



PARCO REGIONALE DELL'ADAMELLO

*MONITORAGGIO DI TRE IMPIANTI DI DEPURAZIONE DELLE ACQUE REFLUE NEL
TERRITORIO DEL PARCO*

STAGIONE 2017

RAPPORTO DI MONITORAGGIO



GENNAIO 2018



GRAIA SRL
VIA REPUBBLICA 1
2020 VARANO BORGHI (VA)
WWW.GRAIA.EU

SOMMARIO

PREMESSA	3
1 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI	4
1.1 IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE A SERVIZIO DELLA CASA DEL PARCO DI CEVO	4
1.2 IMPIANTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE A SERVIZIO DEL RIFUGIO TONOLINI.....	7
1.3 IMPIANTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE A SERVIZIO DEL RIFUGIO AVIOLO	10
2 VALUTAZIONE SUL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI	13
2.1 IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE A SERVIZIO DELLA CASA DEL PARCO DI CEVO	13
2.2 IMPIANTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE A SERVIZIO DEL RIFUGIO TONOLINI.....	15
2.3 IMPIANTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE A SERVIZIO DEL RIFUGIO AVIOLO	16
3 RISULTATI DEL MONITORAGGIO CHIMICO-FISICO	18
3.1 IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE A SERVIZIO DELLA CASA DEL PARCO DI CEVO	18
3.2 IMPIANTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE A SERVIZIO DEL RIFUGIO TONOLINI.....	20
3.3 IMPIANTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE A SERVIZIO DEL RIFUGIO AVIOLO	22
4 CONCLUSIONI E AZIONI DA INTRAPRENDERE	24

PREMESSA

Tra l'estate del 2013 e l'estate del 2015, il Parco dell'Adamello ha realizzato tre piccoli impianti di depurazione delle acque reflue a servizio di altrettante strutture destinate alla fruizione turistica dislocate nel territorio del parco.

Si tratta di impianti che sfruttano i sistemi di depurazione naturale, basati sul principio della fitodepurazione. Considerate le condizioni ambientali e climatiche in cui si inseriscono questi impianti non è stato possibile realizzare degli impianti di fitodepurazione "convenzionali", ma si è reso necessario pensare a delle soluzioni specifiche per ciascuna delle tre realtà interessate dal progetto.

I tre impianti, l'ambiente in cui si inserisce ciascuno di essi e le caratteristiche delle tre strutture servite sono descritti sinteticamente nel successivo capitolo.

Dopo la realizzazione del primo impianto nell'estate del 2013, grazie anche ad una tesi di laurea redatta da uno studente dell'università di Wageningen (Netherlands) - Dipartimento di scienze ambientali, è stato condotto un monitoraggio più o meno continuativo delle performance degli impianti, monitoraggio che è stato esteso ai nuovi impianti che sono stati progressivamente realizzati.

Nella primavera 2017 il Parco dell'Adamello, per poter approfondire le conoscenze sulla funzionalità degli impianti e per mettere a punto eventuali interventi di miglioramento sugli impianti esistenti e su idee progettuali che potrebbero nascere negli anni a venire, ha incaricato la società GRAIA s.r.l. di effettuare due campagne di monitoraggio, una alla fine di luglio, nel cuore della stagione estiva ed una a fine settembre, in concomitanza con il termine della stagione di apertura dei rifugi.

L'incarico prevede sia un monitoraggio dei parametri chimico-fisici delle acque in ingresso e in uscita da ciascun impianto di depurazione, sia una valutazione della funzionalità complessiva dei sistemi, con particolare riguardo agli aspetti idraulici e allo sviluppo della componente vegetazionale.

Il presente rapporto ha lo scopo di illustrare i risultati del monitoraggio svolto nell'estate del 2017, cercando anche di confrontare i risultati ottenuti con quanto si è potuto osservare durante le misurazioni ed i sopralluoghi svolti negli anni passati.

1 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI

Il presente rapporto di monitoraggio riguarda tre diversi impianti di depurazione delle acque reflue realizzati tra il 2013 e il 2016 in alta Valle Camonica, all'interno del territorio del Parco dell'Adamello bresciano. In particolare, gli impianti di depurazione, di cui una descrizione sintetica è riportata nelle prossime pagine sono:

1. impianto di fitodepurazione a servizio della struttura ricettiva della **Casa del Parco, Comune di Cevo** (BS), 1.100 m s.l.m., realizzato tra il 2013 e il 2014;
2. impianto di fito-pedodepurazione a servizio del **Rifugio Tonolini, Comune di Sonico** (BS), 2.450 m s.l.m., realizzato nell'estate del 2013;
3. impianto di fito-pedodepurazione a servizio del **Rifugio Occhi Sandro all'Aviolo, Comune di Edolo** (BS), 1.930 m s.l.m., realizzato nell'estate del 2015.

1.1 IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE A SERVIZIO DELLA CASA DEL PARCO DI CEVO

L'impianto di fitodepurazione è stato dimensionato per servire 50 A.E. risultanti dalle attività ricettive in essere alla Casa del Parco. L'impianto di Cevo, costituito da due letti di fitodepurazione in serie a flusso suborizzontale, è costituito dalle seguenti parti principali:

1. nuova fossa Imhoff posizionata a monte dei due letti che integra quella già presente prima dell'intervento;
2. due letti di fitodepurazione in serie formati da:
 - ✓ substrato di zeolite con diametro specifico 8-10 mm;
 - ✓ larghezza utile del letto: 15,30 m, lunghezza utile del letto: 4,70 m;
 - ✓ superficie complessiva: 144 m² (72 X 2), superficie specifica per A.E.: circa 3 m²/A.E.;
 - ✓ pendenza media del fondo: 1%;
 - ✓ profondità media del medium (zeolite): 70 cm.
 - ✓ sistema di distribuzione del refluo lungo tutta la larghezza del letto con tubazione disperdente in PVC (diametro 160 mm);
 - ✓ la dispersione del refluo avviene in materiale grossolano (gabbionata con materiale inerte di granulometria compresa tra i 50-200 mm di diametro);
 - ✓ sistema di raccolta dell'effluente costituito da una tubazione drenante perforata lungo la larghezza del letto (sul lato opposto rispetto alla distribuzione) e immersa in una zona drenante di materiale grossolano (formata da materiale inerte di granulometria compresa tra i 50-100 mm di diametro);
 - ✓ impermeabilizzazione del fondo con manto sintetico dello spessore di 1,5 mm per evitare la percolazione diretta nel suolo del refluo non ancora depurato; il manto è posato sopra un telo anti punzonante;
 - ✓ tempo di residenza dei reflui, calcolato in tempo secco, è pari a circa 2 giorni;
 - ✓ specie vegetale impiegata: Cannuccia di palude (*Phragmites australis*).

Le acque depurate, raccolte nel pozzetto di regolazione dei livelli in uscita dal letto, vengono infine recapitate nel pozzetto di controllo e da qui inviate al corpo idrico recettore presente poco più a valle, il Torrente Valle dei Molini che scorre a lato dell'area di intervento.



SCALA 1:250

FIGURA 1 - IMPIANTO DI CEVO - SCHEMA DI FUNZIONAMENTO



FIGURA 2 - IMPIANTO DI CEVO - GIUGNO 2014



FIGURA 3 - IMPIANTO DI CEVO - LUGLIO 2017

1.2 IMPIANTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE A SERVIZIO DEL RIFUGIO TONOLINI

Il trattamento delle acque reflue prodotte dal Rifugio Tonolini avviene mediante un sistema di fito-pedodepurazione a flusso sub-superficiale orizzontale, a monte del quale sono stati posti un degrassatore, che tratta le sole acque in uscita dalla cucina e una vasca Imhoff.

Il sistema è stato progettato in base ad un carico stimato in 20 A.E.

Il bacino di fito-pedodepurazione presenta le seguenti caratteristiche principali:

- ✓ larghezza del letto di 6 m, lunghezza del letto di 10 m;
- ✓ area superficiale di 60 m²;
- ✓ sistema di distribuzione del refluo lungo tutta la larghezza del letto con tubazione disperdente in PVC (diametro 160 mm);
- ✓ sistema di raccolta dell'effluente costituita da una tubazione drenante perforata lungo la larghezza del letto (sul lato opposto rispetto alla distribuzione) e immersa in una zona drenante di materiale grossolano (formata da materiale inerte di granulometria compresa tra i 50-100 mm di diametro);
- ✓ impermeabilizzazione del fondo con manto in HDPE dello spessore di 2 mm ($K_s < 10^{-8}$ cm/s) per evitare la percolazione diretta nel suolo del refluo non ancora depurato; il manto verrà posato sopra un telo anti punzonante;
- ✓ strato di separazione tra zeolite e terreno naturale grazie alla fornitura di biostuoia in fibra di cocco con grado di copertura 100 %;
- ✓ materiale principale di riempimento costituito da **zeolite** (substrato attivo che permette di ridurre la superficie utile per abitante equivalente da 6 m² a 3 m²);
- ✓ tempo di residenza dei reflui, calcolato in tempo secco, è pari a circa 2 giorni;
- ✓ specie vegetali impiegate: specie erbacee autoctone tra cui *Senecio cordatus*, *Leucanthemopsis alpina*, *Chenopodium bonus henricus*; *deschampsia caespitosa* e *trichophorum caespitosum*; nel corso del tempo *deschampsia caespitosa* e *trichophorum caespitosum* sono diventate le specie dominanti nell'area occupata dal letto di trattamento.

L'impiego prevalente delle zeoliti permette di contenere le dimensioni dei bacini, elemento fondamentale per poter rendere fattibili gli interventi che in tutti i casi presentano situazioni limitanti nei confronti dello spazio disponibile.

