

LIFE+ I I BIO/IT/000020
BIOAQUAE



VOLUME III

Interventi per il
miglioramento della
qualità degli habitat
acquatici di alta quota

LIFE+BIOAQUAE

Volume III

INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO
DELLA QUALITÀ DEGLI HABITAT
ACQUATICI DI ALTA QUOTA

credits:

testi a cura di **Wildlife Science Snc**

grafica **SeghesioGrivon**

foto **Brighenti S., Bassano B.**

disegni **Gabaglio M.**

INDICE

Premessa	pag 5
Parte 1. Introduzione	pag 6
Parte 2. Le opere effettuate l'esperienza del Parco Nazionale Gran Paradiso	pag 10
2.1 Azione c.4 Interventi per il miglioramento degli habitat acquatici dell'area del pian delle Muande (vallone del Telessio)	pag 10
2.2 Azione c.5 Interventi per il miglioramento degli habitat acquatici dell'area del lago del Nivolet	pag 19
Parte 3. I risultati dell'azione	pag 30

PREMESSA

Il Progetto LIFE+BIOAQUAE



Fin dalla sua istituzione nel 1922, il Parco Nazionale Gran Paradiso è impegnato in progetti volti alla conservazione e protezione dell'ambiente alpino e delle specie animali e vegetali che lo abitano. In questa direzione, dal 2006 l'Ente Parco ha iniziato un monitoraggio per valutare la salute degli ecosistemi acquatici alpini: laghi, torrenti e zone umide di alta quota. Dopo aver individuato i principali fattori che minacciano questi delicati e unici ecosistemi, tra cui l'introduzione di specie alloctone e alcune fonti d'inquinamento locale come le acque reflue di alpeggi e rifugi, il Parco, con il cofinanziamento dell'Unione Europea, ha avviato nel 2012 il progetto LIFE+ BIOAQUAE. Il progetto aveva lo scopo di sviluppare iniziative concrete di conservazione attiva di questi ecosistemi attraverso 3 azioni principali:

1. l'eradicazione da alcuni laghi alpini del Salmerino di fontana (*Salvelinus fontinalis*), salmonide alloctono di origini nord americane introdotto nei laghi del Parco negli anni '60 che ha fortemente modificato e impoverito gli ecosistemi dei laghi d'alta quota;
2. interventi di conservazione a favore della Trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*), salmonide autoctono di grande interesse naturalistico minacciato dall'ibridazione con altre specie;
3. interventi di miglioramento della qualità degli habitat acquatici d'alta quota tramite la sperimentazione di impianti di fitodepurazione.

In questo volume si tratta con un approccio tecnico l'azione per il miglioramento della qualità degli habitat acquatici, attuata tramite impianto di fitodepurazione.



PARTE 1 INTRODUZIONE

L'interesse dell'uomo per la montagna ha incrementato le presenze turistiche in alta quota. Numerosi sono infatti i rifugi collocati in prossimità degli itinerari montani che si sviluppano sulle nostre Alpi, che offrono un posto letto ad escursionisti, alpinisti e turisti o semplicemente un pasto caldo durante un'escursione o una gita in montagna. Il trattamento delle acque reflue prodotte nei rifugi alpini rappresenta un problema gestionale complesso, vista l'impossibilità di collegare gli scarichi dei rifugi a reti fognarie convenzionali e la difficoltà di realizzare e gestire impianti di trattamento delle acque reflue. L'entità di questo problema è chiaramente proporzionale alla pressione antropica esercitata sull'ambiente alpino e più nello specifico sui rifugi. Per adeguamento alla normativa nazionale vigente in materia di trattamento di acque reflue, i rifugi sono di norma dotati di una fossa Imhoff, con dispersione nel terreno per subirrigazione o semplicemente di un pozzo perdente.

Spesso i rifugi alpini sono collocati in prossimità di zone caratterizzate da un'elevata ricchezza paesaggistica e naturalistica; tra queste zone particolarmente "sensibili" rientrano sicuramente i laghi alpini, ambienti di grande interesse naturalistico, scientifico e turistico, caratterizzati da ecosistemi acquatici ben conservati. In queste circostanze si rende necessaria una gestione delle acque reflue che renda sostenibile l'impatto dell'attività antropica, per la tutela dei delicati equilibri legati agli ambienti acquatici di alta quota.

Oltre alle strutture turistiche come i rifugi, un'altra fonte di carichi organici concentrati in ambiente alpino è rappresentata dalle stalle per il ricovero e la mungitura del bestiame. Si tratta di costruzioni tipiche montane, utilizzate nel periodo estivo per il ricovero del bestiame e la produzione di formaggi ed altri prodotti caseari. Nel caso dell'attività agro-zootecnica gli effetti negativi riguardano prevalentemente la banalizzazione dei pascoli e dei prati magri.

In entrambi i casi, l'applicazione di sistemi di fitodepurazione (Figura 1) può presentare una valida soluzione per il trattamento secondario delle

acque reflue. Questa tecnica sfrutta infatti un naturale processo di depurazione, che avviene nelle aree umide naturali dove, ad opera di organismi animali e vegetali presenti nel suolo e nelle acque, si attuano meccanismi di depurazione attraverso processi fisici, chimici e biologici. La microfauna degrada il carico organico presente nei reflui, rendendo disponibili elementi nutritivi, utilizzati a sua volta dalla vegetazione per la creazione di biomassa vegetale. La fitodepurazione rappresenta inoltre un sistema compatibile anche con gli elementi più vulnerabili e sensibili del paesaggio, soprattutto in ambienti caratterizzati da elevata naturalità.

