



ALFA s.r.l.
Via Bottini, 5 - 21013 Gallarate (VA)

MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELL'IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE DEL DEPURATORE DI ANGERA (VA)

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

DATA
MAG 2026

RELAZIONE GENERALE E TECNICA

CODICE
AFA
1.01

SCALA
-
REV.
00

I progettisti

Ing. Alessandro Balbo
Ordine Ingegneri Milano - N. A22903



Ing. Giacomo Galimberti
Ordine Ingegneri Como - N. 2171A

Ing. Riccardo Bresciani
Ordine Ingegneri Firenze - N. 4452



Ing. Nicola Martinuzzi
Ordine Ingegneri Firenze - N. 3663

Gruppo di lavoro

Arch. Domenico Avati
Geom. Ivano Filippini
Ing. Rebecca Gualdoni

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE
00	05/2026	PRIMA EMISSIONE

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	OBIETTIVI E STRATEGIE PROGETTUALI.....	4
2.1	Caratteristiche dei sistemi di fitodepurazione.....	5
2.2	Proprietà depurative ed ecologiche	5
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	7
3.1	Inquadramento geografico.....	7
3.2	Inquadramento Catastale	7
3.3	Inquadramento urbanistico	10
4	VINCOLI	11
4.1	Vincoli paesaggistici.....	11
4.2	Vincolo forestale	13
4.3	Aree protette e reti ecologiche	14
5	INQUADRAMENTO PAESAGGISTICO.....	16
5.1	Inquadramento sovralocale	16
5.1.1	Piano Territoriale Regionale (PTR)	16
5.1.2	Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP).....	18
6	MATERIALE FORNITO.....	20
7	DESCRIZIONE STATO DI FATTO.....	21
8	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	26
8.1	DESCRIZIONE DELLA PROPOSTA PROGETTUALE	27
8.2	SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO.....	31
8.2.1	SISTEMA A FLUSSO LIBERO SUPERFICIALE PER POST-TRATTAMENTO (FWS – 1).....	31
8.2.2	SISTEMA A FLUSSO LIBERO SUPERFICIALE PER ACQUE DI SFIORO (FWS – 2)	32
8.3	AVVIO DEI SISTEMI DI FITODEPURAZIONE A FLUSSO LIBERO (FWS).....	32

8.4	MANUFATTI IDRAULICI DI REGOLAZIONE	33
8.4.1	Manufatto di regolazione Vasca Volano FWS-1	33
8.4.2	Manufatto di regolazione Vasca FWS-2	33
8.4.3	Manufatto di scarico Vasca FWS-2.....	34
9	CONCLUSIONI.....	35

1 PREMESSA

Gli scriventi sono stati incaricati dalla società Alfa S.r.l. di sviluppare il seguente progetto di fattibilità tecnica ed economica *“Manutenzione straordinaria dell'impianto di fitodepurazione del depuratore di Angera (VA)”*.

Gli interventi programmati, configurati come attività di manutenzione straordinaria, mirano al ripristino delle condizioni idrauliche, biologiche e morfologiche dei bacini, assicurando la corretta interazione tra substrati filtranti, vegetazione idrofila e processi depurativi naturali. Il miglioramento delle prestazioni del sistema consente di incrementare l'efficienza complessiva del trattamento e di assicurare una più elevata qualità delle acque recapitate nel corpo idrico lacustre, contribuendo alla tutela dell'ecosistema, alla riduzione dei carichi inquinanti residui e al mantenimento degli equilibri ecologici tipici degli ambienti umidi.

Il presente elaborato costituisce la Relazione Generale, all'interno della quale vengono illustrati i vincoli insistenti sull'area di intervento, lo stato di fatto del sistema di fitodepurazione e lo stato di progetto conseguente agli interventi programmati. La relazione fornisce inoltre una descrizione tecnica delle opere previste sui bacini di fitodepurazione a flusso superficiale (FWS) e sui relativi manufatti idraulici, evidenziando le soluzioni progettuali adottate per garantire il ripristino funzionale del sistema e il miglioramento delle prestazioni depurative complessive.

2 OBIETTIVI E STRATEGIE PROGETTUALI

Attualmente è presente un eco-sistema filtro che riceve in tempo di pioggia le acque di fognatura mista provenienti dal manufatto di sfioro esistente in testa al depuratore, ed in tempo secco l'effluente trattato dal depuratore prima dello scarico nel Lago Maggiore. Il sistema si presenta in condizioni di marcato abbandono, con interrimento di molte sezioni dei bacini, ridotta diffusione delle piante acquatiche, limitati manufatti di regolazione idraulica, stato degli accessi tali da non consentire una buona gestione e manutenzione dei bacini in ogni settore.

Il presente PFTE ha l'obiettivo di definire gli interventi di manutenzione straordinaria dell'impianto di fitodepurazione del depuratore di Angera, finalizzati a ripristinare e migliorare l'efficienza del sistema fitodepurativo. L'intervento agisce sul potenziamento dei sistemi filtro-acquatici esistenti, contribuendo sia al miglioramento qualitativo delle acque superficiali sia all'incremento della funzionalità ecologica e della qualità degli ecosistemi connessi.

Più in dettaglio, gli interventi sono orientati innanzitutto a garantire un miglioramento della qualità delle acque lacustri attraverso l'ottimizzazione dei processi di trattamento e l'aumento della capacità di rimozione degli inquinanti. A tal scopo si prevede la trasformazione dell'intero bacino in un sistema di fitodepurazione a flusso libero (FWS) caratterizzato da altezze d'acqua ideali per lo sviluppo e la crescita di varie essenze vegetali acquatiche, in modo da assicurare con una densità maggiore di quella esistente un idoneo supporto alla formazione di comunità di microorganismi capaci di degradare le sostanze inquinanti presenti sia in tempo secco nelle acque trattate dal depuratore, sia in tempo di pioggia nelle le acque di sfioro della fognatura mista in testa al depuratore. Gli interventi previsti prevedono inoltre il ripristino di migliori condizioni idrauliche di flusso all'interno del sistema, evitando la formazione di zone morte e stagnanti e massimizzando il tempo di ritenzione idraulico e quindi la capacità depurativa complessiva, migliorando la qualità delle acque scaricate prima dell'immissione nel lago.

Le acque in arrivo dal depuratore consentono di mantenere il sistema di fitodepurazione attivo durante tutto l'anno, assicurando lo sviluppo delle essenze vegetali; in tempo di pioggia, le acque di sfioro vengono anch'esse sottoposte a processi fitodepurativi e, al crescere delle portate, mantenute il più a lungo possibile all'interno del sistema mediante una bocca tarata posta in uscita. Dal punto di vista idraulico quindi il progetto consente di laminare le acque di fognatura mista provenienti dal manufatto di sfioro in testa al depuratore, riducendo gli effetti delle portate di picco sul corpo recettore.

Il progetto prevede anche la riqualificazione degli accessi esistenti e degli argini sia perimetrali che all'interno del sistema di fitodepurazione, di modo da rendere più agevoli in futuro eventuali operazioni di gestione delle essenze vegetali e di manutenzione straordinaria (come ad esempio la rimozione di sedimenti nelle zone di ingresso). Questo consentirà anche di avere una rete di percorsi ben sviluppata all'interno della zona umida che può essere sfruttata per visite didattiche ed ambientali, o per attività di avvistamento dell'avifauna.

In conclusione, l'intervento previsto in progetto, in una logica multi-obiettivo, si configura quindi come un'opera finalizzata ad assicurare una gestione sostenibile delle acque di sfioro da fognatura mista e

meteoriche, mediante:

- l'ottimizzazione dei processi di laminazione e trattamento delle portate idrauliche in uscita dal sistema depurativo ed in arrivo dallo sfioro di testa;
- il miglioramento in termini di qualità delle acque
- l'incremento della biodiversità
- il potenziamento dei servizi ecosistemici
- la riqualificazione dei percorsi anche in una logica di miglioramento della fruizione e delle funzioni relative all'educazione ambientale

2.1 Caratteristiche dei sistemi di fitodepurazione

I sistemi di fitodepurazione rappresentano una tecnologia di trattamento naturale delle acque basata sull'interazione sinergica tra substrato, vegetazione macrofita, comunità microbiche e processi fisico-chimici.

Si configurano come ecosistemi artificiali controllati che riproducono i processi autodepurativi tipici delle zone umide naturali. Essi possono essere realizzati secondo differenti configurazioni impiantistiche:

- sistemi a flusso superficiale (Free Water Surface – FWS);
- sistemi a flusso sommerso orizzontale (HF);
- sistemi a flusso sommerso verticale (VF);
- sistemi ibridi combinati.

Nel contesto lacustre risultano particolarmente efficaci le configurazioni integrate con aree umide perilacuali, fasce tampone vegetate, canneti artificiali, bacini di fitofiltrazione, sistemi di affinamento terziario delle acque meteoriche o reflue.

Le specie vegetali impiegate devono essere prioritariamente autoctone e coerenti con gli habitat lacustri locali, al fine di evitare fenomeni di invasività biologica e favorire la continuità ecologica. Tra le specie maggiormente utilizzate:

- *Phragmites australis*;
- *Typha latifolia*;
- *Carex spp.*;
- *Scirpus lacustris*;
- *Iris pseudacorus*.

2.2 Proprietà depurative ed ecologiche

I sistemi di fitodepurazione possiedono proprietà depurative derivanti dall'azione combinata di processi fisici, chimici e biologici che coinvolgono substrato, vegetazione acquatica e comunità microbiche. Attraverso fenomeni di sedimentazione, filtrazione, degradazione della sostanza organica e assimilazione dei nutrienti, tali sistemi consentono la riduzione dei solidi sospesi, del carico organico, dell'azoto e del fosforo, contribuendo anche alla diminuzione della torbidità e del carico batterico.