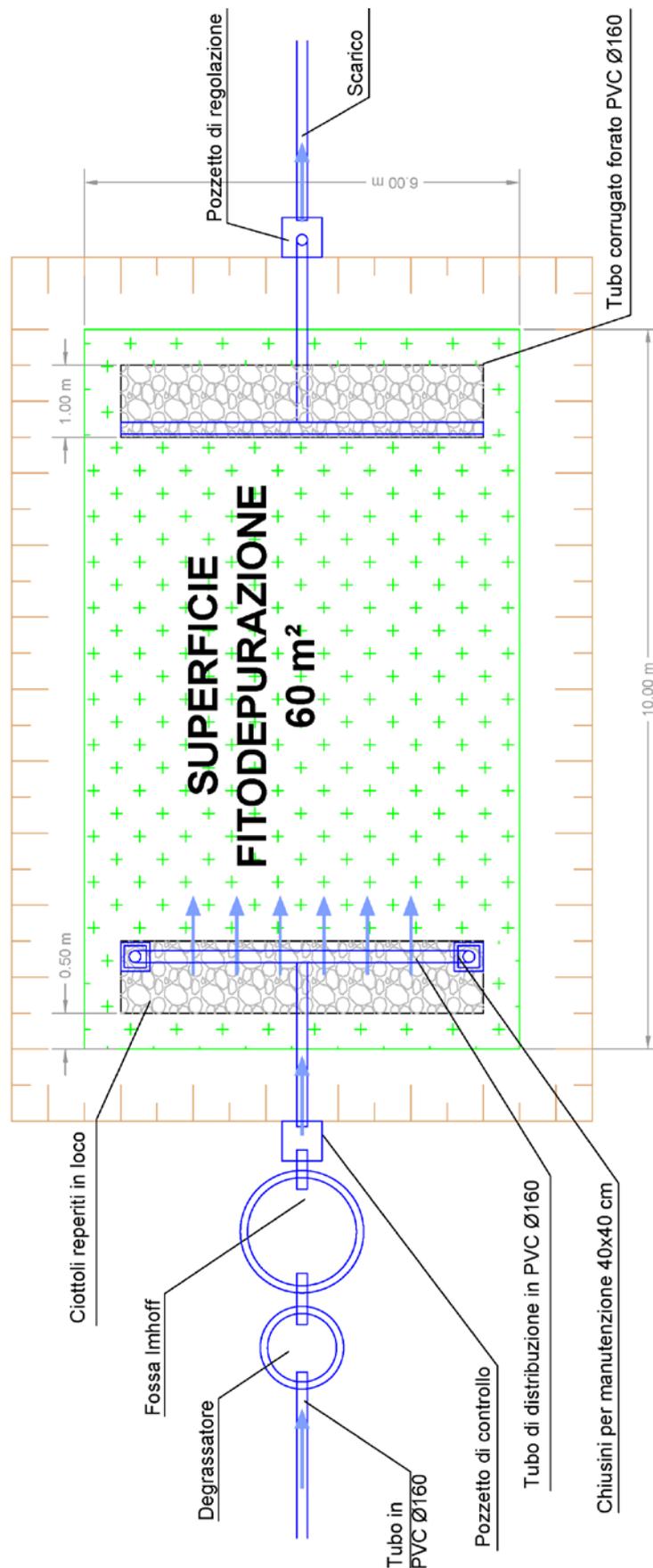


FIGURA 4 - IMPIANTO A SERVIZIO DEL RIFUGIO TONOLINI - SCHEMA DI FUNZIONAMENTO



FIGURA 5 - IMPIANTO A SERVIZIO DEL RIFUGIO TONOLINI - SETTEMBRE 2014 (DURANTE I LAVORI)



FIGURA 6 - IMPIANTO A SERVIZIO DEL RIFUGIO TONOLINI - LUGLIO 2017

1.3 IMPIANTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE A SERVIZIO DEL RIFUGIO AVIOLO

L'impianto di fito-pedodepurazione a servizio del Rifugio "Sandro Occhi" all'Aviolo è stato dimensionato per un numero **di 25-30 abitanti equivalenti**. Il rifugio è costituito da una struttura ricettiva formata da: zona ristoro, cucina, sala da pranzo, bagni e camere (54 posti letto).

Come per il Rifugio Tonolini, l'impianto di fito-pedodepurazione è costituito da un insieme di letti a flusso sub-superficiale orizzontale, a monte del quale sono stati installati un degrassatore, che tratta le sole acque in uscita dalla cucina e un vasca Imhoff, a sostituzione di quella già esistente prima dell'intervento.

L'impianto è costituito da 12 vasche in polietilene organizzate in due linee in parallelo, ciascuna delle quali è formata da sei vasche in serie. Le vasche sono di forma rettangolare con angoli smussati e superficie unitaria di 5 mq. Le principali caratteristiche del progetto sono:

- ✓ sostituzione della vasca Imhoff esistente con una nuova in cemento (dimensionata per 20 abitanti equivalenti);
- ✓ realizzazione di un pozzetto ripartitore a valle dalla nuova vasca Imhoff, con lo scopo di distribuire i reflui sulle due linee di fito-pedodepurazione;
- ✓ **prima linea di trattamento**, composta da n. 5 vasche (1-2-3-4-5) posate in orizzontale sul primo piano; in uscita dalla vasca 5 è collocato un pozzetto di regolazione dei livelli che convoglia le acque nella vasca n. 11 e da qui nello scarico finale;
- ✓ **seconda linea di trattamento**, posata su di un piano inferiore rispetto al primo e composta anch'essa da n. 5 vasche (6-7-8-9-10) posate in orizzontale; in uscita dalla vasca 10 è collocato un pozzetto di regolazione dei livelli che convoglia le acque nella vasca n. 12 e da qui nello scarico finale.

