



# REPORT FINALE

Report 2/2

## **PROGETTO DI RICERCA**

**"APPLICAZIONE DI SISTEMI DI FITODEPURAZIONE  
DI NUOVA CONCEZIONE A VALLE DI FOSSE IMHOFF  
ESISTENTI NEL CASO DEI COMUNI DELLA RETE  
DELLE RISERVE DELL'ALTA VAL DI CEMBRA-AVISIO"**

Ing. Paola Foladori  
Ing. Jenny Ruaben

*In collaborazione con*  
Ing. Roberto Peterlini  
*Laboratorio di Ingegneria Civile e  
Ambientale - Studio Associato*



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica  
*Laboratorio di Ingegneria Sanitaria*

Via Mesiano, 77 – 38123 Trento Italy - Tel. +39 0461/282683, Fax +39 0461/282672  
e-mail: [paola.foladori@unitn.it](mailto:paola.foladori@unitn.it)

31 ottobre 2013





## INDICE

<b>1. PRESENTAZIONE DEL SECONDO REPORT.....</b>	<b>2</b>
1.1 CONFIGURAZIONI DEI SISTEMI DI FITODEPURAZIONE CONSIDERATI NEL PRESENTE REPORT 3	
1.2 COMPARAZIONE TRA I SISTEMI VSSF E HSSF E PRESTAZIONI ATTESE .....	5
<b>2. SITUAZIONE DEI PRE-TRATTAMENTI E TRATTAMENTO PRIMARIO ALLO STATO ATTUALE E PROPOSTE DI EVENTUALE ADEGUAMENTO .....</b>	<b>7</b>
2.1 CAPRIANA .....	7
2.2 CARBONARE .....	9
2.3 GRAUNO .....	10
2.4 GRUMES NORD .....	12
2.5 GRUMES SUD.....	13
2.6 VALDA.....	15
2.7 FAVER .....	17
2.8 INDICAZIONI SULLE CARATTERISTICHE TECNICHE E MANUTENZIONE DEI PRE-TRATTAMENTI E VASCHE IMHOFF .....	17
<b>3. INDAGINE SULLA CARATTERIZZAZIONE QUALI- QUANTITATIVA DELLE ACQUE REFLUE SCARICATE DALLE VASCHE IMHOFF E CALCOLO DEI CORRISPONDENTI ABITANTI EQUIVALENTI .....</b>	<b>21</b>
3.1 CAPRIANA .....	21
3.2 CARBONARE .....	25
3.3 GRAUNO .....	28
3.4 GRUMES NORD .....	31
3.5 GRUMES SUD.....	34
3.6 VALDA.....	37
3.7 FAVER .....	40
3.8 CONFRONTO TRA CARICHI ORGANICI EFFLUENTI DALLE VASCHE IMHOFF (IN TERMINI DI AE) E ABITANTI RESIDENTI + FLUTTUANTI .....	41
<b>4. PROPOSTA DI UN IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE NEL COMUNE DI GRAUNO: ALTERNATIVE DI PROGETTO E COSTI.....</b>	<b>42</b>
4.1 INTRODUZIONE .....	42
4.2 REALIZZAZIONE DI NUOVI PRETRATTAMENTI .....	44
4.3 IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE: DIMENSIONAMENTO DELL'ALTERNATIVA 1 .....	45
4.4 IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE: DIMENSIONAMENTO DELL'ALTERNATIVA 2 E 3 .....	47
4.5 IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE: CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE .....	47
4.6 COMPUTO METRICO ESTIMATIVO DEI PRETRATTAMENTI E DELL'IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE .....	49
<b>5. PROPOSTA DI IMPIANTI DI FITODEPURAZIONE A VALLE DELLE VASCHE IMHOFF DI GRUMES, CAPRIANA E VALDA: POSSIBILI CONFIGURAZIONI .....</b>	<b>50</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>53</b>
<b>7. ALLEGATI.....</b>	<b>54</b>



## **1. PRESENTAZIONE DEL SECONDO REPORT**

La Rete delle Riserve Alta Val di Cembra - Avisio ha affidato al Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica dell'Università di Trento (UNITN) un progetto di ricerca dal titolo "Applicazione di sistemi di fitodepurazione di nuova concezione a valle di fosse Imhoff esistenti". La zona interessata da questo progetto è quella dei comuni di Grumes, Grauno, Valda e Capriana, membri della Rete delle Riserve Alta Valle di Cembra – Avisio. Gli obiettivi del progetto sono il monitoraggio della qualità delle acque reflue uscenti dai trattamenti primari, costituiti dalle vasche Imhoff esistenti (attualmente pari a 6), la valutazione di eventuali criticità nella gestione e funzionamento delle stesse, e la proposta di un impianto di trattamento secondario basato su sistemi di fitodepurazione valutando l'opportunità di implementare soluzioni finalizzate alla riduzione delle aree occupate.