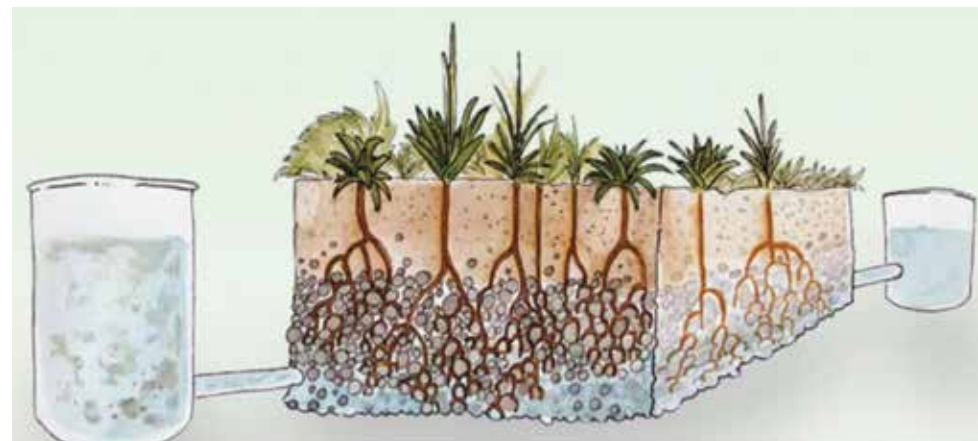


Figura 1. Il meccanismo della fitodepurazione. Le acque reflue eccessivamente ricche di sostanze organiche vengono fatte scorrere attraverso un substrato ghiaioso ricoperto da essenze vegetali adatte. Durante il passaggio, i meccanismi chimici e fisici innescati dalla presenza di minerali e della flora e della fauna presenti nel sistema, favoriscono la riduzione del carico organico presente e la conseguente depurazione delle acque che vengono restituite all'ambiente.

Numerosi sono gli impianti di fitodepurazione realizzati in pianura ed in collina, di cui molti sono stati collocati a valle di impianti di depurazione convenzionali, come sistemi di affinamento dello scarico, con lo scopo quindi di abbattere ulteriormente il carico inquinante presente nelle acque trattate dai depuratori. Sistemi di questo tipo vengono spesso previsti laddove i depuratori convenzionali scaricherebbero le acque trattate in ambienti idrici particolarmente sensibili o per ragioni prettamente ecologiche (ecosistemi di pregio, aree umide, laghi, ambienti con scarso ricambio o diluizione,...) o per ragioni antropiche (spiagge, luoghi molto frequentati, ...). Solitamente in ambienti di pianura la scelta della specie vegetale impiegata nei sistemi di fitodepurazione ricade sulla cannuccia di palude (*Phragmites australis*), una macrofita acquatica particolarmente efficace che cresce fino ad una quota massima

di 2.000 m s.l.m. Per quote superiori devono invece essere impiegate tipologie vegetali differenti, compatibili con le condizioni climatiche del sito scelto.

L'applicazione della fitodepurazione in montagna assume un significato fortemente sperimentale e dimostrativo, soprattutto nell'ottica di una gestione efficiente delle acque reflue nelle aree montane, interessate dalla presenza di strutture di ricezione turistica.

La realizzazione di questa tipologia di impianti in ambiente montano presenta infatti alcune problematiche gestionali che possono essere di seguito riassunte:

- la quota a cui vengono collocati gli impianti, responsabile di un clima rigido con basse temperature e stagione breve per la crescita della vegetazione impiegata;
- la scarsa disponibilità di spazi adeguati poiché gli ambienti di montagna sono spesso caratterizzati da pendenze elevate, da uno scarso ricoprimento di terreno vegetale e dalla presenza abbondante di roccia compatta mentre i sistemi di fitodepurazione richiedono per loro natura spazi ampi e pianeggianti;
- la difficile accessibilità, considerato che spesso le aree poste a quote elevate sono raggiungibili solo con strade strette e tortuose; molto siti possono essere raggiunti solamente a piedi attraverso la rete escursionistica locale; questo fattore determina evidenti problematiche logistiche relative all'organizzazione del cantiere.

Con specifico riferimento alle caratteristiche geomorfologiche delle zone montane, dove sono disponibili superfici piane ridotte, le tipologie classiche di fitodepurazione non sempre sono realizzabili e sono state ricercate soluzioni alternative rispetto a quelle tradizionali, quale può essere la fito-pedodepurazione.

A differenza degli impianti tradizionali, gli impianti di fito-pedodepurazione prevedono l'impiego di scambiatori ionici (quali la zeolite) e fasi minerali adsorbenti, ad integrazione dei normali processi biologici. Tale processo è basato sulla rivalutazione del ruolo del suolo nel processo depurativo, dove naturalmente hanno sede processi che intrappolano e degradano le sostanze inquinanti, restituendo acque depurate e a minor carico organico.

Le piante asportano poi i composti bloccati e aiutano la degradazione biologica nell'impianto, portando ossigenazione.

L'utilizzo di un substrato quale la zeolite per la rimozione degli inquinanti risponderebbe anche alla necessità di identificare specie vegetali idonee per la fitodepurazione in zone montane, che crescano senza difficoltà in aree caratterizzate da basse temperature e con stagione di crescita molto breve e abbiano una buona efficienza nella rimozione di inquinanti in condizioni climatiche avverse. In questo caso la depurazione non si basa più sull'impiego di piante che crescono in ambiente umido, quale è appunto la Cannuccia di palude, ma sull'impiego di un substrato efficiente nella rimozione degli inquinanti contenuti nelle acque reflue, quale la zeolite, atto ad integrare l'azione dei processi biologici di degradazione degli inquinanti stessi e riducendo anche la necessità di spazio. Le piante radicate impiegate svolgono solamente un ruolo fondamentale di mantenimento della capacità adsorbente e degradante del suolo, asportando i composti inquinanti bloccati sul substrato. Le specie vegetali sono messe a dimora su uno strato di terreno collocato sopra lo strato di zeolite, prediligendo l'utilizzo di tipologie vegetazionali compatibili con le condizioni climatiche del sito, che colonizzano naturalmente i prati alpini posti a quote elevate, quali *Senecio cordatus*, *Leucanthemopsis alpina*, *Chenopodium bonus henricus*. Si tratta, infatti, di specie erbacee le cui esigenze ecologiche sono compatibili con le condizioni climatiche e stagionali del sito.