Nei contesti lacustri, la fitodepurazione svolge un ruolo particolarmente importante nel contenimento dei fenomeni di eutrofizzazione, favorendo la riduzione delle fioriture algali, il miglioramento

dell'ossigenazione e della trasparenza delle acque e il riequilibrio ecologico dell'ecosistema lacustre.

I sistemi di fitodepurazione devono essere concepiti come elementi strategici per l'incremento della biodiversità ecosistemica e paesaggistica degli ambienti lacustri. Le aree umide artificiali connesse al lago svolgono infatti un'importante funzione ecologica, creando habitat idonei per numerose specie di avifauna acquatica, anfibi, insetti impollinatori, macroinvertebrati bentonici e ittiofauna, favorendo così il rafforzamento delle reti ecologiche locali e della continuità ambientale.

L'impiego di vegetazione autoctona e la diversificazione strutturale degli habitat contribuiscono ad aumentare la resilienza ecologica del sistema, migliorando la stabilità delle sponde, riducendo i fenomeni erosivi e incrementando la complessità dell'ecosistema lacustre. In tale contesto assume particolare rilevanza la realizzazione di alternanza di superfici sommerse ed emerse, gradienti igrofilici e presenza di microhabitat diversificati, condizioni che consentono di aumentare la ricchezza specifica e la funzionalità ecologica complessiva del lago.

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1 Inquadramento geografico

Le aree interessate dagli interventi di manutenzione straordinaria dell'impianto di fitodepurazione del depuratore di Angera previsti dal presente progetto sono localizzati in prossimità dell' Oasi della Bruschera, in Comune di Angera.



Figura 1 - Ubicazione degli interventi (Foto aerea)

3.2 Inquadramento Catastale

L'inquadramento catastale è stato effettuato mediante analisi dei dati riportati sul sito internet della Regione Lombardia (www.geoportale.regione.lombardia.it), visure catastali e richiedendo alcune informazioni di dettaglio direttamente agli uffici tecnici comunali.

Gli ambiti di intervento contemplati nel presente progetto sono tutti di proprietà pubblica, di proprietà del Comune di Angera (VA) e del Demanio Pubblico dello Stato.

Pertanto, dal punto di vista catastale, non sono necessarie procedure di esproprio e di occupazione temporanea.

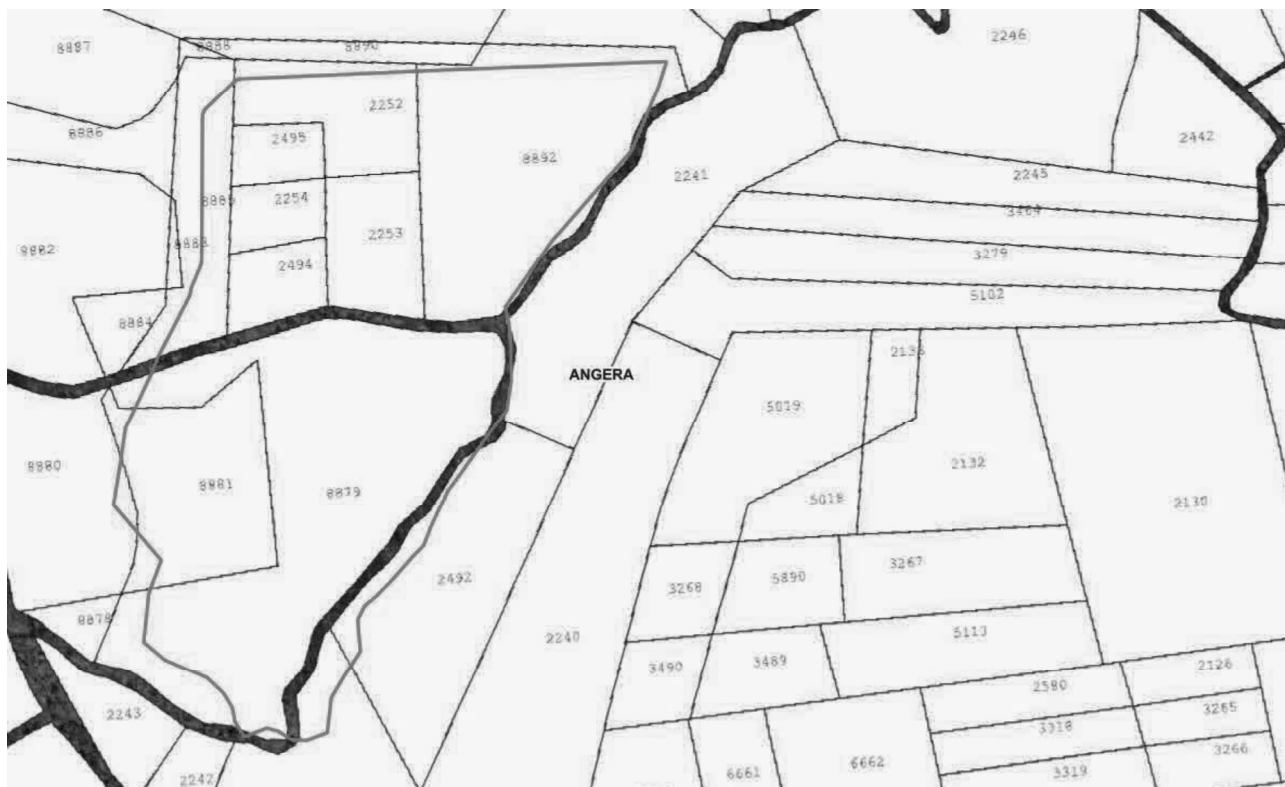


Figura 2 - Comune di Angera – estratto catastale

Foglio	Part.	Qualità	Classe	ha	are	ca	Nominativo o denominazione	Codice fiscale	Titolarità	Quota
9	2252	INCOLT PROD	1	0	25	60	COMUNE DI ANGERA con sede in ANGERA (VA)	00338310121	Proprietà	1/1
9	2253	INCOLT PROD	1	0	20	90	COMUNE DI ANGERA con sede in ANGERA (VA)	00338310121	Proprietà	1/1
9	2254	INCOLT PROD	1	0	9	50	COMUNE DI ANGERA con sede in ANGERA (VA)	00338310121	Proprietà	1/1
9	2494	INCOLT PROD	1	0	11	20	COMUNE DI ANGERA con sede in ANGERA (VA)	00338310121	Proprietà	1/1
9	2495	INCOLT PROD	1	0	8	25	COMUNE DI ANGERA con sede in ANGERA (VA)	00338310122	Proprietà	1/1
9	8879	INCOLT PROD	3	1	21	90	COMUNE DI ANGERA con sede in ANGERA (VA)	00338310123	Proprietà	1/1

9	8885	INCOLT PROD	1	0	18	25	COMUNE DI ANGERA con sede in ANGERA (VA)	00338310124	Proprietà	1/1
9	8892	INCOLT PROD	1	0	76	80	COMUNE DI ANGERA con sede in ANGERA (VA)	00338310125	Proprietà	1/1
9	8879	INCOLT PROD	3	1	21	90	COMUNE DI ANGERA con sede in ANGERA (VA)	00338310126	Proprietà	1/1
9	8880	INCOLT PROD	1	0	63	40	DEMANIO PUBBLICO DELLO STATO con sede in ROMA (RM)	80193210582	Proprietà	1/1
9	8880	INCOLT PROD	1	0	41	0	DEMANIO PUBBLICO DELLO STATO con sede in ROMA (RM)	80193210582	Proprietà	1/1

3.3 Inquadramento urbanistico

Seguono gli estratti cartografici degli strumenti urbanistici di riferimento per le aree interessate dalle opere in progetto

PGT Angera, Variante approvata con Del. CC n. 30 del 08/06/2017



10
36

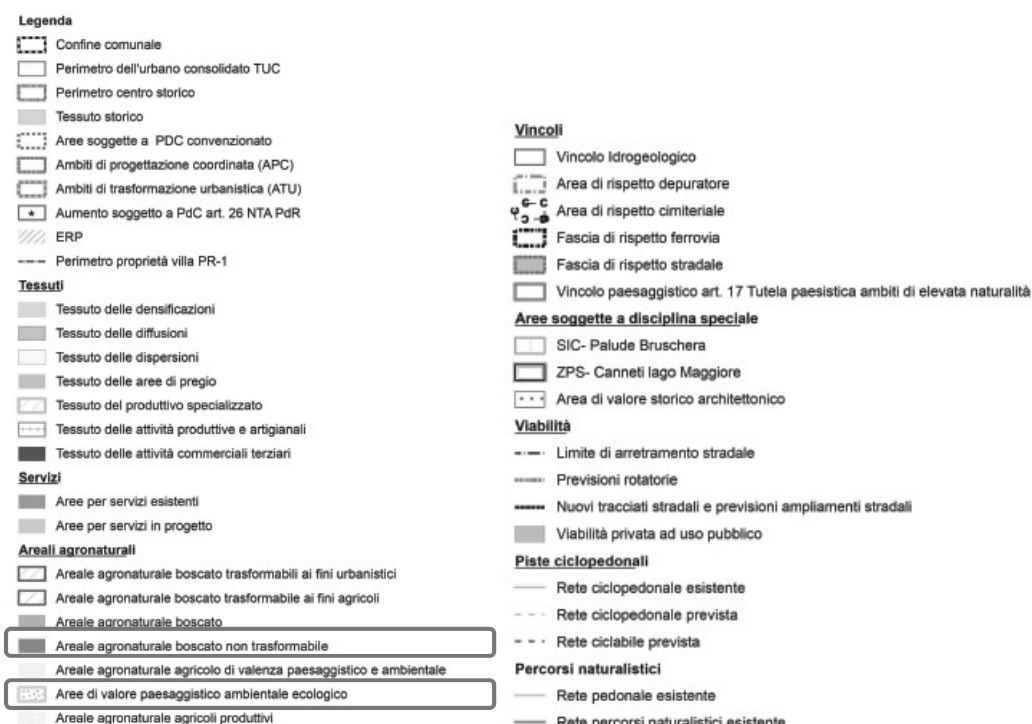


Figura 3 – Quadro urbanistico generale (Tavola PdR02, 2019)

4 VINCOLI

4.1 Vincoli paesaggistici

L'area interessata dalle opere di progetto è assoggettata a vincolo paesaggistico territoriale e dalla Fascia di rispetto dei 300m vincolata D.Lgs. 22 gennaio 2004 n.42.