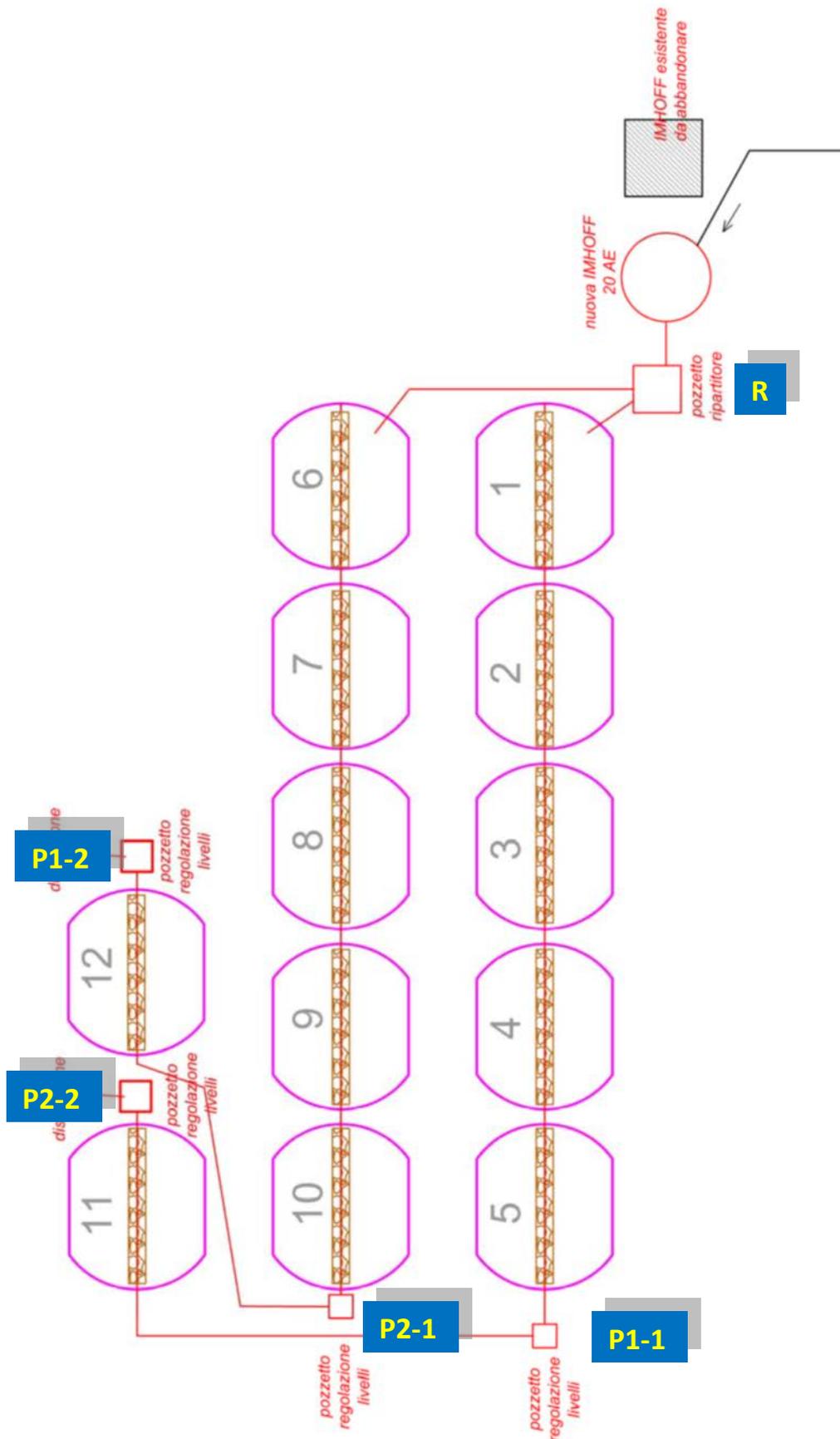


FIGURA 7 - IMPIANTO A SERVIZIO DEL RIFUGIO AVIOLO - SCHEMA DI FUNZIONAMENTO



FIGURA 8 - IMPIANTO A SERVIZIO DEL RIFUGIO AVIOLO - GIUGNO 2016



FIGURA 9 - IMPIANTO A SERVIZIO DEL RIFUGIO AVIOLO - LUGLIO 2017

2 VALUTAZIONE SUL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

2.1 IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE A SERVIZIO DELLA CASA DEL PARCO DI CEVO

L'impianto è entrato in esercizio nella primavera del 2014. Il 2017, hanno in cui sono state effettuate le campagne di monitoraggio oggetto del presente rapporto, è stato quindi il quarto anno di funzionamento effettivo dell'impianto.

L'impianto è stato tra l'altro anche seguito nell'ambito della tesi di laurea presentata dal dott. Lorenzo Rossi all'Università di Wageningen (Netherlands) nel 2016.

Nei primi anni di osservazione l'impianto ha sempre funzionato correttamente. Il progressivo sviluppo del canneto ha consentito un altrettanto progressivo aumento dell'efficienza dell'impianto, oltre che un sensibile aumento dell'evapotraspirazione. Il progressivo aumento della quantità di acqua dispersa per evapotraspirazione, associato a un presunto sottoutilizzo della struttura, ha fatto sì che la quantità di acqua persa per evapotraspirazione sia superiore a quella in ingresso all'impianto.

Nel corso della campagna di luglio si riscontrato un deflusso nullo sia dal primo al secondo letto, sia dal secondo letto allo scarico finale. In occasione del sopralluogo estivo, avvenuto nel tardo pomeriggio di una giornata calda, asciutta e assolata, il livello dell'acqua nel primo letto era 4 cm al di sotto del livello di progetto (coincidente con la quota a cui il letto comincia a scaricare), mentre quello del secondo letto era 36 cm sotto il livello di scarico.

Anche in occasione della campagna di settembre la portata tra il primo e il secondo letto era nulla, il livello dell'acqua nel primo letto era 8 cm al di sotto del livello di progetto, mentre quello del secondo letto era ancora 36 cm sotto il livello di progetto. In questo caso il sopralluogo non è avvenuto in una giornata particolarmente soleggiata, ma in compenso la struttura sembrava chiusa, il che significa che anche la portata in ingresso all'impianto era presumibilmente nulla.

In alcune zone dei bacini si è riscontrata la presenza di specie erbacee non legate ad ambienti acquatici (rovi, ortiche) che testimoniano il fatto che il livello dell'acqua permane a livelli inferiori a quello di progetto anche per periodi prolungati.

Si è riscontrata infine la presenza di un importante strato di grasso all'interno della vasca Imhoff, che dovrebbe essere rimosso prima dell'inizio della prossima stagione estiva.



VISTA D'INSIEME DELL'IMPIANTO A FINE LUGLIO



VISTA D'INSIEME DELL'IMPIANTO A FINE SETTEMBRE



PARTICOLARE DEL SISTEMA DI REGOLAZIONE A VALLE DEL PRIMO LETTO



PARTICOLARE DEL SISTEMA DI REGOLAZIONE A VALLE DEL SECONDO LETTO



PRESENZA DI ORTICHE NEL PRIMO LETTO



FIGURA 10 - ALCUNE IMMAGINI DELL'IMPIANTO DI CEVO DURANTE LE CAMPAGNE DEL 2017

2.2 IMPIANTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE A SERVIZIO DEL RIFUGIO TONOLINI

Anche l'impianto a servizio del Rifugio Tonolini è stato oggetto della tesi di laurea presentata dal dott. Lorenzo Rossi all'Università di Wageningen (Netherlands) nel 2016. Lo sviluppo e l'evoluzione della vegetazione erbacea che ha progressivamente colonizzato l'impianto sono stati inoltre studiati dettagliatamente dal dott. Enzo Bona, il cui lavoro iniziato nel 2015, si è in parte sovrapposto con quello del dott. Rossi.