Per la valutazione di un sistema di fitodepurazione a valle del trattamento primario, soprattutto se si vuole pervenire alla riduzione delle aree occupate, è necessario disporre di precise informazioni sulle caratteristiche delle acque reflue scaricate dalle vasche Imhoff. Per questo il progetto include una fase sperimentale in cui sono state indagate le caratteristiche qualitative e quantitative delle acque reflue, al fine di ricavare le informazioni necessarie per una progettazione più precisa.

I risultati dell'intero progetto di ricerca "Applicazione di sistemi di fitodepurazione di nuova concezione a valle di fosse Imhoff esistenti" sono riportati in due documenti indicati come:

- Report Intermedio (Report 1/2)
- Report Finale (Report 2/2)

Il Report Intermedio (1/2) contiene la localizzazione cartografica e la descrizione dei manufatti esistenti (griglie e vasche Imhoff) nei 6 casi di studio, la stima approssimativa degli abitanti equivalenti eseguita sulla base di residenti e abitanti fluttuanti e la stima di massima delle superfici di sistemi di fitodepurazione per una prima localizzazione a livello cartografico. I 6 casi di studio sono costituiti da Capriana, Carbonare, Grauno, Grumes Nord e Grumes Sud, Valda. Inoltre è incluso Faver che viene considerato solo per alcuni aspetti, ma viene esclusa la possibilità di realizzare un impianto di fitodepurazione.

Il presente documento costituisce il Report Finale (2/2), redatto alla conclusione del progetto di ricerca, ed include i seguenti contenuti:

- analisi critica della situazione dei pretrattamenti (grigliature) e trattamenti primari (vasche Imhoff) esistenti allo stato attuale e proposte per un eventuale adeguamento;
- risultati dell'indagine sperimentale sulla caratterizzazione quali-quantitativa delle acque reflue scaricate dalle vasche Imhoff (6 casi di studio più una vasca Imhoff aggiuntiva nel comune di Faver) e calcolo della popolazione equivalente che effettivamente insisterà sugli impianti di fitodepurazione;
- proposta di realizzazione di un impianto di fitodepurazione a scala reale per uno specifico caso di studio (identificato nel sito di Grauno), con indicazioni progettuali e dettaglio dei costi per alcune alternative di progetto;
- valutazione delle possibili configurazioni di sistemi di fitodepurazione applicabili nei 6 casi di studio, identificando le eventuali situazioni in cui sarebbe possibile adottare sistemi a basso foot-print (però ancora a livello sperimentale).

Per il dimensionamento delle vasche di fitodepurazione è stata impiegata la popolazione equivalente calcolata sulla base delle misure sperimentali e corrispondente al carico in uscita

dalle vasche Imhoff. Poiché si tratta di una popolazione equivalente calcolata a valle di pretrattamenti e trattamento primario, risulta in genere inferiore alla popolazione residente e fluttuante teoricamente presente nel comune.

Il dimensionamento dell'impianto di fitodepurazione di Grauno è stato effettuato in modo dettagliato in modo da produrre degli elaborati grafici di massima, considerando che per questo caso di studio è stato effettuato, nell'ambito del progetto, anche un dettagliato rilievo topografico. Negli altri casi di studio (Grumes, Valda, Capriana) il dimensionamento è stato fatto invece solo in modo orientativo e non sono stati prodotti elaborati grafici, anche per l'assenza del rilievo topografico dettagliato in questi altri casi.

La configurazione dei sistemi di fitodepurazione proposti in questo report è sempre un sistema ibrido VSSF+HSSF, le cui caratteristiche principali sono descritte sinteticamente nel seguente § 1.1.

## 1.1 Configurazioni dei sistemi di fitodepurazione considerati nel presente report

La configurazione ibrida VSSF+HSSF dei sistemi di fitodepurazione proposti in tutti i casi di studio di questo report è basata sulla combinazione di 2 sistemi a flusso sub-superficiale (cioè con il flusso del refluo al di sotto del piano campagna), che si distinguono in:

- sistemi a flusso verticale (indicati con la sigla VSSF – *Vertical Sub-Surface Flow*)
- sistemi a flusso orizzontale (indicati con la sigla HSSF – *Horizontal Sub-Surface Flow*).

### Sistemi a flusso sub-superficiale verticale (VSSF)

Nei sistemi VSSF il refluo viene pompato sulla superficie del letto, si infiltra nel mezzo di riempimento e passa a gravità attraverso il letto, costituito da strati di sabbia e ghiaio, che rimane sempre in condizioni insature. L'alimentazione è quindi discontinua e si originano cicli di 4-8 ore (spesso di durata media di 6 h). Nei sistemi VSSF si ha una sufficiente disponibilità di ossigeno per la spontanea entrata di aria nella porosità, che permette buone efficienze di nitrificazione. I sistemi VSSF permettono in generale una scarsa denitrificazione e la rimozione dell'azoto totale si attesta solitamente attorno al 20% o meno, quindi sono da aspettarsi elevate concentrazioni di nitrati in uscita da questi sistemi.