Legenda

-  Confine comunale
-  Fascia di rispetto vincolata D.Lgs. 22 gennaio 2004 n.42 (300m)
-  Fascia di rispetto vincolata D.Lgs. 22 gennaio 2004 n.42 (150m)
-  Aree di notevole interesse pubblico atto 28.05.69 codice 356
-  Vincolo paesaggistico art.17 tutela paesistica ambiti di elevata naturalità
-  Vincolo paesaggistico territoriale
-  Zone di Protezione Speciale (ZPS)
-  Siti d'interesse archeologico - beni culturali e ambientali
-  Aree d'interesse archeologico - beni culturali e ambientali
-  Fascia di rispetto depuratore
-  Zone di rispetto dei pozzi
-  Area di rispetto cimiteriale
-  Areale agronaturale agricolo di valenza paesaggistico e ambientale
-  Areale agronaturale agricoli produttivi

Figura 4 – Vincoli paesaggistici

PRESENZA DI AREE TUTELATE PER LEGGE (art. 142 del Dlgs 42/04)

- a) territori costieri
- X b) territori contermini ai laghi
- c) fiumi, torrenti, corsi d'acqua:
- d) montagne superiori 1200/1600 m
- e) ghiacciai e circhi glaciali
- f) parchi e riserve
- g) territori coperti da foreste e boschi
- h) università agrarie e usi civici
- i) zone umide
- l) vulcani
- m) zone di interesse archeologico

4.2 Vincolo forestale

Il progetto prevede la manutenzione di aree già adibite a impianto di fitodepurazione. Le aree di progetto **non interferiscono con aree classificate come bosco** né ricadono in aree gravate da vincolo idrogeologico ex R.D. 1923 n.3267.

Gli interventi non prevedono la trasformazione di bosco.



Sistemi verdi non classificati bosco ai sensi dell'art. 43 della l.r. 31/08

-  Sistemi verdi
 Arboricoltura
 Siepi e filari

Superficie boscata

- **Boschi**

Figura 5 – Carta dei boschi e dei sistemi verdi non forestali (PIF Provincia di Varese)

4.3 Aree protette e reti ecologiche

L'area dell'impianto di fitodepurazione del depuratore di Angera non è interessata da aree naturali protette né da aree Natura 2000; tuttavia si tratta di un ambiente importante per le reti ecologiche locali.

- Rete Ecologica Regionale.

Gli interventi ricadono in parte in elementi di primo livello della RER.



Figura 6 - Rete Ecologica Regionale

- Rete Ecologica Provinciale.

La rete ecologica provinciale individua nell'area di progetto elementi di primo livello e ambiti di massima naturalità (SIC e ZPS).

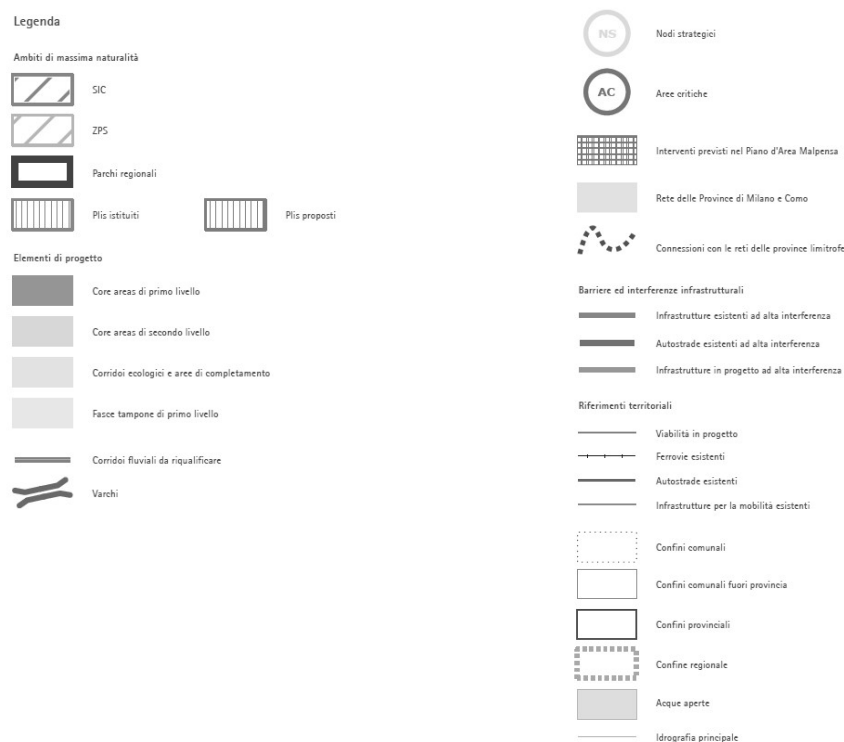
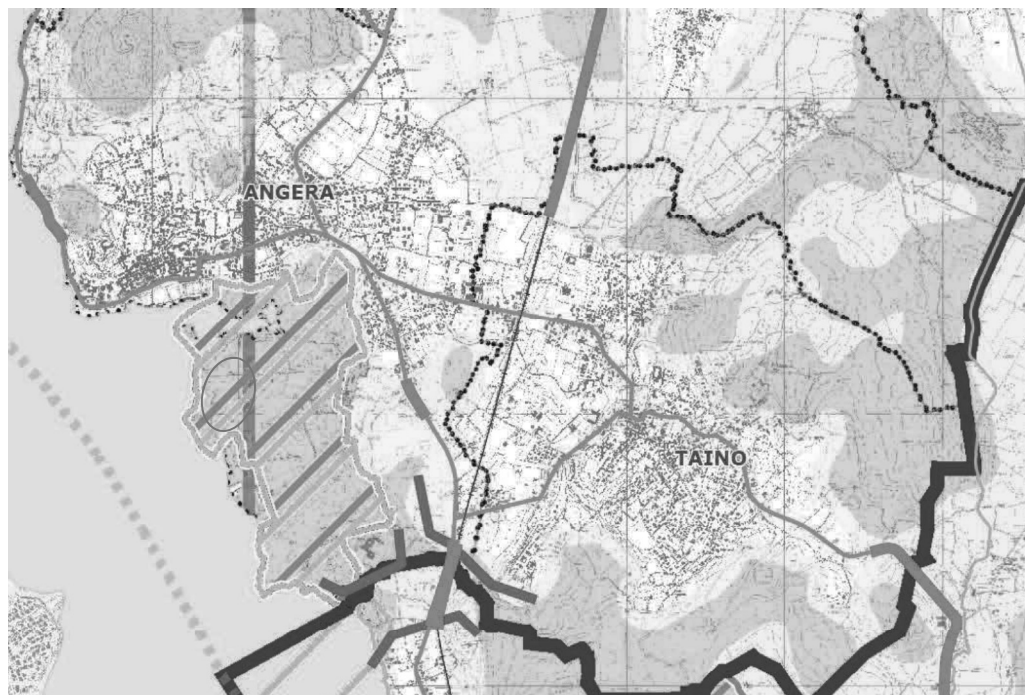


Figura 7 - Rete Ecologica Provinciale (PTCP Varese, Tav. PAE3)

5 INQUADRAMENTO PAESAGGISTICO

5.1 Inquadramento sovralocale

5.1.1 Piano Territoriale Regionale (PTR)

Il Piano Territoriale Regionale (PTR), in applicazione dell'art. 19 della l.r. 12/2005, ha natura ed effetti di piano territoriale paesaggistico. In tal senso esso assume, consolida e aggiorna il Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) vigente e ne integra la sezione normativa.

Il Piano paesistico si sviluppa in una Relazione Generale, che esplicita contenuti, obiettivi e processo di adeguamento del Piano, nel Quadro di Riferimento Paesaggistico che introduce nuovi significativi elaborati e aggiorna i Repertori esistenti e nella relativa cartografia e normativa di riferimento.