I piccoli impianti di fito-pedodepurazione rappresentano dunque dei sistemi di trattamento che rispondono pienamente alle esigenze funzionali ambientali e logistiche di zone caratterizzate dalle problematiche gestionali sopra evidenziate. Per quanto riguarda l'accessibilità delle aree, la zeolite è infatti un materiale leggero, facilmente trasportabile anche nel caso in cui l'organizzazione logistica delle aree di cantiere presenti criticità per l'assenza di una rete infrastrutturale adeguata. Può essere infatti facilmente trasportata in sacconi mediante l'elitransporto.

Nell'ambito del progetto LIFE+BIOAQUAE, progetto finanziato dall'Unione Europea e promosso dal Parco Nazionale del Gran Paradiso con l'obiettivo di migliorare la qualità degli ambienti acquatici d'alta quota, sono stati costruiti due impianti di fito-pedodepurazione. Tali impianti sono previsti nelle azioni (Azioni C.4 e C.5). Entrambi gli impianti sono di carattere sperimentale e serviranno per il trattamento delle acque reflue del Rifugio Pontese, localizzato ad una quota di circa 2.200 m s.l.m. nelle vicinanze del Lago di Teleccio (Azione C.4) e di una malga localizzata nei pressi del Lago Nivolet inferiore ad un'altitudine di 2.520 m s.l.m. (Azione C.5).

PARTE **2** LE OPERE EFFETTUATE

2.1 AZIONE C.4 INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DEGLI HABITAT ACQUATICI DELL'AREA DEL PIAN DELLE MUANDE (VALLONE DEL TELESSIO)

FINALITÀ GENERALI DELL'INTERVENTO

L'azione di Progetto, che è stata oggetto di Valutazione di Incidenza, si propone di abbattere il carico di nutrienti delle acque reflue del rifugio Pontese, che, dopo essere state regolarmente trattate secondo la normativa vigente, scaricano in un piccolo corso d'acqua montano.

CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area prescelta per la realizzazione dell'impianto di fito-pedo-depurazione si trova all'interno del Vallone di Piantonetto nella valle dell'Orco ed è localizzata in prossimità del Rifugio Pontese, a quota 2.217 m s.l.m. Il Rifugio, di proprietà del Club Alpinistico Pontese, è posto all'inizio del Pian delle Muande, a monte del Lago di Teleccio, un bacino artificiale ubicato ad una quota di circa 1.924 m s.l.m. L'area d'intervento ricade all'interno del SIC/ ZPS IT1201000 Parco Nazionale Grande Paradiso (Figura 2).



Figura 2. Localizzazione geografica dell'area di intervento

Il Rifugio Pontese è composto dalla zona ristoro, dalla cucina, dalla sala da pranzo, dal dormitorio e da un bagno per ospitare un massimo di 70 persone nel periodo tra giugno e ottobre. La struttura è dotata di una fossa **Imhoff, che riceve le acque di scarico** ed è dunque nel pieno rispetto delle norme di legge in materia di scarichi civili. Tuttavia **dalla fossa citata le acque depurate raggiungono il corso d'acqua ed il reticolo idrico a valle e si immettono nel Lago di Teleccio** apportando un carico di nutrienti eccessivo. Il rifugio Pontese, come molti altri rifugi alpini, nonostante sia già dotato di un sistema di trattamento delle acque reflue (fossa Imhoff), reca nel Lago di Teleccio un carico organico residuo che determina un deterioramento della qualità delle acque con ripercussioni sulla biodiversità acquatica a valle dello scarico. In particolare, l'immissione di nutrienti può alterare il naturale stato trofico del lago e dei corsi d'acqua interessati, danneggiando le comunità biotiche e la biodiversità di questi ambienti. L'azione del progetto ha tra i suoi obiettivi l'abbattimento del carico di nutrienti delle acque reflue del rifugio Pontese.

L'area dove è stato costruito l'impianto di fito-pedo-depurazione si inserisce in un contesto tipicamente alpino, caratterizzato da piccole praterie e pascoli costituiti da cenosi erbacee molto povere e da pendii in forte pendenza. Il paesaggio è caratterizzato dalle forme delle grandi pareti rocciose grigie, costituite dagli gneiss del Gran Paradiso, modellate dall'intensa e geologicamente recente attività glaciale, ancora evidente in gran parte del Vallone del Piantonetto. Si rileva anche la presenza dei grandi circhi glaciali, che in sequenza cronologica testimoniano le fasi di progressivo ritiro glaciale dall'ultima avanzata: nelle parti più basse è presente attività vegetativa che ha già ampiamente colonizzato le superfici, mentre nelle zone più alte sotto le creste spartiacque, si osservano ampie coltri detritiche. Le forme montonate sono invece state lasciate dall'azione levigatrice del ghiacciaio sugli affioramenti rocciosi. Il Rifugio Pontese è collocato su un pianoro e spicca per contrasto coi colori delle vette e delle formazioni vegetali il giallo dell'edificio (Figura 3).



Figura 3. L'area di intervento. Nell'immagine di sinistra è visibile il Rifugio Pontese mentre nell'immagine di destra è rappresentata la vista del Lago di Teleccio dal rifugio.

DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'intervento ha riguardato la realizzazione di un impianto di fito-pedo-depurazione a servizio del Rifugio Pontese, che è dotato di una struttura ricettiva con un carico inquinante medio stimato corrispondente a **50 abitanti equivalenti**.