L'impianto, ultimato nel settembre 2013, è di fatto entrato in esercizio nella primavera del 2014. Nel corso delle quattro stagioni estive di funzionamento dell'impianto, la componente erbacea che costituisce lo strato superiore dell'impianto si è progressivamente evoluta: oltre ad un graduale aumento della superficie coperta da vegetazione, in questi tre anni si è assistito ad un cambiamento delle specie presenti, che ad oggi vede una predominanza di *deschampsia caespitosa*.

Si è riscontrato il corretto funzionamento dell'impianto sia nel corso della campagna di luglio, sia nel mese di settembre.

L'unica criticità riscontrata è lo strato di materiale in sospensione nella vasca Imhoff che supera i 30 cm di spessore. Come per Cevo, si ritiene prioritario provvedere allo spurgo della vasca Imhoff e del degrassatore prima dell'inizio della prossima stagione estiva.



VISTA D'INSIEME DELL'IMPIANTO A FINE LUGLIO



VISTA D'INSIEME DELL'IMPIANTO A FINE SETTEMBRE



PARTICOLARE DELLA VASCA IMHOFF



FIORITURA DI ERIOFORO E DESCHAMPSIA NEL MESE DI LUGLIO

FIGURA 11 - ALCUNE IMMAGINI DELL'IMPIANTO A SERVIZIO DEL RIFUGIO TONOLINI DURANTE LE CAMPAGNE DEL 2017

2.3 IMPIANTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE A SERVIZIO DEL RIFUGIO AVIOLO

Si tratta del più giovane dei tre impianti in esame, in quanto è stato ultimato nella seconda metà di luglio del 2015 ed ha quindi due stagioni e mezzo di funzionamento.

A differenza degli altri due impianti, che sono stati ricavati scavando delle aree semipianeggianti e ricavando un volume idoneo alla realizzazione dei letti di trattamento, in questo caso, la morfologia del sito individuato per la realizzazione dell'impianto e la quasi totale assenza di materiale sciolto, hanno indotto i progettisti a propendere per le vasche prefabbricate in PEAD.

Si tratta di un sistema più complesso e delicato, maggiormente suscettibile a rischio di intasamento nel caso in cui non venga effettuata annualmente la pulizia delle vasca Imhoff e del degrassatore posizionati a monte dell'impianto. La tipologia di collegamenti idraulici tra pozzetti e vasche presenta criticità associate al trasporto di materiale solido (agglomerati di grassi e saponi, carta, ...) che tendono a impaccarsi.

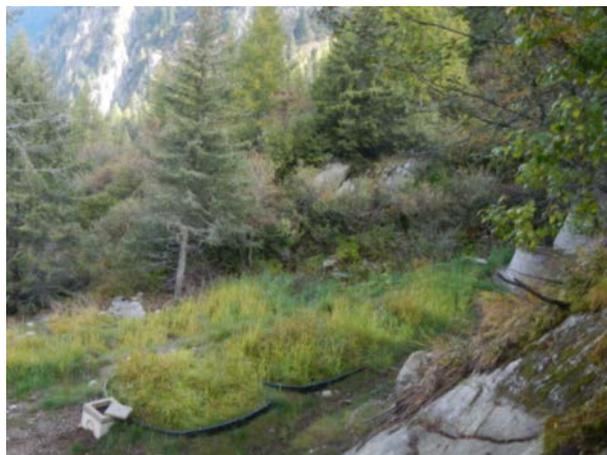
Nel corso della campagna di agosto si è riscontrato un parziale intasamento della linea 1; sebbene il pozzetto ripartitore funzionasse correttamente, l'assenza di un gradiente significativo tra lo stesso pozzetto ripartitore e le prime cinque vasche della linea 1 favorisce l'intasamento della stessa. L'acqua nel pozzetto P1-1 (Figura 7) era 25 cm al di sotto della quota di scarico.

La linea 2 funzionava invece in modo corretto, anche se la portata transitante era molto ridotta. Questo è probabilmente dovuto, in parte agli afflussi ridotti, in parte all'evapotraspirazione ed in parte alla sporadica tracimazione all'interno della vasca 6 (Figura 7).

Una situazione analoga è stata riscontrata nel corso della campagna di settembre: la linea 1 risultava intasata, mentre la linea 2, benché fosse satura d'acqua, presentava un flusso assai ridotto ed evidenti segni di tracimazione nella vasca 6 (Figura 7).



VISTA D'INSIEME DELL'IMPIANTO A FINE LUGLIO



VISTA D'INSIEME DELL'IMPIANTO A FINE SETTEMBRE



PARTICOLARE DEL TUBO DI REGOLAZIONE DELLE PRIME 5 VASCHE DELLA LINEA 1



PARTICOLARE DEL TUBO DI REGOLAZIONE DELLE PRIME 5 VASCHE DELLA LINEA 2



FUORIUSCITA DI LIQUAME NELLA VASCA 1 DELLA LINEA 2



VEGETAZIONE RIGIOLIOSA NELLA VASCA 5 DELLA LINEA 1

FIGURA 12 - ALCUNE IMMAGINI DELL'IMPIANTO DI CEVO DURANTE LE CAMPAGNE DEL 2017

3 RISULTATI DEL MONITORAGGIO CHIMICO-FISICO

3.1 IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE A SERVIZIO DELLA CASA DEL PARCO DI CEVO

NH ₄ ⁺ - N [mg/l]	Punto di campionamento			
Data	3	4	5	6
04/09/2014	0.72	1.32	0.22	
06/05/2015	21.50	23.60	2.82	0.54
21/08/2015	23.10	8.89	2.68	2.04
23/10/2015	21.40	17.20	3.73	0.55
08/03/2016	20.80		6.72	
02/08/2017	90.50	29.40	5.63	
25/09/2017	4.50	16.48	1.50	