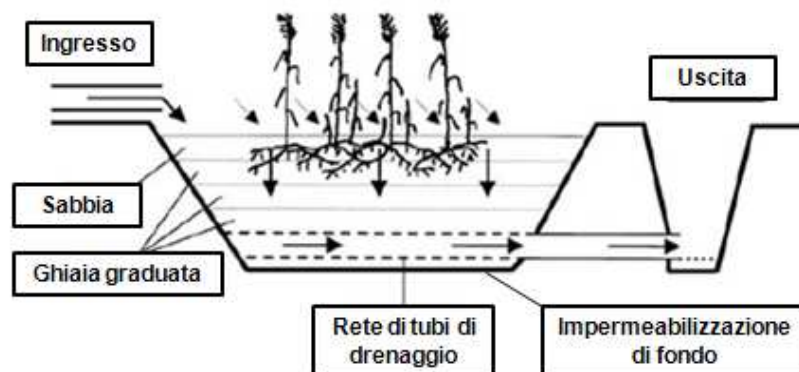


Figura 1. Esempio di sistema VSSF convenzionale con flusso dall'alto verso il basso.

Oltre alla configurazione convenzionale dei sistemi VSSF indicata in Figura 1, sono stati introdotti anche sistemi intensivi (Figura 2), costituiti da sistemi innovativi dotati di aerazione

o pompaggi per ricircoli, al fine di potenziare l'efficienza e ridurre le aree occupate. Queste configurazioni dei sistemi VSSF sono state proposte in letteratura ma le applicazioni sono ancora poche e per questo sono state oggetto di sperimentazione presso l'impianto di Ranzo da parte di UNITN. Esse consistono in miglioramenti della configurazione convenzionale attraverso l'adozione di ricircolo nei letti verticali e dell'aerazione al fine di migliorare le performance di trattamento anche attraverso una maggiore immissione di ossigeno che avviene sia con l'aerazione forzata che con il ricircolo. Il miglioramento delle prestazioni ed i maggiori carichi trattabili con queste configurazioni presentano però un incremento della complessità dell'impianto e dei costi di investimento (pompe, valvole, quadri elettrici, ...) e operativi (per la gestione dei dispositivi elettromeccanici aggiuntivi). Inoltre va considerato che queste configurazioni innovative non sono ancora mature e consolidate e rimangono oggi ancora a livello sperimentale. Anche gli impianti a scala reale sono rari, anche considerando il panorama internazionale.

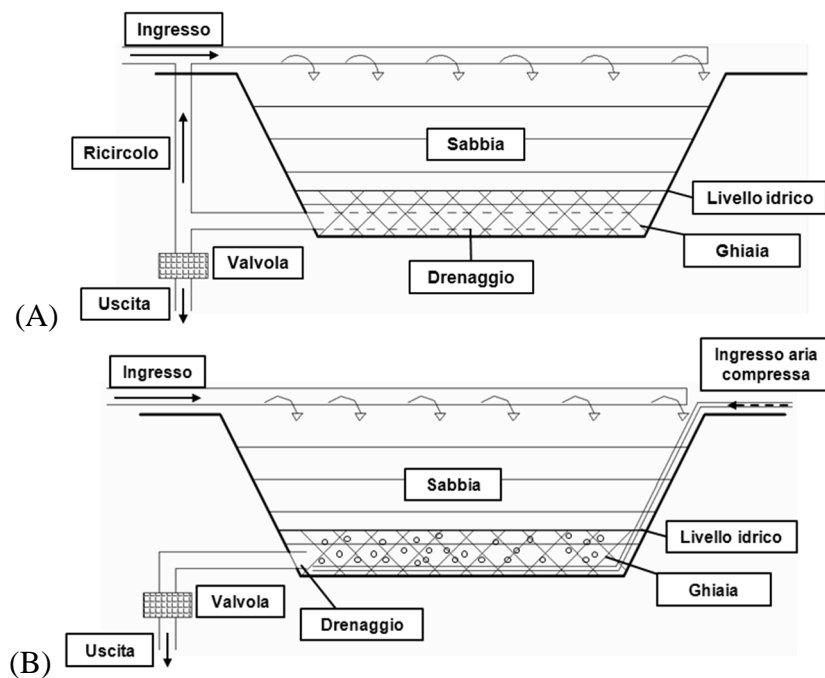


Figura 2. Esempi di sistemi VSSF innovativi di tipo intensivo: (A) con ricircolo, (B) con aerazione.