Il precedente sistema di depurazione a servizio del rifugio era costituito da una fossa Imhoff, dove avvengono i trattamenti primari di degradazione e sedimentazione delle acque reflue provenienti sia dai servizi igienici che dalla cucina del rifugio. L'impianto costruito nell'ambito del progetto intercetta i reflui in uscita dalla vasca Imhoff, che verrebbero scaricati nella valletta sottostante il rifugio e di lì indirizza al sistema di fito-pedo-depurazione. È stato realizzato un impianto di trattamento di tipo **fito-pedo-depurativo a flusso sub-superficiale orizzontale** utilizzando zeoliti come substrato di riempimento del letto che, noto il ruolo attivo nei processi depurativi, consentiranno di ottimizzare al meglio le superfici (riduzione dal 30 al 40% di superficie utile rispetto all'utilizzo della ghiaia) grazie ad un aumento dell'efficienza depurativa rivalutando il ruolo del **suolo** nei processi depurativi.

SISTEMI A FLUSSO SUB-SUPERFICIALE (SSF, SUB-SURFACE FLOW O WETLANDS)

Il sistema di progetto è stato realizzato secondo la tipologia a flusso sub-superficiale orizzontale.

Si tratta di bacini opportunamente impermeabilizzati, dove il pelo libero dell'acqua è mantenuto sempre al di sotto della superficie del terreno in modo che il medium, materiale inerte a diversa granulometria (pietrisco, ghiaia, sabbia, zeolite), sia saturo d'acqua. Mantenendo l'acqua sotto il livello del letto si riducono notevolmente i cattivi odori, i rischi igienici e lo sviluppo di colonie d'insetti.

A livello progettuale è stato tenuto conto dei seguenti aspetti:

- carico idraulico in ingresso;
- caratteristiche del refluo (concentrazione inquinanti e temperatura del refluo);
- superfici disponibili;
- condizioni climatiche

In tali sistemi il refluo scorre costantemente nel medium. Affinché tale flusso sia uniforme è necessario che il flusso venga distribuito su tutta la larghezza del letto, al fine di utilizzare pienamente l'intero sistema depurativo, con l'accortezza di non originare uno scorrimento superficiale. Il refluo percorre tutta l'altezza del letto, scorrendo in senso orizzontale attraverso il substrato. L'evacuazione del refluo depurato avviene tramite una tubazione drenante posta sul fondo, all'estremità opposta del letto. Il medium, svolge un'importante azione di filtrazione meccanica, oltre a rappresentare, insieme agli apparati radicali delle idrofite, il substrato di adesione delle colonie batteriche, funghi e protozoi, fautori della depurazione biologica. L'applicazione di questo trattamento, sia su scala internazionale che nazionale, ha dato dei risultati molto positivi:

- impatto ambientale e igienico-sanitario nullo (non si ha scorrimento superficiale);
- richiesta di superficie inferiore ai sistemi SF (soprattutto per l'azione filtrante del medium);
- richiesta di gestione e manutenzione dell'impianto estremamente ridotte;
- efficienza depurativa durante tutto l'arco dell'anno soprattutto per quanto riguarda l'abbattimento della componente organica.

LA SCELTA DELLE SPECIE VEGETALI

Di consueto la scelta della specie vegetale da impiegarsi nei sistemi di fitodepurazione ricade sulla macrofita acquatica particolarmente efficace Cannuccia di palude (*Phragmites australis*), che cresce fino ad una quota massima di 2.000 m s.l.m. Nel caso specifico, trovandosi l'impianto alla quota di oltre 2.200 m s.l.m., sono state impiegate tipologie vegetali differenti, compatibili con le condizioni climatiche del sito. In particolare sono state usate specie erbacee autoctone che colonizzano naturalmente i prati alpini dell'area di intervento, tra cui *Senecio cordatus*, *Leucanthemopsis alpina*, *Chenopodium bonus henricus*. L'intervento ha previsto la posa di cotico erboso prelevato da aree limitrofe e l'eventuale semina delle suddette specie.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL LETTO DI FITO-PEDO-DEPURAZIONE

Il trattamento secondario delle acque reflue avviene mediante un sistema di **fito-pedo-depurazione a flusso sub-superficiale orizzontale**. Il letto è stato ricavato in un'area a pendenza ridotta ed il medium è costituito esclusivamente da zeolite, in modo da rendere maggiormente efficiente i processi di pedodepurazione. Esso ha le seguenti caratteristiche:

- larghezza media: 7 m
- lunghezza: 29 m
- pendenza del fondo: 1 ‰
- altezza strato di zeolite: 50 - 60 cm
- altezza strato di terreno vegetale: 20 - 30 cm
- elemento di separazione: biostuoia pesante n fibra di cocco
- sommergezza media nel medium: 50 - 80 cm

Il sistema così strutturato ha una superficie complessiva di 200 m² ed un tempo di residenza media del refluo poco superiore ai 10 giorni. La diffusione del refluo all'interno del letto avviene per mezzo di un **sistema di distribuzione del refluo** lungo tutta la larghezza del letto stesso, realizzato con una tubazione forata disperdente in PVC rigido, collegata al pozzetto di ispezione posto in testa al letto. La tubazione di distribuzione, grazie alla messa in opera di due curve a 90° e di due tappi, è ispezionabile da entrambe le sezioni terminali. Il tubo di distribuzione è immerso in una zona drenante di materiale grossolano (formata da materiale inerte di granulometria compresa tra i 50-100 mm di diametro), contenuta da gabbioni metallici.