Il Piano paesistico regionale classifica paesaggisticamente il territorio in esame nel modo seguente:

AMBITI GEOGRAFICO: COLLINE DEL VARESOTTO

FASCIA: PREALPINA

PAESAGGI DEI LAGHI INSUBRICI

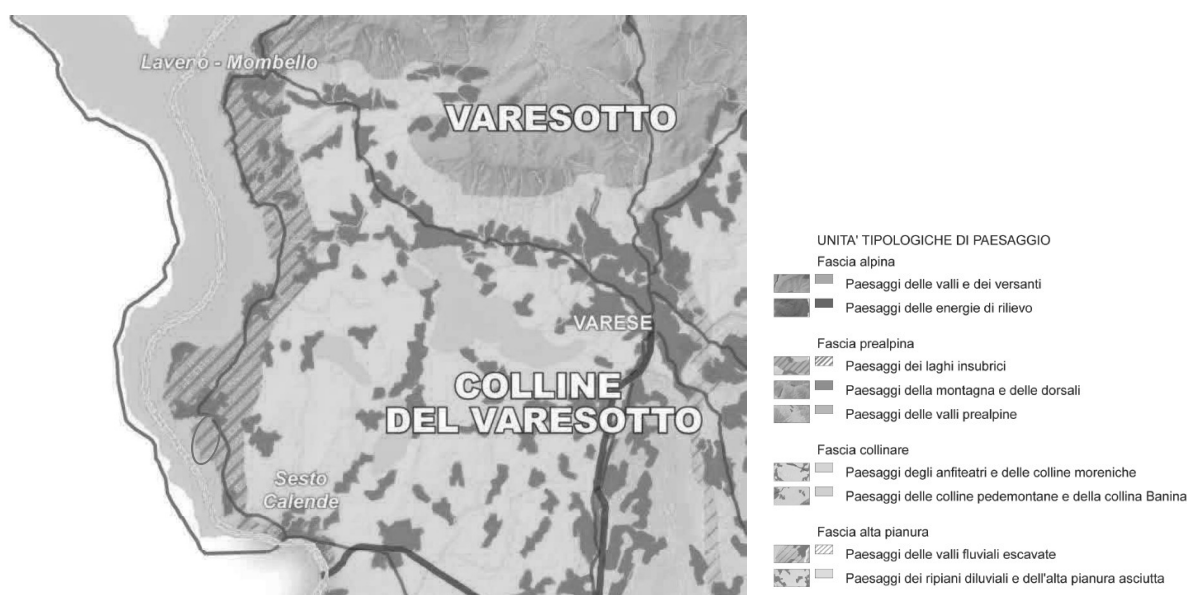


Figura 8 - Ambiti geografici e unità tipologiche di paesaggio (Fonte PTR-PPR Tav. A)

Seguono le indicazioni di tutela regionale per l'area di progetto.

Paesaggi dei laghi insubrici.

I laghi occupano la sezione inferiore dei bacini vallivi che scendono dalle catene più interne. Questi invasi sono il risultato di fratture antiche e di modellamenti glaciali pleistocenici. Tutti sono racchiusi dalle dorsali prealpine. La presenza dei laghi condiziona fortemente il clima e l'abito vegetale dei luoghi assumendo quella specificità - detta insubrica - rappresentata da una flora spontanea o di importazione propria degli orizzonti mediterranei. La fascia spondale, così caratterizzata, è poi sovrastata da fasce altitudinali che si svolgono lungo i versanti in modi tradizionalmente non tanto dissimili da quelli delle valli proprie. La mancanza di un fondovalle genera però una sorta di lenta aggressione edilizia delle pendici. In questi stessi ambiti non mancano poi comparti industriali in via di totale riconversione produttiva.

INDIRIZZI DI TUTELA

Vanno tutelati l'ambiente naturale, con verifiche di compatibilità di ogni intervento che possa turbare equilibri locali o di contesto, la naturalità delle sponde dei corsi d'acqua affluenti a lago, le condizioni di salute delle acque stesse che sono alla base della vita biologica di questi ecosistemi. Dalle rive deve essere assicurata la massima percezione dello specchio lacustre e dei circostanti scenari montuosi. La trasformazione, quando ammessa, deve assoggettarsi oltre che al rispetto delle visuali di cui sopra, anche alla salvaguardia del contesto storico. Gli alti valori di naturalità impongono una tutela assai rigida di tutto ciò che compone la specificità insubrica.

5.1.2 Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP)

In attuazione della L.R. 1/2000, n. 1, la Provincia di Varese ha provveduto alla formazione dei Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale (PTCP) secondo i contenuti specifici definiti nelle "Linee generali di assetto del territorio lombardo" (DGR 7 aprile 2000, n. VI/49509, integrata dalla DGR 21 dicembre 2001, n. VI/7582).

Secondo quanto definito dalla L.R. 12/2005 ART. 15, 1° comma **"Il PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) è atto di indirizzo della programmazione socio-economica della Provincia ed ha efficacia paesaggistico-ambientale"**.

Con il PTCP, la Provincia definisce gli obiettivi generali relativi all'assetto e alla tutela del proprio territorio, connessi ad interessi di rango provinciale o sovracomunale o costituenti attuazione della pianificazione regionale.

La Provincia di Varese ha approvato il PTCP l'11 aprile 2007, con Delibera del Consiglio n. 27. L'avviso di definitiva approvazione del piano è stato pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia - serie inserzioni e concorsi n. 18 del 02.05.2007, data in cui, ai sensi dell'art. 17, comma 10, L.R. 12/2005, il PTCP ha acquistato efficacia.

Il territorio comunale ricade nell'ambito paesistico n. **5 "Basso Verbano, laghi Maggiore, Comabbio e Monate"**.

L'area di progetto **non ricade** nell'area di particolare rilevanza naturale e ambientale vengono indicate (allegato A) e normate (art.25) dalla L.R. n.86 del 1983, "Piano generale delle aree regionali protette. Norme per l'istituzione e la gestione delle riserve, dei parchi e dei monumenti naturali nonché delle aree di particolare rilevanza naturale e ambientale".

L'immagine seguente estratta dalla **tavola PAE1** evidenzia i diversi elementi di pregio paesistico soggetti a tutela. Le aree di intervento non interferiscono direttamente con elementi di tutela paesaggistica.

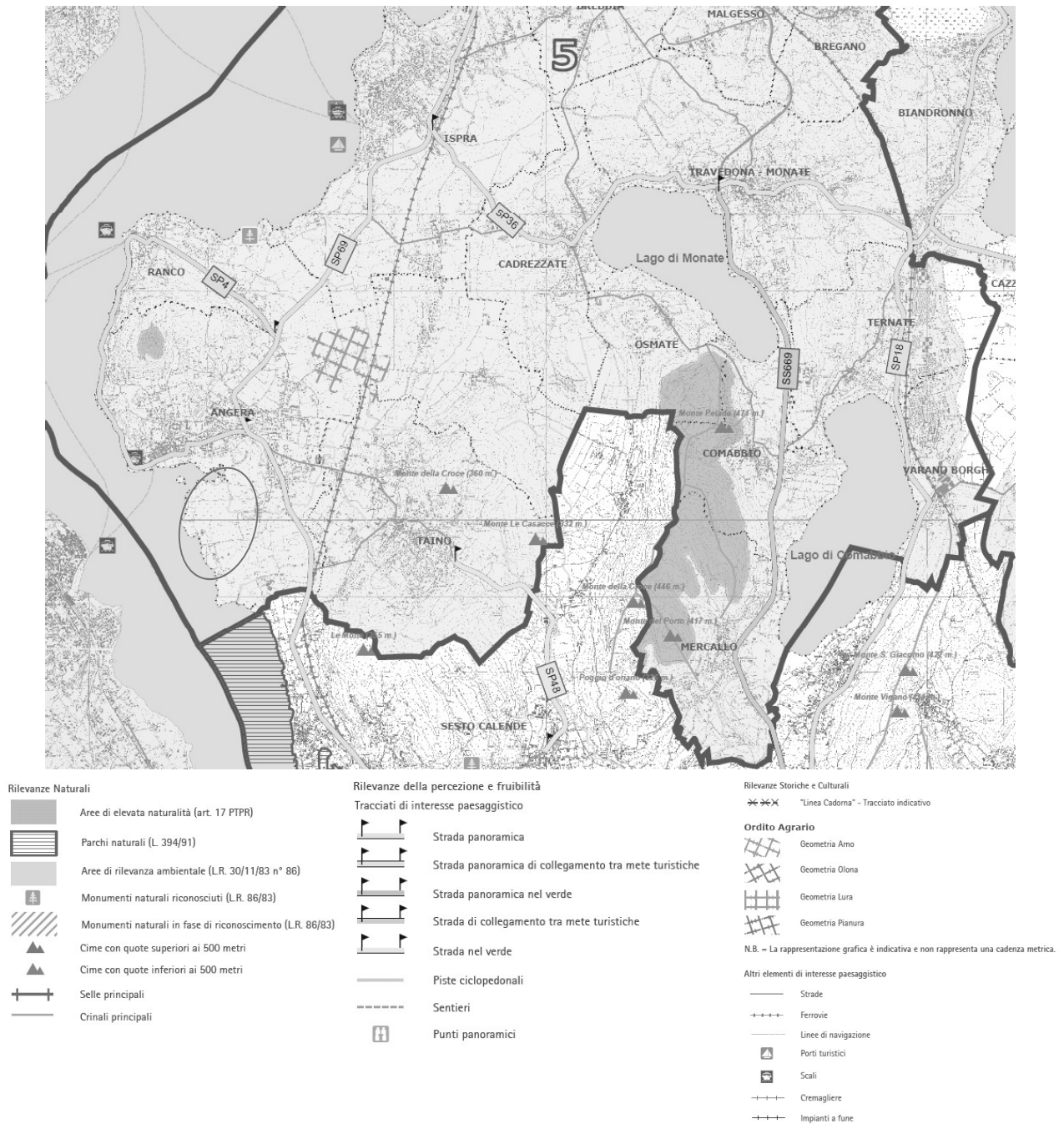


Figura 9 - Beni ambientali e paesaggistici (fonte PTCP Tav. PAE1)

6 MATERIALE FORNITO

Per lo sviluppo delle analisi e delle verifiche progettuali si è fatto riferimento alla documentazione tecnica fornita dal Committente, costituita da:

- *Rilievo topografico eseguito da Alfa Srl* per lo sviluppo del seguente progetto: sono state rilevate le quote dei manufatti idraulici ubicati a monte degli ingressi alle vasche – costituiti da pozzetti nei quali recapita sia la tubazione proveniente dall'impianto di depurazione sia la tubazione di ingresso delle acque provenienti dal bypass – la quota del pozzetto di scarico del primo bacino, nonché alcune quote relative agli argini e al terreno circostante;
- Planimetria e sezioni del Progetto di Variante *“Realizzazione di un sistema di fitodepurazione a valle dell'impianto di depurazione consortile 1° lotto funzionale”* del 2010;
- documentazione tecnica dell'impianto di depurazione, comprensiva degli schemi di processo e dei principali parametri caratteristici di funzionamento;
- *“Piano di Gestione delle Emergenze, manutenzione e monitoraggio”* delle reti fognarie dei Comuni di Angera, Ranco, Taino e Sesto Calende;
- relazione tecnica del Progetto Definitivo ed Esecutivo *“Impianto di depurazione delle acque reflue: 1° lotto 2° tempo e scarico a lago”* redatto dallo Studio Vincenti nel 2004.