BOD [mg/l]	Punto di campionamento			
Data	3	4	5	6
04/09/2014	16	75	7	
06/05/2015	820	91	2	3
21/08/2015	176	3	2	23
23/10/2015	335	16	3	11
08/03/2016	432		4	
02/08/2017	476	21	6	
25/09/2017	43	18	6	

NO ₃ ⁻ - N [mg/l]	Punto di campionamento			
Data	3	4	5	6
04/09/2014	0.22	0.23	1.13	
06/05/2015	1.27	0.27	0.15	0.25
21/08/2015	0.33	0.07	0.04	0.07
23/10/2015	0.35	0.11	0.01	0.16
08/03/2016	0.45		0.09	
02/08/2017	0.51	0.29	47.60	
25/09/2017	0.18	0.30	32,70	

COD [mg/l]	Punto di campionamento			
Data	3	4	5	6
04/09/2014	530	61	41	
06/05/2015	2500	108	38	18
21/08/2015	554	24	17	18
23/10/2015	668	54	17	19
08/03/2016	836		29	
02/08/2017	1230	83	47	
25/09/2017	45	24	25	

PO ₄ ³⁻ - P (TP) [mg/l]	Punto di campionamento			
Data	3	4	5	6
04/09/2014	3.66	3.18	1.92	
06/05/2015	7.65	4.49	2.84	0.83
21/08/2015	4.19	2.44	1.06	0.95
23/10/2015	2.13	1.88	0.75	0.44
08/03/2016	8.25		0.69	
02/08/2017	13.50	8.43	1.12	
25/09/2017	0.93	3.51	0.10	

TABELLA 1: RISULTATI DELLE PRINCIPALI ANALISI CHIMICHE SVOLTE SUI CAMPIONI PRELEVATI PRESSO L'IMPIANTO DI CEVO

Temperatura [°C]	Punto di campionamento			
Data	3	4	5	6
02/08/2017	25.1	22.1	18.1	20.6
25/09/2017	15.3	14.5	12.8	13.1

pH [-]	Punto di campionamento			
Data	3	4	5	6
02/08/2017	7.1	7.0	6.6	
25/09/2017	7.0	6.6	6.5	

DO [mg/l]	Punto di campionamento			
Data	3	4	5	6
02/08/2017	0.15	0.18	0.56	2.78
25/09/2017	0.30	0.34	0.45	14.7

DO [% sat.]	Punto di campionamento			
Data	3	4	5	6
02/08/2017	2.1	2.3	6.1	34.9
25/09/2017	3.2	3.7	4.7	157

Cond. [µS/cm]	Punto di campionamento			
Data	3	4	5	6
02/08/2017	418	511	578	
25/09/2017	511	578	624	

TABELLA 2: RISULTATI DELLE PRINCIPALI ANALISI CHIMICHE-FISICHE SVOLTE IN SITO PRESSO L'IMPIANTO DI CEVO

I punti di campionamento, in riferimento allo schema di Figura 1 corrispondono con:

- 3 USCITA VASCA IMHOFF - INGRESSO PRIMO LETTO DI FITODEPURAZIONE**
- 4 USCITA PRIMO LETTO DI FITODEPURAZIONE - INGRESSO SECONDO LETTO DI FITODEPURAZIONE**
- 5 USCITA SECONDO LETTO DI FITODEPURAZIONE - INGRESSO STAGNO**
- 6 USCITA STAGNO**

Dagli esiti delle analisi chimico-fisiche effettuate, si evince che:

- lo scarico finale non risulta attivo in quanto le scarse precipitazioni associate all'uso limitato della struttura hanno fatto prevalere il consumo idrico delle cannuce per evapotraspirazione rispetto agli apporti di origine domestica e meteorici. Tale condizione è risultata particolarmente evidente nel campionamento di settembre;
- gli abbattimenti dell'ammoniaca (NH_4^+) risultano estremamente elevati (ad agosto superiori del 90%), con valori di concentrazione riscontrati nel punto 5 estremamente contenuti; l'azoto ammoniacale viene in parte nitrificato comportando un aumento dei nitrati che si concentrano nella vasca n.2 (Punto 5), in parte adsorbito dai granuli porosi di zeolite; l'azione di nitrificazione è ascrivibile ai continui apporti di ossigeno nel medium da parte della *phragmites* ed attraverso l'interfaccia aria - medium;
- anche l'abbattimento del fosforo risulta particolarmente elevato (circa 90 %);
- la sostanza organica (BOD e COD) viene ridotta di oltre il 90 %.

Dal punto di vista della tutela delle acque superficiali la situazione risulta ottimale per la mancanza di uno scarico continuo; inoltre l'abbattimento elevato dell'ammonica, del fosforo e dei composti organici evidenzia l'ottima capacità depurativa del sistema di fitodepurazione a doppio stadio.