Il **sistema di raccolta dell'effluente** è costituito da una doppia tubazione drenante realizzata con tubo corrugato in PEAD fessurato e rivestito da una camicia in tessuto, che afferrisce ad una tubazione rigida in PVC collegata poi al pozzetto di regolazione dei livelli. Anche le tubazioni destinate alla raccolta del refluo trattato sono immerse in una zona

drenante di materiale grossolano contenuta da gabbioni metallici. L'**impermeabilizzazione** del fondo del bacino è stata effettuata utilizzando un manto in HDPE dello spessore di 0,6 mm, con resistenza a trazione e a lacerazione non inferiori rispettivamente a 25 kN/m e a 200 N. Il telo impermeabilizzante è stato posato su un telo antipunzonante in tessuto-non tessuto. Nello strato di terreno vegetale sovrastante la zeolite sono state messe a dimora zolle vegetate in parte tenute da parte durante i lavori di scotico superficiale ed in parte prelevate da aree adiacenti il rifugio e il Lago di Teleccio. Per la copertura del letto sono state impiegate specie erbacee autoctone tra cui *Senecio cordatus*, *Leucanthemopsis alpina*, *Chenopodium bonus henricus*.

Figura 4. Immagine della zona dell'intervento prima della costruzione dell'impianto di fito-pedo-depurazione.



Figura 5. Una foto dell'area del Nicolet durante i lavori



Figura 6. Particolare dell'acqua di lago alpino

INTERVENTI ACCESSORI AL SISTEMA DI FITO-PEDO-DEPURAZIONE

Oltre agli interventi descritti nel precedente paragrafo, relativi al solo impianto di fito-pedo-depurazione, il progetto ha previsto la realizzazione di altri interventi, alcuni direttamente collegati al sistema di trattamento e necessari per il suo funzionamento, altri previsti come interventi accessori, finalizzati a migliorare il sistema di trattamento nel suo complesso, a delimitare l'area destinata al sistema di trattamento. Gli interventi funzionali al sistema di trattamento sono:

- **Linea di alimentazione** all'impianto, realizzata utilizzando una tubazione in PVC rigido, della lunghezza di 25 m, che è quasi interamente interrata; solo in corrispondenza degli affioramenti rocciosi, il tracciato della condotta è stato ricavato creando una nicchia nella roccia poi rinfiata con calcestruzzo.
- **Linea di scarico**, realizzata anch'essa con una tubazione in PVC rigido



Gli interventi accessori sono invece:

- Realizzazione di una **staccionata in legno** attorno al letto di fito-pedo-depurazione, realizzata con materiali naturali, che delimita un'area complessiva di circa 500 m²
- Fornitura e installazione di un **degrassatore sottolavello** a servizio della cucina del rifugio, finalizzato a ridurre in modo significativo l'apporto di oli e grassi galleggianti alla fossa Imhoff e al letto di fitopedo-depurazione.

2.2 AZIONE C.5 INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DEGLI HABITAT ACQUATICI DELL'AREA DEL LAGO DEL NIVOLET

FINALITÀ GENERALI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo della presente azione è stato quello di ridurre il carico organico che si riversa nel Lago Nivolet Inferiore. Il lago, benché presenti caratteristiche chimico-fisiche che rientrano in un *range* di normalità in un contesto di laghi alpini, è caratterizzato da concentrazioni di nutrienti relativamente alte, specialmente se confrontate con quelli di altri laghi alpini del Parco Nazionale Gran Paradiso.

CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area interessata dall'intervento si trova ad una quota compresa tra 2.520 m s.l.m. (Lago Nivolet) e 2.620 m s.l.m. (malga), in prossimità dello spartiacque tra la Valsavarenche, bacino secondario della Dora Baltea e la Valle Orco (Figura 7). L'intervento di progetto ricade all'interno del SIC/ZPS IT1201000 -Parco Nazionale Gran Paradiso- e ha come scopo principale l'abbattimento del carico inquinante che si riversa nel Lago Nivolet alterandone lo stato trofico. Anche in funzione degli interventi in progetto, l'area di intervento può essere suddivisa in quattro elementi principali: il pascolo, il lago, la malga ed il rifugio.



Figura 7. Localizzazione geografica dell'area di intervento

IL PASCOLO

L'area interessata dagli interventi è prevalentemente occupata da un pascolo, utilizzato nella stagione estiva per i bovini. La porzione di pascolo di interesse per il presente progetto occupa un'area pseudo rettangolare, di circa 9 ha, che si sviluppa lunga la sponda occidentale del lago. Verso il lago la pendenza è relativamente ridotta, prossima al 10%. Allontanandosi dalla riva del lago verso il Pian del Rossett, la pendenza cresce progressivamente fino a raggiungere valori dell'ordine anche maggiori del 50%. Il pascolo è attraversato in tutta la sua lunghezza dalla strada (SP 50), strada che termina poche centinaia di metri oltre il lago. La porzione di pascolo di interesse per il progetto viene storicamente impiegata per la dispersione dei reflui zootecnici mediante fertirrigazione. I reflui zootecnici stoccati nella vasca di accumulo vengono scaricati attraverso un sistema di fossi di scolo che percorre l'intero pascolo e si disperde sul prato. Un'altra peculiarità di quest'area è **l'abbondante presenza di tane di marmotte e la particolare confidenza che le marmotte presenti danno all'uomo.**

I LAGHI DEL NIVOLET

Presso il colle del Nivolet, sono presenti due laghi, separati tra loro da una lingua di terra di origine morenica. Il lago più a monte, denominato Lago Nivolet Superiore, ha un'estensione di circa 36.000 m², mentre il Lago Nivolet Inferiore si estende su una superficie di 105.000 m² (Figura 8). Dette superfici variano significativamente in funzione del livello idrometrico a sua volta determinato dall'apporto idrico dal bacino, che raggiunge i valori massimi nel periodo di scioglimento delle nevi. La quota dei due laghi è di circa 2.525 e 2.527 m, s.l.m.; rispettivamente per il lago inferiore e per il lago superiore. **Il movimento d'acqua tra i due laghi avviene sotto il piano campagna, attraverso i ghiaioni morenici.**

Il presente progetto ha l'obiettivo principale di preservare il Lago Nivolet Inferiore dagli apporti inquinanti provenienti dal bacino imbrifero: questo si estende su una superficie di circa 130 ettari ed il punto più in quota è rappresentato dalla Costa di Menta che si trova a circa 2.800 m s.l.m..