Dall'analisi della documentazione disponibile, in particolare rilievo topografico fornito da Alfa Srl e gli elaborati progettuali relativi alla variante del 2010 – riportanti le quote di progetto degli argini, del fondo vasca e del massimo livello idrico previsto – è stata riscontrata una discrepanza tra i riferimenti altimetrici delle due fonti documentali. Si è identificato uno scostamento pari a circa 25 cm, dedotto assumendo come riferimento la quota massima dell'acqua prevista dal progetto del 2010, pari a 195.00 m s.l.m., confrontata con la quota della soglia sfiorante del bacino 1 rilevata da Alfa Srl, pari a 194.75 m s.l.m. (al raggiungimento di tale quota, si attiva il sistema di sfioro con conseguente scarico delle acque, pertanto il livello massimo che si può instaurare nel primo bacino è pari a 194.75 m s.l.m.). Sulla base di questa valutazione, facendo coincidere la quota di sfioro rilevata e la quota di massimo invaso del progetto, è stata pertanto effettuata una risistemazione altimetrica delle quote derivanti dal rilievo di Alfa Srl, assumendo i valori così corretti come riferimento di base per le successive elaborazioni e verifiche progettuali.

I valori di rilievo e corretti sono riportati nell'elaborato *AFA 1001*.

7 DESCRIZIONE STATO DI FATTO

L'impianto di depurazione consortile è ubicato in località Bruschera ad Angera, in prossimità del Lago Maggiore in cui avviene il recapito finale dei reflui trattati. L'impianto serve un agglomerato di circa 14.887 AE (abitanti equivalenti), con una potenzialità progettuale di 20.000 AE.

La linea liquami comprende le seguenti fasi di trattamento in sequenza: grigliatura meccanica fine, sollevamento, dissabbiatura e disoleatura, denitrificazione, ossidazione/nitrificazione a fanghi attivi, sedimentazione finale, flocculazione, filtrazione finale e disinfezione con acido peracetico. Il sistema è organizzato su due linee parallele. La linea fanghi prevede ricircolo, digestione aerobica, ispessimento e disidratazione meccanica con filtro-presa.

A valle del trattamento convenzionale è presente:

- un sistema di fitodepurazione a flusso superficiale libero (FWS), che costituisce il trattamento terziario di affinamento prima dello scarico nel Lago Maggiore;
- un lagunaggio che raccoglie le acque sfiorate in testa al depuratore che poi scarica in una piccola roggia connessa al Lago Maggiore.

Il progetto del sistema di fitodepurazione è stato progettato nel 2004 da Studio Vincenti Ingegneria Civile, Arona (2004). Secondo la relazione tecnica del progetto definitivo ed esecutivo dell'impianto di depurazione intercomunale di Angera allegata all'autorizzazione allo scarico in corso d'acqua superficiale rilasciata dalla Provincia di Varese ai sensi del D.Lgs. 152/99, l'impianto di fitodepurazione progettato è di tipo a flusso superficiale libero (FWS), articolato in tre bacini in serie a profondità progressivamente decrescente:

- Bacino A: 3.500 m², profondità 0,70 m, tempo di permanenza ~23 h; specie vegetale: Lemna sp.
- Bacino B: 13.000 m², profondità 0,50 m, tempo di permanenza ~60 h; specie vegetali: Lemna sp., Phragmites australis, Typha latifolia
- Bacino C: 5.500 m², profondità 0,30 m, tempo di permanenza ~23 h; specie vegetali: Schoenoplectus lacustris, Phragmites australis, Typha latifolia, Carex spp.

La superficie totale prevista era quindi di circa 22.000 m². I risultati attesi dal sistema erano: stabilità del pH, riduzione della conducibilità, abbattimento dei nitrati di circa 2/3 (funzione denitrificante), riduzione dell'ammoniaca e del fosforo, e abbattimento del carico microbiologico dell'ordine del 99,9%.

Nel complesso, il documento costituisce la base progettuale originaria del sistema di fitodepurazione a flusso superficiale libero dell'impianto di Angera,

A seguito di un intervento successivo (perizia di variante nel Marzo 2010, redatta dagli ingegneri Emilio Magni e Massimo Sartorelli) il sistema è stato diviso in due bacini separati, uno destinato al post-trattamento dei reflui in uscita dall'impianto a fanghi attivi, l'altro per le acque sfiorate in tempo di pioggia in testa al depuratore. E' possibile ad ogni modo inviare le acque di sfioro anche al primo bacino mediante apposito manufatto in ingresso sulla tubazione DN800; se non attivato le acque raggiungono mediante tubazione DN800 il secondo bacino.

Il primo bacino ha una superficie complessiva di 1.5 ha, il secondo bacino per le acque di sfioro di 1.35 ha.



Figura 10 - Estratto dalla perizia di variante del Marzo 2010 con gli interventi di sistemazione previsti

La figura seguente estratta dal progetto dell'impianto di depurazione mostra la sezione di grigliatura e gli sfiori esistenti in testa al depuratore.

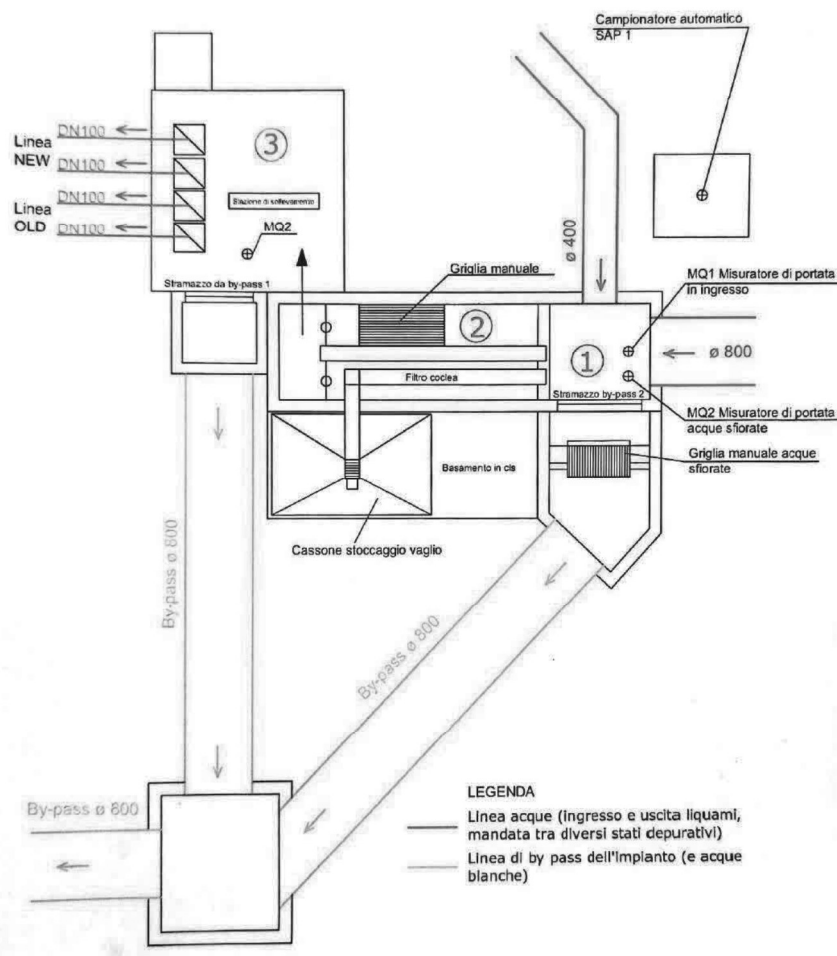


Figura 11 - Estratto dal progetto dell'impianto di depurazione in cui si evidenzia la presenza dello sfioro mediante tubazione DN800

La Relazione Descrittiva dello Stato dell'Impianto del Settembre 2013, redatta dagli ingegneri Emilio Magni e Massimo Sartorelli, descrive lo stato dell'impianto di fitodepurazione. I bacini hanno una superficie complessiva di circa 13.000 m², corrispondente a circa 1 m²/AE. L'area è integrata nel contesto naturale circostante, facendo parte della Zona di Protezione Speciale "Canneti del Lago Maggiore" (Rete Natura 2000).

Tra il 2010 e il 2012 sono state condotte indagini sulla permeabilità del fondo dei bacini, tramite scavi esplorativi, prove di conducibilità idraulica in situ (Studio Reich) e misure idrometriche. La stratigrafia del sito mostrava un livello superficiale di fango e depositi palustri (0–1 m) sovrastante sabbia limosa (1–4 m). La permeabilità media risultante è pari a circa 5×10^{-6} cm/s, prossima al limite di impermeabilità convenzionale (10^{-7} cm/s). Le misure idrometriche del febbraio 2011 e del novembre 2012 hanno confermato abbassamenti dei livelli idrici nell'ordine di pochi mm/giorno, in buon accordo con i valori di permeabilità misurati, tenuto conto delle perdite per evapotraspirazione e delle perdite attraverso le paratoie di regolazione.