### Sistemi a flusso sub-superficiale orizzontale (HSSF)

I sistemi HSSF hanno un funzionamento continuo. Sono chiamati sistemi orizzontali perché il flusso viene alimentato nella sezione di ingresso e scorre lungo il letto in direzione pressoché orizzontale fino a raggiungere la sezione di uscita, in cui è presente un dispositivo per mantenere un livello idrico costante, abbastanza alto da garantire la saturazione del letto di ghiaia. Il trasporto di ossigeno dall'aria all'acqua è limitato e quindi il processo di nitrificazione è generalmente limitato. Invece risulta efficiente la denitrificazione di reflui già nitrificati. L'ossigeno risulta limitato anche in presenza delle piante (macrofite emergenti) che riescono a portare nel sistema attraverso le radici solo minime quantità di ossigeno.

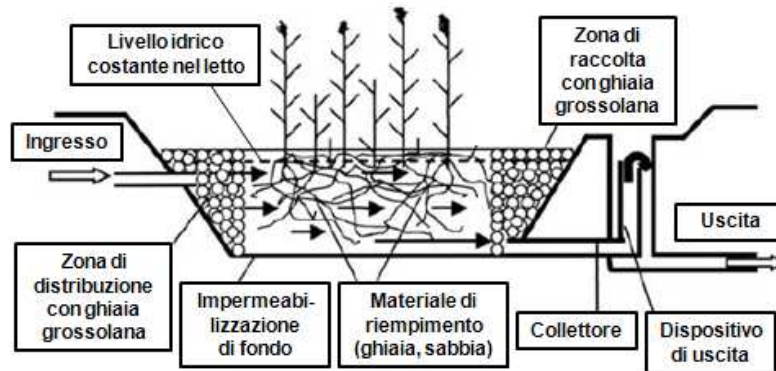


Figura 3. Esempio di sistema HSSF convenzionale.

### Sistema ibrido VSSF + HSSF

Per le caratteristiche peculiari dei sistemi VSSF e HSSF risulta molto vantaggioso integrare queste due configurazioni per unire i vantaggi dei sistemi VSSF prevalentemente aerobici con quelli dei sistemi HSSF prevalentemente denitrificanti. Per questo non è opportuno realizzare un solo stadio di fitodepurazione ma è meglio adottare configurazioni cosiddette ibride o combinate, costituite dalla successione di due sistemi VSSF+HSSF, al fine di sfruttare le peculiarità ed i vantaggi di ciascun sistema ed ottenere adeguate rimozioni di N totale.

Nella configurazione VSSF+HSSF (Figura 4) il primo stadio VSSF favorisce la nitrificazione grazie alle condizioni aerobiche, mentre il secondo stadio HSSF garantisce la denitrificazione grazie alle condizioni prevalentemente anossiche/anaerobiche.

La configurazione VSSF+HSSF è quella a cui si riferiscono i dimensionamenti descritti nel presente Report.

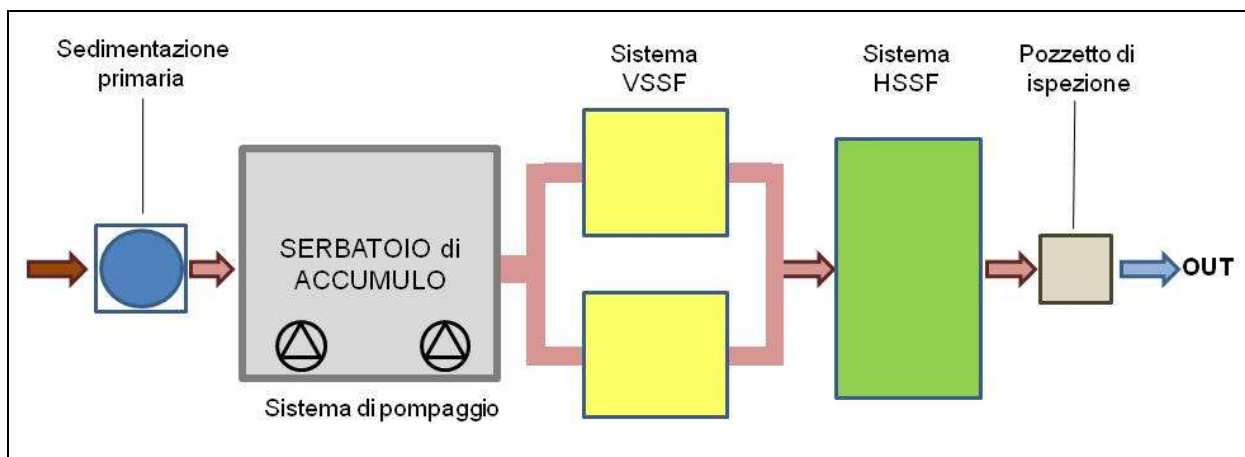


Figura 4. Configurazione di un sistema ibrido VSSF+HSSF.