Lo stato trofico del Lago Nivolet Inferiore corrisponde all'oligotrofia, con concentrazioni di fosforo totale registrate negli scorsi 4 anni variabili tra 5 e 15 µg/l. Tali valori, trattandosi di un lago alpino d'alta quota sono da ritenersi comunque eccessivi e le concentrazioni rilevate spostano comunque il lago da una condizione di **ultraoligotrofia**, condizione naturale del lago visto l'ambiente in cui si inserisce, ad uno stato di **oligotrofia**.

Quanto appena affermato è testimoniato dal fatto che, durante una campagna di misurazioni svolte dall'Istituto Italiano di idrobiologia di Pallanza nel 1981 (*Documenta dell'Istituto Italiano di idrobiologia dott. Marco de Marchi n° 9 - Indagini limnologica sui laghi alpini d'alta quota, 1986*) è stata misurata una concentrazione di fosforo totale di 1 µg/l.



Figura 8. Vista dei Laghi del Nivolet dal Colle del Nivolet. Il Lago Nivolet Inferiore si trova sullo sfondo.

LA MALGA

Nella parte più in quota dell'area in esame è presente una malga, recentemente sottoposta ad interventi di manutenzione e adeguamento igienico-sanitario (Figura 9). La struttura è composta da due stalle chiuse e da un edificio utilizzato sia come abitazione per i pastori, sia come casera. È poi presente una vasca in calcestruzzo scoperta dove vengono convogliati e stoccati i reflui prodotti dalle vacche quando, per consentire le operazioni di mungitura, vengono ricoverate nelle stalle. È infine stata rilevata la presenza di un ulteriore manufatto, interrato, dove vengono probabilmente stoccate le acque di scarto del processo caseario. Dalle informazioni raccolte nel corso della progettazione e dalle misure rilevate in loco, sono stati ricavati i seguenti dati, utili per la stima del carico inquinante generato dalla malga.

- numeri di bovini (vacche da latte) soggette a stabulazione: 40;
- periodo di pascolo: due mesi e mezzo (dall'ultima decade di giugno alla prima decade di settembre);
- ore di presenza in stalla: 4 ore / giorno;
- volume di stoccaggio della letamaia: circa 100 m3.



Figura 9. Vista della malga

IL RIFUGIO SAVOIA

Il rifugio è situato lungo la S.P. 50, a pochi metri dalla riva del Lago Nivolet inferiore (Figura 10). Esso è costituito da 4 edifici, di cui uno principale che ospita il ristorante e tre edifici minori.

Il rifugio è aperto dal 15 luglio alla fine di settembre. Ha 50 posti letto ed una ristorante di capienza mediopiccola. Esso è dotato di una **fossa Imhoff** che tratta le acque delle cucine e dei bagni.



Figura 10. Il Rifugio Savoia visto dalla sentiero che porta alla malga. Di fronte al Rifugio è visibile il Lago Nivolet Inferiore.

DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Da un'analisi della situazione pregressa, sebbene non fossero disponibili dati e misure attraverso i quali stimare il carico inquinante prodotto da ciascuna fonte, si è potuto ragionevolmente concludere che questo apporto di nutrienti fosse riconducibile prevalentemente al carico residuo di nutrienti proveniente dal pascolo, a sua volta riconducibile a:

- fertirrigazione del pascolo che, se non gestita in modo attento e se le condizioni meteorologiche non sono favorevoli, può apportare al lago ingenti quantità di nutrienti organici;
- dilavamento delle deiezioni prodotte dagli animali al pascolo.

GLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DEGLI SCARICHI PRESSO LA MALGA

Gli interventi effettuati presso la malga hanno lo scopo fondamentale di prevenire il rischio di scarico di sostanze inquinanti (scarti dei processi caseari e liquami) nel ruscello che costeggia la malga a sud-ovest e che si immette nel Lago Nivolet Inferiore in corrispondenza del Rifugio Savoia. Questo corso d'acqua è alimentato prevalentemente dalle acque (non potabili) derivate dall'emissario dei laghi Rossett e Leita e utilizzate per alimentare la centralina idroelettrica a servizio del Rifugio. L'acqua potabile che serve malga e rifugio proviene invece da alcune sorgenti che si trovano presso il Lago Nero, altro lago alpino presente sul versante settentrionale della Valsavarenche, più a valle.

Data la fragilità dell'ecosistema del lago, è fondamentale fare in modo che questo ruscello non riceva alcun tipo di apporto inquinante poiché, a causa della brevità del corso d'acqua, della pendenza elevata e dell'assenza di processi di autodepurazione, un eventuale scarico inquinante nel ruscello si riverserebbe tal quale nel lago.

Per ridurre al minimo il rischio di contaminazione, si è intervenuti in questo modo:

- Realizzazione di una trincea drenante a ridosso del manufatto esistente, con lo scopo di intercettare e raccogliere il refluo che fuoriusciva dalla muratura in pietrame e defluiva sul suolo fino al corso d'acqua di cui sopra; la trincea confluisce i reflui nel condotto nel quale viene convogliato anche lo scarico di troppo pieno che scaricava al suolo;
- Posa di una condotta che porta i reflui di cui sopra nell'area antistante la vasca per lo stoccaggio del letame; (diametro 200 mm in PVC, lunghezza di circa 60 m.);
- Rifacimento del pozzetto esistente, ubicato a valle del sentiero che raggiunge la malga e collegamento al nuovo pozzetto della condotta in uscita dalla vasca di stoccaggio dei liquami e della condotta di cui al punto precedente; il nuovo pozzetto ha dimensioni 100 x 100 x 100 cm, in modo da consentire l'alloggiamento di una pompa per rilanciare i reflui nel pascolo a monte della malga, estendendo la fertirrigazione anche ad esso.
- Prolungamento per circa 40 metri del tubo in PVC, dalla cameretta di cui al punto precedente, seguendo il fossatello

principale della fertirrigazione, al fine di evitare che le acque scaricate si riversino nel ruscello e quindi nel lago.