Il documento descrive inoltre interventi di adeguamento previsti entro 12 mesi, tra cui l'installazione di strumentazione di misura e controllo (misuratori di portata ad ultrasuoni e campionatori automatici refrigerati) sia all'ingresso che all'uscita dell'impianto di fitodepurazione, con alimentazione fotovoltaica autonoma.

A Sud di tale impianto, è presente un altro bacino denominato ecosistema filtro che riceve le acque sfiorate in testa al depuratore in condizioni di pioggia.

La relazione tecnica redatta dall'Ing. Andrea Salvioni nel marzo 2016 per conto del Comune di Angera (VA), valuta il bilancio idrico del bacino di fitodepurazione, in particolare per stimare le eventuali perdite per filtrazione attraverso il terreno, in assenza di un sottofondo impermeabilizzato artificiale. La relazione è richiesta dalla Provincia di Varese nell'ambito dell'autorizzazione allo scarico n. 1207 del 15/05/2015. L'impianto di post-trattamento nel 2016 si presentava come composto da due vasche collegate tra loro, con una superficie complessiva di circa 12.448 m², dotate di vegetazione a *Phragmites australis* (Cannuccia di palude) su circa il 69% della superficie. Il fondo non è impermeabilizzato artificialmente, ma si affida alle caratteristiche naturali del terreno.

Il monitoraggio si è svolto in tre campagne settimanali nell'autunno 2015 (settembre, ottobre, novembre), con interruzione dell'afflusso dei reflui (by-pass) e rilevamento giornaliero dei livelli tramite 4 idrometri. Parallelamente una stazione meteorologica ha misurato temperatura, umidità, vento, radiazione solare ed evapotraspirazione. Le perdite teoriche sono state stimate come somma di evaporazione (formule di Visentini) ed evapotraspirazione (metodi di Turc e Penman-Monteith, con coefficiente colturale $K_c = 0,77$)

I risultati principali sono i seguenti

Voce	Valore (periodo monitoraggio)
Perdite teoriche (E + ET)	~40 m ³
Perdite reali misurate	~172 m ³
Perdite per filtrazione	~132 m ³
Velocità di filtrazione media	~4,2 × 10 ⁻⁸ m/s

La velocità di filtrazione stimata è riconducibile a limi e/o argille limose (permeabilità nell'ordine di 10⁻⁷ ÷ 10⁻⁸ m/s), considerata accettabile per questo tipo di impianto.

Le criticità rilevate erano le seguenti:

- Presenza di nutrie che scavano tunnel negli argini
- Alberi d'alto fusto sugli argini con radici che creano vie di filtrazione preferenziali
- Distribuzione irregolare della vegetazione con zone sprovviste di canneto
- Sedimentazione localizzata in alcuni punti del percorso idraulico
- Assenza di misuratori di portata in ingresso e uscita

Vengono però proposti interventi migliorativi, tra cui: installazione di misuratori di portata e campionatori automatici, realizzazione di collegamento elettrico, sistema di videosorveglianza e opere di manutenzione straordinaria degli argini, interventi che poi sono stati fatti negli anni successivi.

Attualmente il sistema si presenta in condizioni di marcato abbandono, con interrimento di molte sezioni dei bacini, ridotta diffusione delle piante acquatiche, limitati manufatti di regolazione idraulica, stato degli accessi tali da non consentire una buona gestione e manutenzione dei bacini in ogni settore.

Ad oggi, a seguito di sopralluogo eseguito presso di esso, si riscontrano le seguenti problematiche:

Post-trattamento mediante fitodepurazione (FWS-1)

- il primo bacino risulta per lo più interrato per via sia della deposizione di materiale vegetale ed organico durante gli anni, sia per la sedimentazione dei solidi sospesi contenuti nell'effluente dell'impianto di depurazione; ad oggi l'installazione di un sistema di trattamento terziario di filtrazione finale limita fortemente l'apporto di solidi sospesi al bacino;
- anche il secondo bacino, seppure in maniera minore, presenta una deposizione di materiale vegetale ed organico durante gli anni che ne ha diminuito i livelli; questo sembra essere stato agevolato dalla presenza dei pennelli aggiunti in una seconda fase progettuale, che hanno facilitato i processi di deposizione dei sedimenti in determinate zone;
- le piante acquatiche, per lo più del tipo *Phragmites Australis*, non sono diffuse in maniera uniforme, presentando ampie zone in cui sono totalmente assenti; questo probabilmente anche a causa di formazione di processi anaerobici a carico dei sedimenti sul fondo che ne hanno limitato col tempo lo sviluppo;
- per via della ridotta diffusione delle piante, della diminuzione dei volumi in gioco e quindi dei tempi di residenza idraulica, il sistema nel suo complesso risulta quindi aver diminuito la sua potenzialità depurativa

Lagunaggio per acque di sfioro (FWS-2)

- anche in questo caso nel primo bacino risulta la presenza di materiale deposto per lo più dovuto a sabbie e materiale in sospensione presente nelle acque di sfioro;
- anche nei bacini successivi si presuppone, seppure in maniera molto minore, la presenza di deposizione di materiale vegetale ed organico;
- le piante acquatiche sono per lo più assenti a parte zone isolate, inoltre risultano presenti alberature tipiche dei boschi umidi

8 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Le opere previste si configurano essenzialmente come interventi di manutenzione straordinaria e recupero funzionale dei sistemi esistenti.

Le fasi di lavorazione saranno le seguenti:

- by-pass dell'effluente dell'impianto di depurazione verso la tubazione DN800 che riceve le acque di prima pioggia mediante adeguamento dei manufatti di ingresso
- in corrispondenza dell'ingresso della tubazione DN800 nel sistema FWS-2, installazione di manufatto di scarico di emergenza nella roggia limitrofa
- svuotamento del primo bacino del sistema FWS-1 nel secondo bacino; svuotamento del secondo bacino mediante installazione di pompa portatile in corrispondenza dello scarico finale (o in alternativa installazione di tubo di scarico per gravità); svuotamento del bacino FWS-2 in parte mediante creazione di scarico di fondo finale nella roggia, in parte mediante il ricorso a pompe portatili. Le acque del sistema FWS-1 sono costantemente monitorate e quindi già al di sotto dei limiti fissati per lo scarico nel lago, mentre le acque di sfioro contenute nel sistema FWS-2 non sono soggette a limiti depurativi; ad ogni modo sarà fatta una valutazione della qualità delle acque presenti nei due bacini per definire le modalità di svuotamento tali da non impattare sui corpi idrici a valle;
- mantenimento delle vasche in secca durante periodi con minori precipitazioni, di modo da consentire l'ingresso all'interno dei bacini con i mezzi meccanici (escavatore); per facilitare tali operazioni, si prevede il ricarico del fondo mediante materiale inerte, di modo da creare delle piste di accesso all'interno dei bacini;
- miglioramento dei percorsi arginali esistenti, mediante riprofilatura, posa di materiale arido e compattazione;
- Movimenti terra interni al bacino per la riprofilatura di fondo e sponde come da progetto, e per l'ampliamento dei rilevati arginali di modo da favorire operazioni di manutenzione future
- Creazione di zona filtrante in ghiaia in coda al sistema FWS-1;
- Installazione di nuovo manufatto idraulico di collegamento tra il primo ed il secondo bacino del sistema FWS-1, mediante doppia panconatura;
- Riqualficazione del manufatto di scarico del sistema FWS-1;
- Rivestimento del fondo con lastre di pietra nel primo bacino del sistema FWS-2;
- Ripristino delle traverse esistenti di collegamento nei bacini successivi;
- Sostituzione della canalina di raccordo con canale in calcestruzzo dotato di paratoia, e creazione di nuovo canale in calcestruzzo dotato di paratoia;
- Riqualficazione del manufatto di scarico esistente in modo da migliorare la capacità di volanizzazione del sistema FWS-2
- Piantumazione dei bacini con le specie vegetali e le densità di progetto, da definire nella fase di progettazione esecutiva.

26
36

Il progetto comprende inoltre interventi di riqualificazione paesaggistica e di miglioramento della fruibilità dell'area, mediante la sistemazione dei percorsi di accesso e la realizzazione di elementi informativi e di supporto alla fruizione naturalistica. Tali opere consentiranno un migliore inserimento ambientale del bacino nel contesto lacustre circostante, rendendo l'area maggiormente accessibile e sicura per i visitatori, incrementando il valore ambientale e paesaggistico complessivo del sito.