## 1.2 Comparazione tra i sistemi VSSF e HSSF e prestazioni attese

Per quanto riguarda le caratteristiche principali dei sistemi VSSF, HSSF e ibrido VSSF+HSSF e le relative prestazioni nella rimozione degli inquinanti, queste si possono riassumere come indicato in Tabella 1.

L'efficacia della fitodepurazione dipende da molteplici fattori, in quanto il processo depurativo è basato sull'interazione del refluo con il materiale filtrante che si trova ad attraversare, e con

la biomassa batterica ivi presente e la vegetazione piantumata nel letto. Si ritiene oggi, che con tali sistemi possano essere raggiunte ottime prestazioni in termini di rimozione di COD, BOD<sub>5</sub> e SST, ma anche buoni rendimenti nella rimozione dei composti azotati nel caso in cui venga realizzata una configurazione ibrida VSSF+HSSF, che favorisce lo sviluppo di processi di nitrificazione e denitrificazione.

Le percentuali di rimozione indicate in Tabella 1 rappresentano valori tipici calcolati sull'anno solare, mentre nei casi specifici si possono avere valori variabili influenzati da fluttuazioni in base alla stagionalità, temperature, carichi applicati.

Tabella 1. Caratteristiche e prestazioni dei sistemi VSSF, HSSF e ibrido VSSF+HSSF.

	<b>VSSF</b>	<b>HSSF</b>	<b>VSSF + HSSF</b>
<b>Direzione prevalente del flusso</b>	Dall'alto verso il basso.	Orizzontale, dalla sezione di ingresso verso l'uscita	Combinazione dei 2 sistemi singoli
<b>Tipo di alimentazione</b>	Sempre discontinua	Continua	Combinazione dei 2 sistemi singoli
<b>Condizioni idriche</b>	Prevalentemente insature	Prevalentemente sature	Combinazione dei 2 sistemi singoli
<b>Presenza di ossigeno nel letto</b>	Alta	Bassa, spesso condizioni anossiche o anaerobiche	Combinazione dei 2 sistemi singoli
<b>Rimozione di SST</b>	Buona 60-70%	Buona, ruolo di affinamento	Buona >80%
<b>Rimozione di BOD<sub>5</sub> e COD</b>	Buona 70-80%	Buona, ruolo di affinamento	Buona >80%
<b>Nitrificazione</b>	Buona >60%	Bassa o assente, limitata dalla bassa presenza di ossigeno	Buona >60%
<b>Denitrificazione</b>	Bassa, limitata dalla presenza di ossigeno	La denitrificazione dipende dal tipo di substrato carbonioso presente	Media 20-40%
<b>Rimozione dell'azoto</b>	Bassa 10-20%	Media 20-40%	Media 30-50%
<b>Rimozione del fosforo</b>	Bassa 10%	Bassa 10%	Bassa 10-20%

## **2. SITUAZIONE DEI PRE-TRATTAMENTI E TRATTAMENTO PRIMARIO ALLO STATO ATTUALE E PROPOSTE DI EVENTUALE ADEGUAMENTO**

Grigliatura e vasca Imhoff, che costituiscono il punto dove confluiscono i reflui in arrivo dal paese, rappresentano i trattamenti a monte del sistema di fitodepurazione, fondamentali per garantire la funzionalità di quest'ultimo. Impianti di fitodepurazione con pre-trattamenti inadeguati possono vedere compromessa la loro funzionalità. L'immissione di materiale grossolano non grigliato o di elevate concentrazioni di solidi sedimentabili nella sezione iniziale di una fitodepurazione può causare intasamento del letto e malfunzionamenti.

Anche in presenza di un adeguato trattamento primario come per esempio con fosse settiche o fosse Imhoff, va considerato che queste devono essere gestite in modo adatto con periodici svuotamenti dei fanghi, altrimenti l'innalzamento del letto di fango può causare fuoriuscite di solidi verso i comparti a valle con intasamento e sporcamento della fitodepurazione.

Un adeguato pre-trattamento delle acque reflue è fondamentale se si prevede una configurazione di fitodepurazione ibrida VSSF+HSSF, come indicato in questo report, in cui il primo stadio è il comparto VSSF. Se la superficie del sistema VSSF viene raggiunta da un'eccessiva quantità di solidi questi possono intasarla e cambia drasticamente la conducibilità idraulica del materiale di riempimento, creando ristagni superficiali, rallentando il drenaggio dell'acqua e limitando l'introduzione di ossigeno dall'atmosfera. Il risultato è che tutto il processo biologico e soprattutto la nitrificazione possono peggiorare drasticamente. Nel corso di 3 anni di sperimentazione a Ranzo (2010-2012), un'accurata gestione della vasca Imhoff, con svuotamenti programmati, ha permesso di alimentare sempre bene i letti VSSF senza problemi di intasamenti.