- Sistemazione del sentiero - strada che conduce alla malga, in modo da renderla transitabile dai mezzi impiegati per lo svolgimento dei lavori ed eventualmente a piccoli mezzi che saranno impiegati in seguito per interventi di adeguamento igienico-sanitario della stessa malga.

GLI INTERVENTI DI RIPRISTINO DEI CANALI DI FERTIRRIGAZIONE

Il principale intervento inerente il sistema di fertirrigazione è stato la sistemazione della piccola frana presente lungo il canale principale di monte. E' stata realizzata una palificata doppia per sostenere il terreno al piede, stabilizzato il materiale di riporto con una biostuoia in fibra di cocco, ripristinato il canale di fertirrigazione e la protezione delle sponde del canale con una struttura in tondino di acciaio e biostuoia in fibra di cocco.

L'ECOSISTEMA FILTRO A VALLE DEL PASCOLO

Il sistema idraulico il cui cuore è costituito dall'ecosistema filtro ha lo scopo di intercettare, abbattere e smaltire a valle del lago il carico inquinante "residuo" che non viene assorbito dal pascolo durante e successivamente alle pratiche di fertirrigazione.

Se il sistema di canali di diffusione del liquame non è in piena efficienza o se un evento piovoso intenso si verifica nelle giornate successive allo spagliamento dei liquami, può accadere che il liquame depositato sul terreno e non ancora penetrato al suo interno venga dilavato dalle acque di ruscellamento e raggiunga il lago. Si presume che questo fenomeno sia una delle cause per cui negli ultimi anni si è verificato un innalzamento della concentrazione di fosforo nel lago.

L'ecosistema filtro è costituito da due trincee drenanti, complessivamente lunghe circa 450 metri, riempite in parte con ghiaia e ciottoli ed in parte con zeolite. All'interno dello scavo sono inoltre posizionati due tubi drenanti in PEAD corrugato ed un telo bentonitico impermeabilizzante con la funzione di diaframma rispetto alle acque che defluiscono attraverso gli strati superficiali del terreno. La prima trincea scarica le acque nella seconda tramite una tubazione in PVC, che attraversa la strada ed è posato all'interno della prima trincea per tutta la sua lunghezza; la seconda trincea

termina in pozzetto, dove scarica anche la tubazione in PVC proveniente dalla prima trincea, da cui parte un secondo tubo in PVC diretto al bacino di fitopedodepurazione.

IL LETTO DI FITO-PEDO DEPURAZIONE PER L’AFFINAMENTO FINALE DEI REFLUI

L'intervento ha riguardato la realizzazione di un letto di fito-pedo depurazione in cui vengono convogliate: le acque in uscita dal sistema di trattamento a servizio del Rifugio Savoia e le acque drenate e trattate dall'ecosistema filtro presente a valle del pascolo.

Il sistema è costituito da:

- Pozzetto di raccolta e miscelazione delle acque in ingresso (condotta esistente dal Rifugio Savoia + condotta raccolta trincee drenanti);
- Letto di fito-pedodepurazione (descritto nel successivo paragrafo);
- Linea di by-pass al letto di fito-pedodepurazione;
- Nuova condotta di scarico finale in sostituzione di quella esistente;
- N. 2 pozzi drenanti che favoriranno la dispersione nel terreno delle acque intercettate dall'ecosistema filtro. I pozzi sono collocati in prossimità dell'impluvio che si forma a valle del lago; poiché per tutto il periodo estivo ed autunnale non vi è traccia di acque che defluiscono dal lago in superficie, tutta quest'area è probabilmente caratterizzata dalla presenza di materiale sciolto di pezzatura medio - grossa, ad elevata permeabilità. In questo modo le acque scaricate si diluiscono nel sottosuolo con le acque in uscita dal lago per percorrere tutta la piana sottostante in subalveo. Questa condizione di deflusso costituisce un ulteriore importante stadio di depurazione naturale delle acque scaricate, nel caso in cui queste presentino ancora una concentrazione eccessiva di nutrienti.

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE E DIMENSIONAMENTO DEL BACINO DI FITO-PEDO DEPURAZIONE

Al fine di adeguare l'attuale sistema di scarico delle strutture è stato realizzato un impianto di trattamento di tipo **fito-pedodepurativo a flusso sub-superficiale orizzontale**.

Il sistema di progetto ha previsto l'utilizzo di zeoliti come substrato di riempimento del letto che, noto il ruolo attivo nei processi depurativi, consentono di ottimizzare al meglio le superfici (riduzione dal 30 al 40% di superficie utile rispetto all'utilizzo della ghiaia) grazie ad un aumento dell'efficienza depurativa rivalutando il ruolo del suolo nei processi depurativi.

Il letto è stato ricavato in un'area a pendenza ridotta, posizionata nei pressi della sezione terminale del Lago Nivolet Inferiore. Il medium è costituito esclusivamente da zeolite, in modo da rendere maggiormente efficiente i processi di pedodepurazione descritti nel Capitolo 3.