8.1 DESCRIZIONE DELLA PROPOSTA PROGETTUALE

I requisiti principali delle opere di manutenzione straordinaria e riqualificazione dei sistemi umidi presenti sono le seguenti:

Post-trattamento mediante fitodepurazione (FWS-1)

- Ripristinare, mediante riprofilatura del fondo e delle sponde, altezze del pelo libero adeguate (idealmente in media pari a 0.4 m per sistemi FWS), di modo da favorire lo sviluppo vegetale e recuperare una migliore capacità depurativa;
- Creazione di una zona più profonda di sedimentazione iniziale nel primo bacino che sia facilmente accessibile per operazioni di manutenzione straordinarie, di modo da limitare sedimentazione nei comparti successivi;
- Ripristino del collegamento tra il primo ed il secondo bacino mediante posa in opera di sistema di panconatura doppia per regolazione dei livelli e svuotamento ai fini manutentivi
- Ridurre la presenza di corto circuiti idraulici, zone di stagnazione e sedimentazione nei comparti successivi, mediante l'eliminazione dei pennelli e la riprofilatura delle sponde e del fondo;
- Ripiantumazione nell'ottica di favorire una copertura vegetale maggiore soprattutto nelle zone in cui attualmente è più povera o assente
- Riqualificazione della viabilità sia per consentire l'esecuzione dei lavori sia per favorire operazioni di manutenzione future in ogni comparto
-

27
36

Fitodepurazione e vasca volano per acque di sfioro (FWS-2)

- Creazione sul fondo della vasca volano esistente di un sistema di fitodepurazione permanentemente umido creando mediante riprofilatura del fondo e delle sponde, altezze del pelo libero adeguate (idealmente in media pari a 0.4 m per sistemi FWS), di modo da favorire lo sviluppo vegetale; questo consente sia di aumentare la capacità depurativa durante l'arrivo delle acque di sfioro, sia di ridurre la diffusione di cattivi odori grazie alla copertura vegetale e alla migliore ossigenazione del refluo; durante i periodi di siccità potrà essere valutato di ripristinare le perdite per evapotraspirazione con le acque in uscita dal depuratore e trattate nel sistema di fitodepurazione precedente;
- Miglioramento della capacità di ritenzione idraulica della vasca, mediante interventi di regolarizzazione delle sponde e di adeguamento del manufatto di uscita;

- Creazione di una zona più profonda di sedimentazione iniziale nel primo bacino per l'intercettazione dei solidi sedimentabili che sia facilmente accessibile per operazioni di manutenzione periodiche;
- mediante operazioni di riprofilatura delle sponde, creazione di piccole zone più profonde e canali di collegamento, miglioramento dei percorsi idraulici in modo da evitare zone morte e migliorare i tempi di ritenzione;
- Ripiantumazione nell'ottica di favorire una copertura vegetale maggiore soprattutto nelle zone in cui attualmente è più povera o assente, mantenendo al contempo gli esemplari arborei tipici dei boschi umidi già presenti
- Riqualificazione della viabilità sia per consentire l'esecuzione dei lavori sia per favorire operazioni di manutenzione future

Lo schema di impianto è il seguente:

- manufatto di ingresso su tubazione acque sfiorate; da questo è possibile decidere se mandare le acque nel sistema di fitodepurazione per post-trattamento o nel sistema di fitodepurazione al servizio dello sfioro di testa dell'impianto di depurazione
- manufatto di ingresso su tubazione acque trattate dal depuratore; da questo è possibile decidere se mandare le acque nel sistema di fitodepurazione per post-trattamento o nel sistema di fitodepurazione al servizio dello sfioro di testa dell'impianto di depurazione
- sistema di fitodepurazione a flusso libero per post-trattamento acque trattate dal depuratore (FWS – 1), costituito da due bacini in serie; il primo scarica nel secondo mediante un sistema di panconi che permettono di regolare il livello, il secondo scarica mediante stramazzone esistente in pozzetto collegato a tubo di scarico nel Lago Maggiore; prima dello scarico si prevede una zona filtrante con ghiaia di diametro 3-5 cm e 1-2 cm in superficie, piantumata con essenze vegetali acquatiche;
- sistema di fitodepurazione per acque di sfioro della fognatura mista (FWS - 2) costituito da un primo bacino di sedimentazione, collegato al secondo bacino con posa di massicciata in pietrame filtrante per trattenere sostanze galleggianti; il secondo bacino è quindi collegato al terzo bacino mediante canale esistente che viene riqualificato mediante posa di rivestimento in pietrame per limitare fenomeni erosivi. Il terzo bacino è collegato mediante canaletta con paratoia al quarto bacino in cui un manufatto di regolazione e scarico recapita le acque nella roggia. Dalla parte iniziale del terzo bacino è possibile inoltre mediante una paratoia deviare parte delle acque in ingresso nella parte iniziale del quarto bacino, di modo da ripartire equamente i flussi idraulici tra i due. Il manufatto di scarico nella roggia verrà adeguato in modo da permettere sia di regolare il livello nel bacino, sia di funzionare da bocca tarata in modo da migliorare la volanizzazione delle acque. In corrispondenza del livello massimo, uno sfioro permette di evacuare le acque alla roggia in sicurezza.

Il sistema funziona autonomamente senza la necessità di alcun intervento in fase di esercizio e solo con l'aiuto di semplici operazioni di manutenzione: non si hanno infatti parametri chimico-fisici da tenere sotto costante controllo ed in base ai quali modificare le caratteristiche di funzionamento.

Una volta che le piante hanno raggiunto uno sviluppo adeguato, non è necessario effettuare tagli della vegetazione a meno che questa non presenti uno sviluppo eccessivo (in tal caso potranno essere pianificati interventi straordinari di sfoltimento o di taglio).

Nel sistema FWS-1, il livello del pelo libero continuerà ad essere regolato mediante lo stramazzo finale esistente, senza quindi alcun rigurgito nelle condotte di ingresso a monte. Tra il primo ed il secondo bacino, in luogo della tubazione di collegamento esistente, viene installato un sistema di regolazione tramite dei panconi in alluminio, che consentono sia di trattenere eventuale materiale flottante, sia di svuotare il primo bacino in caso di manutenzioni straordinarie. Nel secondo bacino il manufatto di scarico al lago rimane inalterato; per svuotare quindi totalmente il bacino è necessario utilizzare una pompa portatile.

Nel sistema FWS-2, dovrà essere controllato soprattutto l'accumulo di sedimenti nel primo bacino e pianificato lo svuotamento periodico in funzione del tasso di accumulo. Per il resto il sistema può essere lasciato libero di evolversi in modo naturale.

Le essenze vegetali saranno scelte tra quelle autoctone della zona sia per consentire buone rese depurative, sia per favorire l'incremento della biodiversità. Attualmente il sistema risulta vegetato solo parzialmente, le specie presenti sono del tipo *Phragmites Australis* (cannuccia di palude).

Dal punto di vista ecologico, l'eterogeneità dei percorsi di flusso, delle profondità e della microtopografia è vantaggiosa per generare habitat in grado di sostenere una varietà di specie. Anche nei canneti di trattamento, tipicamente monoculture nelle quali l'acqua dovrebbe rimanere al di sotto della superficie del mezzo di supporto, è stato documentato che tali variazioni generano mosaici di habitat ricercati da una gamma di organismi.

Le cannuce di palude saranno mantenute ed incrementate, essendo tra le specie che dà maggiori garanzie sia in termini di attecchimento che di diffusione e copertura vegetale, fornendo adeguato supporto alla formazione della biomassa adesa responsabile di diversi processi degradativi delle sostanze inquinanti.

Saranno mantenute anche le alberature esistenti nel secondo bacino, tipiche dell'ambiente del bosco umido.

Per incrementare la biodiversità, saranno inoltre inserite altre specie, scelte tra le seguenti comunemente presenti in Lombardia e adatte all'utilizzo in zone umide.

Elofite (piante emergenti, radicate con fusto emergente)

- *Typha latifolia* – Tifa maggiore / Coda di micio
- *Typha angustifolia* – Tifa minore

- *Schoenoplectus lacustris* – Giunco di palude
- *Phalaris arundinacea* (Scagliola acquatica)
- *Eleocharis palustris* – Giunco delle paludi

Idrofite radicanti con foglie galleggianti (per le zone più profonde)

- *Nuphar lutea* – Ninfea gialla
- *Nymphaea alba* – Ninfea bianca
- *Potamogeton natans* – Brasca natante
- *Ranunculus aquatilis* – Ranuncolo acquatico

Idrofite sommerse

- *Myriophyllum spicatum* – Millefoglio d'acqua
- *Potamogeton crispus* – Brasca crespa
- *Potamogeton lucens* – Brasca lucente
- *Ceratophyllum demersum* – Cornuta

Specie spondali / ripariali di bordo

- *Mentha aquatica* – Menta acquatica
- *Filipendula ulmaria* – Olmaria / Regina dei prati
- *Epilobium hirsutum* – Garofanino maggiore
- *Glyceria maxima* – Gramigna d'acqua
- *Veronica beccabunga* – Beccabunga
- *Butomus umbellatus* – Giunco fiorito
- *Carex riparia* – Carice riparia
- *Carex acuta* – Carice acuta
- *Carex elata* – Carice rigida
- *Iris pseudacorus* – Giaggiolo acquatico

30

36

In conclusione, quindi, gli interventi di manutenzione straordinaria dei bacini esistenti proposti nell'ambito del presente progetto vanno a configurare un intervento multi-obiettivo avente i seguenti obiettivi:

- Miglioramento della qualità delle acque sia sulle acque trattate dal depuratore che sulle acque di sfioro;
- aumento della biodiversità mediante il mantenimento di zone umide capaci di ricreare habitat di pregio;
- miglioramento dei percorsi manutentivi e delle potenzialità di fruizione e sviluppo di attività di educazione ambientale

8.2 SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO

Lo schema di impianto è il seguente:

- manufatto di ingresso su tubazione acque sfiorate; da questo è possibile decidere se mandare le acque nel sistema di fitodepurazione per post-trattamento o nel sistema di fitodepurazione al servizio dello sfioro di testa dell'impianto di depurazione
- manufatto di ingresso su tubazione acque trattate dal depuratore; da questo è possibile decidere se mandare le acque nel sistema di fitodepurazione per post-trattamento o nel sistema di fitodepurazione al servizio dello sfioro di testa dell'impianto di depurazione
- sistema di fitodepurazione a flusso libero per post-trattamento acque trattate dal depuratore (FWS – 1), costituito da due bacini in serie; il primo scarica nel secondo mediante un sistema di panconi che permettono di regolare il livello, il secondo scarica mediante stramazzo esistente in pozzetto collegato a tubo di scarico nel Lago Maggiore;
- sistema di fitodepurazione per acque di pioggia (FWS - 2) costituito da un primo bacino di sedimentazione, collegato al secondo bacino mediante stramazzo; questo scarica per stramazzo in un terzo bacino, collegato mediante canaletta con paratoia al quarto bacino in cui un manufatto di regolazione e scarico recapita le acque nella roggia. Dalla parte iniziale del terzo bacino è possibile mediante una paratoia deviare parte delle acque in ingresso nella parte iniziale del quarto bacino, di modo da migliorare i flussi idraulici. Il manufatto di scarico nella roggia permette sia di regolare il livello nel quarto bacino, sia di funzionare da bocca tarata in modo da massimizzare la volanizzazione delle acque. In corrispondenza del livello massimo, uno sfioro permette di evacuare le acque alla roggia i sicurezza.