Gli impianti oggetto di questo studio sono tutti costituiti da grigliatura (di diverse tipologie) e vasca Imhoff, mentre in nessun caso è presente la dissabbiatura. Solo gli impianti di Grumes Sud e Valda sono dotati di letti di essiccamento. Per gli altri casi invece il fango viene aspirato da ditta specializzata e asportato con autobotte.

In questo paragrafo si valuta l'adeguatezza dei manufatti presenti nei 6 casi di studio, come pretrattamenti ad eventuali sistemi di fitodepurazione. Nel caso di impianti non del tutto adeguati vengono indicate le criticità e proposte alcune soluzioni di miglioramento.

### **2.1 Capriana**

L'impianto di Capriana è dotato di filtrococlea a pulizia automatica (Figura 5), posta in locale chiuso (casetta di legno), e che presenta buone prestazioni grazie alle piccole dimensioni delle luci di passaggio dello staccio, che consentono l'intercettazione anche di particelle fini. Un problema osservato è stato l'eccesso di sabbie in arrivo in caso di forti eventi di pioggia.





Figura 5. Filtrococlea nel locale grigliatura.

Le vasche Imhoff di Capriana sono 4 (Figura 6), per un totale di circa  $120 \text{ m}^3$  di volume, suddiviso in comparto di sedimentazione e di digestione del fango. Tuttavia le vasche utilizzate attualmente sono due (vengono utilizzate due alla volta in modo alternato).

Da quanto osservato durante i monitoraggi, l'attuale configurazione potrebbe essere ottimizzata per rimuovere con ancora maggiore efficacia i solidi sedimentabili, visto che la misura dei materiali sedimentabili nell'effluente dalla vasca Imhoff ha dato un valore  $1,5 \text{ mL/L}$ , poco superiore al limite. Per questo, nel caso di realizzazione di un impianto di fitodepurazione, nel quale l'eccessivo ingresso di solidi porterebbe ad un'accelerazione del fenomeno di intasamento, si suggerisce il funzionamento simultaneo di tutte le vasche Imhoff, prevedendo la sistemazione idraulica della tubazione di adduzione del refluo alle vasche Imhoff che presenta oggi qualche problema di pendenza.

Non si sono rilevati problemi di maleodorazioni, limitate dalla buona gestione della griglia automatizzata, dal fatto che essa si trova in locale chiuso, dove vengono conservati anche i sacchi di materiale grigliato, e dal fatto che le vasche Imhoff sono completamente coperte.

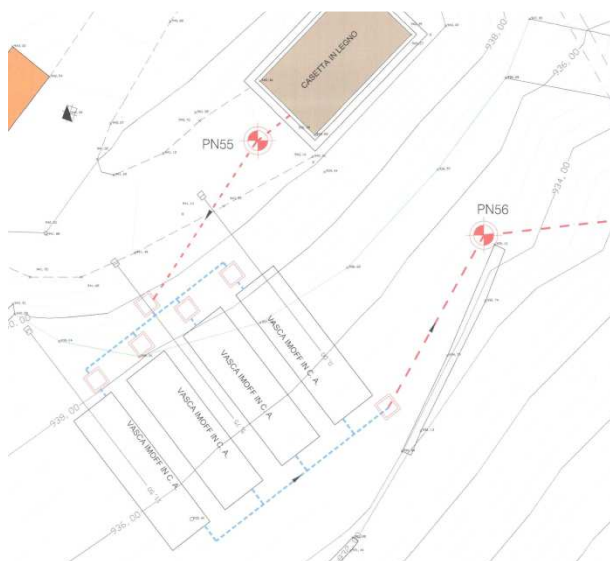


Figura 6. Planimetria e foto dell'impianto di Capriana.

In Tabella 2 è riportata la sintesi della situazione dei pre-trattamenti esistenti e delle proposte di adeguamento degli stessi nel caso di realizzazione di un impianto di fitodepurazione a valle della vasca Imhoff.

Tabella 2. Sintesi dello stato attuale e proposte di adeguamento per l'impianto di Capriana.

Comparto	Stato attuale	Proposte adeguamento
Grigliatura	Griglia fine costituita da filtrococlea	Nessuna
Vasca Imhoff	4 vasche di cui solo 2 utilizzate in modo alternato	Utilizzo anche delle altre vasche
Odori	Non in particolare	Nessuna

## 2.2 Carbonare

L'impianto di Carbonare è dotato di filtrococlea a pulizia automatica (Figura 7), posta in locale chiuso (casetta di legno) (Figura 8A), e che presenta buone prestazioni grazie alle piccole dimensioni delle luci di passaggio dello staccio, che consentono l'intercettazione anche di particelle fini.



Figura 7. Locale grigliatura di Carbonare, con filtrococlea.