Esso ha le seguenti caratteristiche:

- larghezza media: 10 m
- lunghezza: 20 m
- pendenza del fondo: 1 %
- altezza strato di zeolite: 50 - 60 cm
- altezza strato di terreno vegetale: 20 - 30 cm
- elemento di separazione: biostuoia pesante in fibra di cocco
- sommergenza media nel medium: 50 - 80 cm

Il sistema così strutturato ha una superficie complessiva di 200 m² ed un tempo di residenza media del refluo poco superiore ai 10 giorni. La diffusione del refluo all'interno del letto avviene per mezzo di un **sistema di distribuzione del refluo** lungo tutta la larghezza del letto stesso, realizzato con una tubazione forata disperdente in PVC rigido, collegata al pozzetto di ispezione posto in testa al letto. La tubazione di distribuzione, grazie alla messa in opera di due curve a 90° e di due tappi, è ispezionabile da entrambe le sezioni terminali. Il tubo di distribuzione

è immerso in una zona drenante di materiale grossolano (formata da materiale inerte di granulometria compresa tra i 50-100 mm di diametro), contenuta da gabbioni metallici.

Il **sistema di raccolta dell'effluente** è costituito da una doppia tubazione drenante realizzata con tubo corrugato in PEAD fessurato e rivestito da una camicia in tessuto, che afferisce ad una tubazione rigida in PVC collegata poi al pozzetto di regolazione dei livelli. Anche le tubazioni destinate alla raccolta del refluo trattato sono immerse in una zona drenante di materiale grossolano contenuta da gabbioni metallici.

L'**impermeabilizzazione** del fondo del bacino è stata effettuata utilizzando un manto in HDPE dello spessore di 0,6 mm, con resistenza a trazione e a lacerazione non inferiori rispettivamente a 25 kN/m e a 200 N. Il telo impermeabilizzante è stato posato su un telo antipunzonante in tessuto-non tessuto. Nello strato di terreno vegetale sovrastante la zeolite sono state messa a dimora zolle vegetate, in parte tenute da parte durante i lavori di scotico superficiale ed in parte prelevate da aree circostanti i due laghi e dalle aree maggiormente interessate dal ruscellamento delle acque di fertirrigazione, dove prevalgono specie nitrofile.

La posizione planaltimetrica del bacino è stata definita a seguito di rilievi topografici di dettaglio, sulla base della morfologia dei luoghi, della quota del lago e della quota presunta della condotta in PVC proveniente dal Rifugio Savoia.

Dalle elaborazioni svolte è risultato che per la realizzazione del bacino era necessario effettuare un scavo di circa 2 m di profondità e contestualmente formare un rilevato che evitasse l'allagamento del bacino da parte del lago. La maggior parte del materiale di scavo è stata utilizzata per la formazione del rilevato e per il ricoprimento superficiale (20 - 30 cm) del bacino di fito-pedodepurazione; una parte modesta è stata utilizzata per la sistemazione della frana presente lungo il fossatello.

Oltre agli interventi descritti nel precedente paragrafo, relativi al solo impianto di fito-pedodepurazione, il progetto ha previsto la realizzazione di una **staccionata in legno** attorno al letto di fito-pedodepurazione, realizzata con materiali naturali, che delimita un'area complessiva di circa 400 mq.



Figura 11. Un particolare degli zeoliti utilizzati nell'impianto

PARTE 3 I RISULTATI DELL'AZIONE

Durante l'estate 2016 sono stati effettuati prelievi delle acque per verificare l'efficacia dei sistemi di fito-pedo-depurazione costruiti. Sono stati prelevati campioni d'acqua dalla fossa Imhoff del Rifugio pontese (prima cioè che le acque si immettessero nel sistema filtro) e successivamente campioni in uscita dall'impianto di fito-pedo-depurazione. I risultati di queste analisi indicano che il carico organico delle acque in uscita dalla fossa Imhoff era estremamente elevato a dimostrazione del fatto che questo sistema ha limitate capacità depurative. L'acqua in uscita dal sistema di fitodepurazione invece ha mostrato valori di nutrienti molto più bassi e i risultati (per quanto ancora preliminari) indicano che il sistema sembra essere in grado di ridurre fortemente il carico di nutrienti delle acque raggiungendo quindi gli scopi del progetto.

I risultati delle analisi delle acque sono presentati nella Tabella I. Calcolando le riduzioni percentuali dei nutrienti presi in considerazione nelle analisi (percentuali calcolate sui tre campionamenti presentati in Tabella I) La riduzione del fosforo totale (TP) è risultata essere tra il 75% e il 90%; la riduzione dell'ammonio (NH₄) maggiore del 99%; quella dei nitrati totali (TN) intorno al 96%.

Data campionamento	TP Fossa Imhoff	TP Impianto	NH ₄ Fossa Imhoff	NH ₄ Impianto	TN Fossa Imhoff	TN Impianto
04/07/2016	7.9	0.2	57.2	0.08	66.8	2.0
17/08/2016	15.9	1.6	103	0.07	108	3.8
01/09/2016	10.4	2.5	78.9	0.10	93.6	3.4

Tabella I. Risultati delle analisi delle acque prima e dopo il trattamento di depurazione dell'ecosistema filtro. Per ciascun nutriente sono presentati i valori misurati nelle acque prelevate nella fossa Imhoff e quelli misurati nelle acque in uscita dall'impianto. TP= fosforo totale; NH₄= ammonio; TN= nitrati totali. I valori sono misurati in milligrammi per litro.

Per quanto molto incoraggianti questi risultati vanno considerati preliminari poiché il tempo trascorso dalla costruzione degli impianti non è stato sufficiente per permettere di raggiungere un equilibrio. Infatti le concentrazioni dei nutrienti delle acque in uscita dall'impianto sono ancora abbastanza elevati e ad oggi non è possibile stabilire quale sarà l'efficienza futura degli impianti. E' probabile che, con il passare del tempo le concentrazioni dei nutrienti potranno ridursi ulteriormente grazie ad una maggiore colonizzazione degli impianti da parte della vegetazione o all'aumento della comunità batterica all'interno dell'impianto. Non è tuttavia possibile escludere nemmeno la possibilità che l'efficienza depurativa possa ridursi a causa della saturazione dell'impianto. I monitoraggi proseguiranno nei prossimi anni per verificare l'efficienza dell'impianto nel lungo periodo.