31
36

Il sistema funziona autonomamente senza la necessità di alcun intervento in fase di esercizio: non si hanno infatti parametri chimico-fisici da tenere sotto costante controllo ed in base ai quali modificare le caratteristiche di funzionamento dell'impianto come avviene nei tradizionali impianti biologici.

8.2.1 SISTEMA A FLUSSO LIBERO SUPERFICIALE PER POST-TRATTAMENTO (FWS – 1)

Modalità di uso corretto

Il sistema di uscita dal primo bacino permette di regolare l'altezza del pelo libero tramite dei panconi in alluminio; in condizioni di funzionamento standard dovranno essere posizionati panconi tali da consentire un livello del pelo libero alla fine della vasca ari a 50 cm.

Il pozzetto permette anche di svuotare totalmente il bacino; per completare lo svuotamento dell'acqua che rimane all'interno, in caso di manutenzioni straordinarie, dovrà essere utilizzata una pompa portatile da inserire nel bacino successivo di modo da abbassare il livello, ed in modo da prosciugare la zona profonda iniziale.

Nel secondo bacino il manufatto di scarico al lago rimane inalterato; per svuotare quindi totalmente il bacino è necessario utilizzare una pompa portatile.

La vasca funziona autonomamente, solo con l'aiuto di semplici operazioni di manutenzione.

Una volta che le piante hanno raggiunto uno sviluppo adeguato, non è necessario effettuare tagli della vegetazione a meno che questa non presenti uno sviluppo eccessivo (in tal caso potranno essere pianificati interventi straordinari di sfoltimento o di taglio).

8.2.2 SISTEMA A FLUSSO LIBERO SUPERFICIALE PER ACQUE DI SFIORO (FWS – 2)

Modalità di uso corretto

Il sistema funziona interamente per gravità.

Per eventuali operazioni di svuotamento ai fini di operazioni di manutenzione, ogni bacino può essere svuotato mediante pompa nel successivo o nella roggia limitrofa, in quest'ultimo caso previa comunicazione agli enti competenti.

La vasca funziona autonomamente, solo con l'aiuto di semplici operazioni di manutenzione.

Dovrà essere controllato l'accumulo di sedimenti nel primo bacino e pianificato lo svuotamento periodico in funzione del tasso di accumulo.

Una volta che le piante hanno raggiunto uno sviluppo adeguato, non è necessario effettuare tagli della vegetazione a meno che questa non presenti uno sviluppo eccessivo (in tal caso potranno essere pianificati interventi straordinari di sfoltimento o di taglio).

8.3 AVVIO DEI SISTEMI DI FITODEPURAZIONE A FLUSSO LIBERO (FWS)

I sistemi di fitodepurazione sono esistenti ed oggetto di interventi di manutenzione straordinaria volti a ripristinare idonee altezze d'acqua, migliorare i percorsi idraulici limitando le zone morte e ricreare condizioni idonee allo sviluppo delle essenze vegetali. Per l'esecuzione degli interventi, i bacini verranno svuotati, per cui sarà poi necessario a fine lavori procedere ad una nuova fase di avvio.

La fase di avvio di un impianto di fitodepurazione è delicata in quanto comprende l'attecchimento e lo sviluppo delle piante e un periodo in cui le componenti del sistema (piante, terreno, organismi microbici) tendono a raggiungere uno stato di equilibrio dinamico relazionato alle condizioni idrologiche in cui vengono a trovarsi: alcuni processi di rimozione hanno bisogno di un breve periodo per diventare completamente operativi, mentre altri possono richiedere svariati mesi.

Per il sistema a flusso libero, la fase di avvio dell'impianto dovrà prevedere il raggiungimento del livello del pelo libero in condizioni standard indicato nelle tavole di progetto.

Il raggiungimento di tale livello è legato al periodo di piantumazione e alla crescita delle essenze vegetali del tipo macrofite emergenti, che non dovranno mai venire totalmente sommerse (cosa che invece può accadere per macrofite sommerse e galleggianti); la condizione ottimale è avviare l'impianto in primavera, quando la crescita della parte emersa delle piante inserite è maggiore.

Agendo tramite i dispositivi di by-pass esistenti, è possibile iniziare a riempire i due sistemi di fitodepurazione mediante l'utilizzo delle acque in uscita al depuratore, di buona qualità ed idonee all'avvio e al sostentamento delle piante appena messe a dimora. Nel primo bacino di post-trattamento si dovranno regolare i panconi fino ad una quota di almeno circa 10 cm inferiore della parte sommitale delle piante macrofite emergenti messe a dimora; successivamente si dovrà osservare la crescita dell'apparato emerso e aggiungere uno o più panconi in modo da arrivare al livello del pelo libero standard. In funzione del tasso di sviluppo delle piante messe a dimora, il riempimento può inizialmente essere parziale di modo da avere 10-30 cm di acqua in tutto il bacino, per poi sospendere l'alimentazione e riattivare il bypass. Una volta che le piante si sono sviluppate per almeno 50-60 cm nel loro apparato aereo, si potrà riattivare l'alimentazione lasciando che il funzionamento avvenga in continuo.

Una volta raggiunti i livelli standard, le piante dovranno svilupparsi e propagarsi all'interno del sistema, di modo da fornire le adeguate superfici alla crescita della biomassa adesa; con la diffusione delle piante si ha il graduale raggiungimento delle rese depurative attese. Generalmente questo avviene a partire dalla seconda stagione vegetativa, per cui tale fase di messa a regime può richiedere un periodo variabile tra 1 e 2 anni, e le rimozioni iniziali possono essere significativamente minori di quelle attese.

Nel bacino al servizio delle acque meteoriche, il flusso in arrivo dal depuratore sarà mantenuto solo nella fase iniziale di avvio e con il solo obiettivo di reintegrare le perdite per evapotraspirazione.

8.4 MANUFATTI IDRAULICI DI REGOLAZIONE

8.4.1 Manufatto di regolazione Vasca Volano FWS-1

Tra il primo ed il secondo bacino del sistema di fitodepurazione FWS-1 sarà realizzata una canaletta in calcestruzzo di larghezza 1.6 m e altezza 1 m, in cui è installato un sistema di regolazione con doppia panconatura. Ogni pancone avrà uno spessore di 10 cm, sarà realizzato in alluminio, dotato di maniglie per la movimentazione e sistema di bloccaggio e scorrevole su guide laterali. Il primo sistema di panconatura permette all'acqua di passare sotto ai panconi e quindi di bloccare sostanze galleggianti (esempio in caso di fuga di fanghi di depurazione), il secondo permette la regolazione del livello del pelo libero desiderato, o di svuotare il bacino rimuovendo i panconi.

8.4.2 Manufatto di regolazione Vasca FWS-2

Nel sistema FWS – 2, per consentire la ripartizione dei flussi tra il 3° ed il 4° bacino, si prevede la realizzazione di una canaletta in calcestruzzo di larghezza 2 m e altezza 1 m, in cui è installata una paratoia piana in acciaio inox, scorrevole su guide, di tipo estraibile, per intercettazione di canale a sezione rettangolare avente larghezza interna netta di 1,00 m ed altezza 0.4 m.

8.4.3 Manufatto di scarico Vasca FWS-2

All'uscita della vasca FWS-2 si prevede la realizzazione di un manufatto di regolazione e scarico. La sezione di controllo sarà costituita da una luce di fondo a quota 193.30 m s.l.m. e da una soglia di sfioro d'emergenza con sommità a quota 180.00 m s.l.m. realizzata in massi ciclopici e intasata con terreno vegetale rinverdito nella parte più superficiale. La luce di fondo sarà dotata di paratoia manuale in acciaio con doppia vite non saliente e volantino di manovra rimovibile. La paratoia ha la funzione di favorire le operazioni di manutenzione e svuotamento del bacino.

9 CONCLUSIONI

Il progetto prevede un intervento complessivo di manutenzione e riqualificazione del bacino di fitodepurazione esistente, finalizzato al ripristino della piena funzionalità idraulica ed ecologica del sistema, attualmente caratterizzato da condizioni di degrado e ridotta efficienza depurativa. Gli interventi previsti, comprendenti scavi e riprofilature, nuove piantumazioni e la realizzazione di manufatti di regolazione idraulica tra le vasche, consentiranno di ristabilire una corretta circolazione delle acque e di migliorare i processi naturali di sedimentazione e fitodepurazione.

L'opera permetterà pertanto di potenziare le capacità del sistema e di garantire uno scarico a lago di qualità ambientale superiore, contribuendo al miglioramento complessivo dell'ecosistema lacustre. Parallelamente, la sistemazione delle sponde e dei percorsi di accesso favorirà un migliore inserimento paesaggistico dell'area e una maggiore fruibilità da parte dei visitatori, valorizzando il sito anche sotto il profilo naturalistico e ricreativo, con particolare riferimento alle attività di osservazione dell'avifauna.

