della fattibilità geologica da PGT Nibionno 2002

5.3. PIANO PARTICELLARE PRELIMINARE

È stato redatto per il seguente progetto preliminare un piano particellare preliminare delle aree. Come si può osservare dall'immagine riportata, ai fini della realizzazione delle opere previste dal presente progetto preliminare non dovrebbero esistere particolari problematiche, dal momento che tutte le aree interessate attigue al depuratore di Nibionno risultano essere già di proprietà della VALBE, società di gestione dell'impianto. Non sarà pertanto necessario provvedere ad acquisizioni.

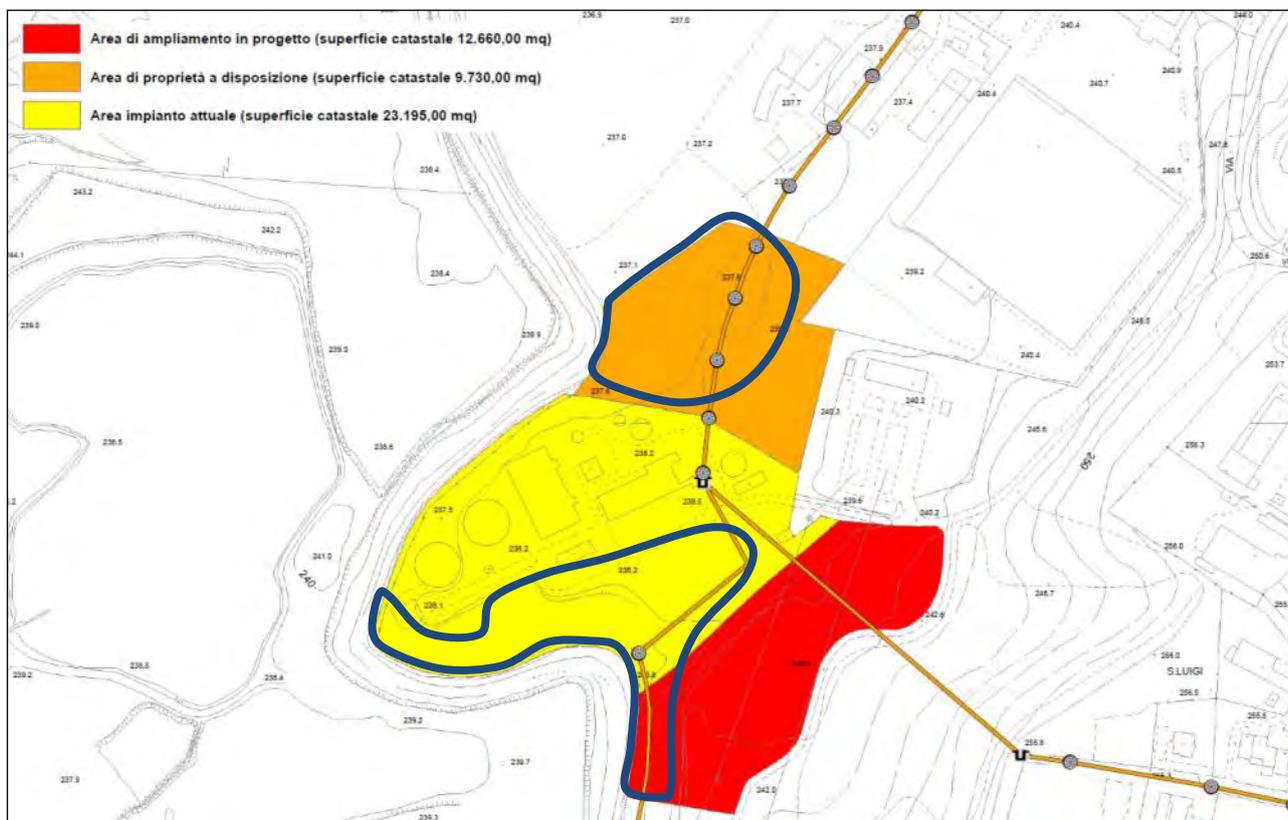


Figura 16 Stralcio catastale delle aree oggetto dell'intervento



6. INDIRIZZI PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA

In sede di progettazione definitiva sarà naturalmente necessario approfondire le indagini preliminari svolte in questa fase propositiva.

Occorrerà sicuramente:

- affrontare la questione dell'inserimento ambientale dell'opera nel contesto del Parco Regionale della Valle del Lambro;
- approfondire la questione dell'impermeabilità dei suoli interessati, su tutte le superfici occupate e per i soli primi metri di profondità;
- approfondire la problematica relativa all'utilizzo di composti clorati nella fase di disinfezione e la sua potenziale tossicità sugli ecosistemi a valle e valutare opzioni alternative;
- formalizzare le convenzioni per le diverse competenze richieste ai diversi enti e società interessate (gestione e manutenzione ordinaria, costi di gestione, etc);

oltre naturalmente a valutare le possibili migliorie impiantistiche e tecnologiche che, a parità di impegno finanziario, possono essere implementate.



7. CRONOPROGRAMMA

Di seguito è riportato il cronoprogramma relativo alla programmazione degli step progettuali previsti.

MESI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Assegnazione progetto definitivo																					
Progetto definitivo																					
Ottenimento autorizzazioni necessarie																					
Assegnazione progetto esecutivo																					
Progetto esecutivo																					
Validazione progetto esecutivo																					
Assegnazione lavori																					
Esecuzione lavori																					
Collaudo																					

Tabella 5: Cronoprogramma



8. QUADRO ECONOMICO

Si riporta di seguito il quadro economico degli interventi previsti nel progetto preliminare.

	Costo [Euro]	
<i>Opere a base d'appalto</i>		
A) RETE COLLEGAMENTO VASCHE	82.967	
B) MANUFATTO DI PRETRATTAMENTO	39.524	
C) ARGINATURE AREE DI FITODEPURAZIONE	48.542	
D) VASCHE FITODEPURAZIONE	85.988	
E) OPERE A VERDE PER VASCHE	43.413	
Sicurezza	9.013	
	<i>Totale opere</i>	309.448
<i>Somme a disposizione dell'Ente</i>		
Imprevisti		30.593
Oneri		66.096
Spese tecniche		43.863
	<i>Totale somme a disposizione</i>	140.552
	<i>Totale complessivo</i>	450.000

Tabella 6 Quadro economico



9. ELENCO ELABORATI DEL PROGETTO PRELIMINARE

Il seguente progetto preliminare denominato “Affinamento depurativo a valle del depuratore di Nibionno” è composto dai seguenti elaborati:

Elaborati di testo:

1. Relazione illustrativa
2. Relazione tecnica
3. Studio di prefattibilità ambientale
4. Calcolo sommario e quadro economico
5. Piano particellare preliminare delle aree

Elaborati grafici:

- Tav. 1 Corografia - scala 1:10.000
- Tav. 2 Planimetria stato di fatto - scala 1:500
- Tav. 3 Planimetria di progetto - scala 1:500
- Tav. 4 Area finissaggio: profili vasche