3.2 IMPIANTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE A SERVIZIO DEL RIFUGIO TONOLINI

NH ₄ ⁺ - N [mg/l]	Punto di campionamento	
	Imhoff	Scarico
Data		
04/09/2014	16.40	1.20
03/08/2015	136.00	99.00
20/08/2015	26.40	2.05
09/09/2015	61.10	3.58
27/08/2016	44.75	7.60
02/08/2017	113.00	59.50
25/09/2017	142.00	15.80

BOD [mg/l]	Punto di campionamento	
	Imhoff	Scarico
Data		
04/09/2014	73	75
03/08/2015	251	213
20/08/2015	155	84
09/09/2015	301	85
27/08/2016	202	48
02/08/2017	642	238
25/09/2017	505	72

NO ₃ ⁻ - N [mg/l]	Punto di campionamento	
	Imhoff	Scarico
Data		
04/09/2014	0.90	0.34
03/08/2015	0.40	0.36
20/08/2015	0.21	0.16
09/09/2015	0.30	0.15
27/08/2016	0.21	0.12
02/08/2017	0.82	0.45
25/09/2017	0.80	0.16

COD [mg/l]	Punto di campionamento	
	Imhoff	Scarico
Data		
04/09/2014	653	298
03/08/2015	424	412
20/08/2015	337	264
09/09/2015	294	129
27/08/2016	229	101
02/08/2017	1505	464
25/09/2017	805	83

PO ₄ ³⁻ - P (TP) [mg/l]	Punto di campionamento	
	Imhoff	Scarico
Data		
04/09/2014	16.39	4.09
03/08/2015	9.05	7.10
20/08/2015	6.84	0.85
09/09/2015	13.85	6.15
27/08/2016	13.20	7.68
02/08/2017	32.30	14.20
25/09/2017	17.00	2.97

TABELLA 3: RISULTATI DELLE PRINCIPALI ANALISI CHIMICHE SVOLTE SUI CAMPIONI PRELEVATI PRESSO L'IMPIANTO DEL RIFUGIO TONOLINI

Temperatura [°C]	Punto di campionamento	
	Imhoff	Scarico
02/08/2017	20.4	12.3
25/09/2017	10.0	7.0

pH [-]	Punto di campionamento	
	Imhoff	Scarico
02/08/2017	7.13	6.64
25/09/2017	6.62	7.31

DO [mg/l]	Punto di campionamento	
	Imhoff	Scarico
02/08/2017	0.13	0.17
25/09/2017	0.67	0.69

DO [% sat.]	Punto di campionamento	
	Imhoff	Scarico
02/08/2017	1.8	2.2
25/09/2017	6.8	7.0

Cond. µS/cm]	Punto di campionamento	
	Imhoff	Scarico
02/08/2017	523	735
25/09/2017	730	581

TABELLA 4: RISULTATI DELLE PRINCIPALI ANALISI CHIMICHE-FISICHE SVOLTE IN SITO PRESSO L'IMPIANTO DEL RIFUGIO TONOLINI

I punti di campionamento, in riferimento allo schema di Figura 4 corrispondono con:

IMHOFF USCITA VASCA IMHOFF - INGRESSO LETTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE

SCARICO USCITA LETTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE

Dagli esiti delle analisi chimico-fisiche effettuate, si evince che:

- l'abbattimento dell'ammoniaca risulta compreso tra il 50 % (mese di agosto) ed il 90 % (mese di settembre) ed è ascrivibile principalmente all'adsorbimento da parte delle zeoliti;
- lo stesso andamento dell'ammoniaca è seguito dal fosforo;
- non si riscontra, come invece avviene a Cevo, il processo di nitrificazione dell'ammoniaca, in quanto la capacità di trasferimento dell'ossigeno da parte del cotico erboso impiegato a copertura della zeolite è limitato;
- l'abbattimento della sostanza organica risulta compreso tra il 70 % (mese di agosto) ed il 90 % (mese di settembre);
- in generale, considerata l'elevata quota del rifugio, l'impianto di pedo-fitodepurazione si dimostra performante sia per la riduzione dei nutrienti (azoto e fosforo) che della sostanza organica (BOD e COD).

3.3 IMPIANTO DI FITO-PEDODEPURAZIONE A SERVIZIO DEL RIFUGIO AVIOLO

NH ₄ ⁺ - N [mg/l]	Punto di campionamento		
	R	P1-2	P2-2
Data			
03/08/2015	136.00	99.00	
18/09/2015	23.50		26.60
27/08/2016	44.70	21.85	5.35
01/08/2017	148.00		61,00
24/09/2017	47.70		21,50

BOD [mg/l]	Punto di campionamento		
	R	P1-2	P2-2
Data			
03/08/2015	251	213	
18/09/2015	110		138
27/08/2016	90	51	14
01/08/2017	503		227
24/09/2017	497		132

NO ₃ ⁻ -N [mg/l]	Punto di campionamento		
	R	P1-2	P2-2
Data			
03/08/2015	0.40	0.36	
18/09/2015	0.36		0.28
27/08/2016	0.18	0.18	0.19
01/08/2017	0.67		0.63
24/09/2017	0.44		0.25

COD [mg/l]	Punto di campionamento		
	R	P1-2	P2-2
Data			
03/08/2015	424	412	
18/09/2015	232		226
27/08/2016	80	60	43
01/08/2017	990		363
24/09/2017	866		154

PO ₄ ³⁻ - P (TP) [mg/l]	Punto di campionamento		
	R	P1-2	P2-2
Data			
03/08/2015	9.05	7.10	
18/09/2015	4.74		3.96
27/08/2016	4.40	2.43	1.49
01/08/2017	29.10		11.60
24/09/2017	6.32		4.03

TABELLA 5: RISULTATI DELLE PRINCIPALI ANALISI CHIMICHE SVOLTE SUI CAMPIONI PRELEVATI PRESSO L'IMPIANTO DEL RIFUGIO AVIOLO

Temperatura [°C]	Punto di campionamento		
Data	R	P1-2	P2-2
01/08/2017	16.8	13.0	13.1
24/09/2017	9.0	6.8	7.7

pH [-]	Punto di campionamento		
Data	R	P1-2	P2-2
01/08/2017	7.31	7.10	7.16
24/09/2017	7.10	7.16	7.13