Nella vasca Imhoff (Figura 8A) il volume totale è di circa 30 m<sup>3</sup>, suddiviso in comparto di sedimentazione e di digestione del fango.

La presenza della lama paraschiuma a protezione dello sfioro della vasca Imhoff (Figura 8B), ed una buona distanza tra sezione di ingresso e sezione di uscita della vasca stessa appaiono adatti a garantire che non vengano immessi nella fitodepurazione i materiali più grossolani che possano eventualmente sfuggire allo staccio.

Non si sono rilevati problemi di maleodorazioni, limitate dalla buona gestione della griglia automatizzata, dal fatto che si trova in locale chiuso, dove vengono conservati anche i sacchi di materiale grigliato, e dal fatto che le vasche Imhoff sono completamente coperte (Figura 8A).

In Tabella 3 è riportata la sintesi della situazione dei pre-trattamenti esistenti per i quali non è stato proposto alcun intervento di adeguamento, anche nel caso di realizzazione di un impianto di fitodepurazione a valle della vasca Imhoff.

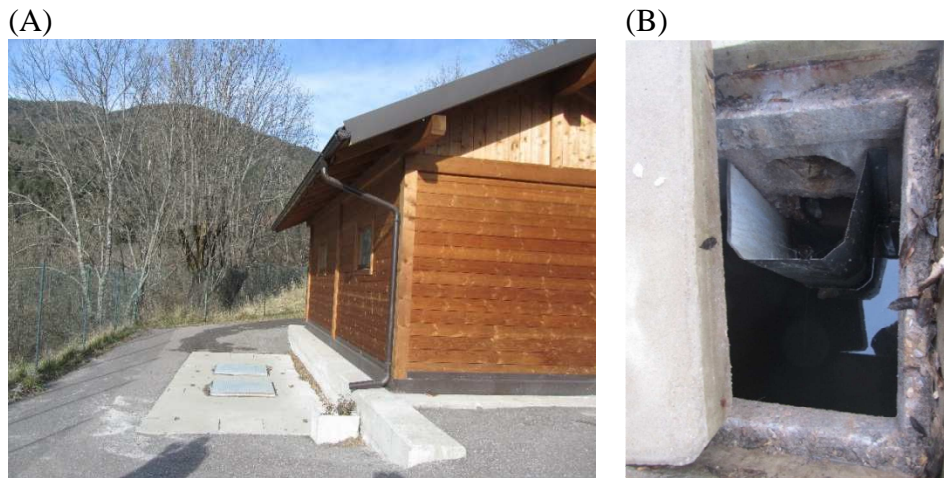


Figura 8. (A) Carbonare - vista del locale grigliatura e della copertura della vasca Imhoff); (B) Lama paraschiuma a protezione dello sfioro della vasca Imhoff.

Tabella 3. Sintesi dello stato attuale e proposte di adeguamento per l'impianto di Carbonare.

Comparto	Stato attuale	Proposte adeguamento
Grigliatura	Griglia fine costituita da filtrococlea	Nessuna
Vasca Imhoff	Vasca con configurazione e dimensioni adeguate	Nessuna
Odori	Non in particolare	Nessuna

### 2.3 Grauno

L'impianto di Grauno è attualmente costituito da una grigliatura grossolana a barre orizzontali a pulizia manuale (Figura 9A), seguita da vasca Imhoff cilindrica con copertura in cemento (Figura 9C).

La griglia è posizionata in una canaletta coperta da lastre metalliche amovibili (Figura 9B). La pulizia è di tipo manuale e viene svolta periodicamente dall'operaio comunale. La pulizia manuale costituisce un'operazione disagiata che può portare alla progressiva perdita di funzionalità della griglia, inoltre la griglia grossolana presenta luci di passaggio piuttosto larghe (circa 2 cm) che lasciano passare la gran parte dei materiali in arrivo dalla fognatura.

La gestione del grigliato raccolto durante la pulizia manuale risulta problematica, non essendo stato predisposto uno spazio o cassoni adatti al suo stoccaggio. Al momento il materiale viene accumulato in una fossa adiacente alla vasca Imhoff, in attesa di essere smaltito. Questa gestione non risulta ottimale per gli aspetti igienico-sanitari, che sarebbero migliorati conservando il grigliato in sacchi chiusi e/o posizionati in locale chiuso fino al loro allontanamento per opera di una ditta specializzata. La griglia attuale risulta quindi obsoleta e richiede un intervento di ammodernamento, con locale di grigliatura dedicato e dispositivo di grigliatura con pulizia automatica per garantire una pulizia adeguata e con la necessaria frequenza.



Figura 9. (A) Griglia grossolana di Grauno; (B) piastre metalliche amovibili per la copertura della canaletta di grigliatura; (C) vasca Imhoff.