DO [mg/l]	Punto di campionamento		
Data	R	P1-2	P2-2
01/08/2017	0.2	0.95	1.37
24/09/2017	1.8	0.52	0.47

DO [% sat.]	Punto di campionamento		
Data	R	P1-2	P2-2
01/08/2017	2.6	11.1	16.1
24/09/2017	19.4	5.3	5.2

Cond. [µS/cm]	Punto di campionamento		
Data	R	P1-2	P2-2
01/08/2017	581	654	653
24/09/2017	654	653	418

TABELLA 6: RISULTATI DELLE PRINCIPALI ANALISI CHIMICHE-FISICHE SVOLTE IN SITO PRESSO L'IMPIANTO DEL RIFUGIO AVIOLO

I punti di campionamento, in riferimento allo schema di Figura 7 corrispondono con:

R POZZETTO RIPARTITORE: USCITA VASCA IMHOFF - INGRESSO LINEE DI FITO-PEDODEPURAZIONE

P1-2 SCARICO PRIMA LINEA DI FITO-PEDODEPURAZIONE

P2-2 SCARICO SECONDA LINEA DI FITO-PEDODEPURAZIONE

Dagli esiti delle analisi chimico-fisiche effettuate sulla linea 2 (punto P2-2) con lo scarico attivo in entrambi i campionamenti del 2017 si evince che:

- l'abbattimento dell'ammoniaca risulta buono anche considerando i valori particolarmente elevati in ingresso;
- come per l'impianto al Rifugio Tonolini, non avviene la nitrificazione dell'ammoniaca, in quanto la capacità di trasferimento dell'ossigeno da parte del cotico erboso impiegato a copertura della zeolite è limitato;
- la riduzione del fosforo risulta variabile dal 60 % (agosto) al 40 % (settembre);
- l'abbattimento della sostanza organica risulta compreso tra il 63 % (mese di agosto) ed l'83 % (mese di settembre);
- in generale, considerata l'elevata quota del rifugio, l'impianto di pedo-fitodepurazione si dimostra performante sia per la riduzione dell'ammoniaca e del fosforo che della sostanza organica (BOD e COD).

4 CONCLUSIONI E AZIONI DA INTRAPRENDERE

I tre impianti di trattamento delle acque reflue che sono stati oggetto di monitoraggio nel corso del 2017 presentano un'età variabile tra quattro e due anni: in termini di numero di stagioni estive vissute dagli impianti, gli impianti di Cevo e del Rifugio Tonolini hanno funzionato per quattro stagioni, quello del Rifugio Aviolo per due e mezzo. Il periodo di esercizio coincide grosso modo con il periodo di avviamento degli impianti indicato nei piani di manutenzione allegati ai tre progetti.

Da quanto si è potuto osservare nel corso dei sopralluoghi effettuati la scorsa estate, i cui aspetti principali sono descritti nel capitolo 2, e da una valutazione critica dei risultati delle analisi chimiche presentate nel capitolo 3 si può concludere che tutti gli impianti sono caratterizzati da una buona efficienza depurativa. In alcune circostanze si può parlare di efficienza totale, in quanto lo scarico viene completamente convertito in vapore acqueo e biomassa.

Ciononostante, in tutti i tre impianti sono state rilevate situazioni di criticità dovute al riempimento delle vasche Imhoff, che dalla loro messa in esercizio non sono ancora state svuotate. L'intervento di spurgo deve essere effettuato prima che il materiale accumulato nelle vasche Imhoff si riversi nei letti di fitodepurazione, cosa che in parte è già avvenuta, soprattutto all'impianto del Rifugio Aviolo, andando a compromettere il funzionamento dei trattamenti secondari. Oltre a questa urgenza, comune ai tre impianti, si è visto che l'impianto a servizio del Rifugio Aviolo continua a funzionare in modo subottimale, il che è riconducibile essenzialmente al frequente intasamento delle tubazioni all'interno dei bacini e che collegano gli stessi.

Per garantire quindi un buon funzionamento negli anni a venire dei tre impianti, si raccomanda di programmare gli interventi di manutenzione di seguito descritti, che dovrebbero auspicabilmente essere portati a termine entro la metà del mese di giugno.

1. Spurgo completo delle vasche Imhoff della Casa del Parco di Cevo, effettuabile con un normale camion attrezzato per gli spurghi;
2. Taglio delle Phragmites secche nei due letti dell'impianto di Cevo, rimozione completa del materiale sfalciato e asportazione manuale delle specie erbacee e arbustive che stanno colonizzando i letti;
3. Spurgo completo delle vasche Imhoff a servizio degli impianti presenti presso i rifugi montani; si tratta di un'operazione delicata i cui costi dipendono molto da come viene organizzata: è necessario richiedere per tempo dei preventivi a ditte di spurgo specializzate e coordinare il loro intervento con quello dell'elitransporto, scegliendo un giorno in cui è possibile limitare i costi di chiamata (ad esempio quando viene programmato il rifornimento di viveri ai rifugi).
4. Programmare un intervento di manutenzione straordinaria alle vasche del Rifugio Aviolo: l'intervento dovrebbe prevedere l'interruzione dei tubi nelle prime 5 vasche di ciascuna linea e l'adeguamento del sistema di distribuzione/raccolta del refluo in ciascuna delle dieci vasche.

È inoltre consigliato sfruttare la presenza dell'attrezzatura per gli spurghi per pulire i tubi di distribuzione e di drenaggio presenti presso ciascun impianto.

Varano Borghi, 31 Gennaio 2018

G. R. A. I. A. s.r.l.

Via Repubblica, 1

21020 VARANO BORGHI (VA)

Partita I.V.A. N° 10454870154

per GARIA s.r.l.

Massimo Sartorelli