Per quanto riguarda la vasca Imhoff (Figura 10), la posizione della vasca è svantaggiosa, in quanto si trova in prossimità del centro abitato, in una zona che l'amministrazione ha intenzione di valorizzare come area ricreativa della comunità.

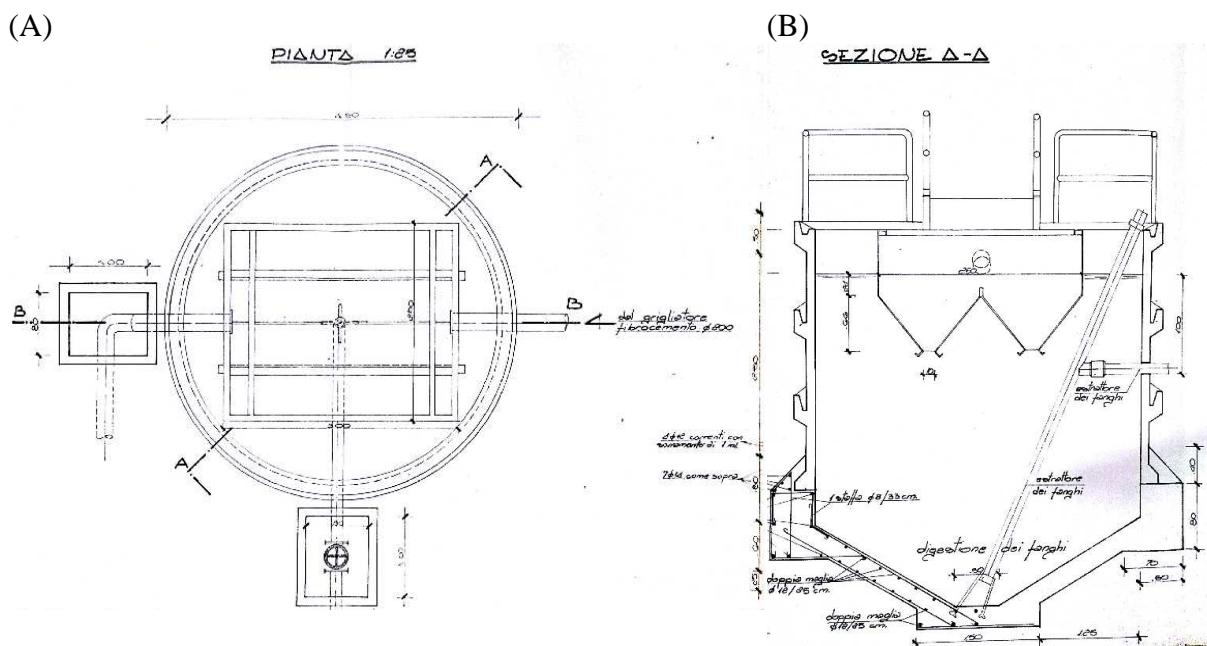


Figura 10. Pianta e sezione della vasca Imhoff.

In Tabella 4 è riportata la sintesi della situazione dei pre-trattamenti esistenti e delle proposte di adeguamento per renderli idonei nel caso di realizzazione di un impianto di fitodepurazione.

Tabella 4. Sintesi dello stato attuale e proposte di adeguamento per l'impianto di Grauno.

Comparto	Stato attuale	Proposte adeguamento
Grigliatura	Griglia grossolana a pulizia manuale	Completo rifacimento e sostituzione con griglia fine a pulizia automatica
Vasca Imhoff	Vasca obsoleta	Completo rifacimento
Odori	Molto problematici	Rifacimento manufatti e spostamento in altro posto
Localizzazione	Vicinanza a zona ricreativa	Spostamento in altro posto

Lo spostamento dell'impianto di grigliatura e vasca Imhoff in altro posto, più distante dalla zona ricreativa, consentirebbe sia di realizzare manufatti nuovi e più moderni, superando le criticità dovute all'attuale grigliatura, sia di allontanare la zona di depurazione delle acque dalla zona ricreativa del paese, favorendone la riqualificazione.

Lo spostamento inoltre consentirebbe di migliorare i problemi relativi alla diffusione degli odori che spesso risultano molesti nelle zone circostanti. I nuovi manufatti di pretrattamento possono essere progettati al chiuso al fine di minimizzare la diffusione di odori.

## 2.4 Grumes Nord

L'impianto di Grumes Nord è costituito da una grigliatura e da una vasca Imhoff, entrambe posizionate all'interno di un locale dedicato.

La grigliatura ad arco con pettine pulitore automatico (Figura 11) non viene attualmente interessata dal flusso; il refluo in arrivo dalla fognatura viene scaricato direttamente nella vasca Imhoff, mediante la canaletta di by-pass.

Per migliorare lo stato attuale dei pretrattamenti sarebbe necessario ripristinare la funzionalità della grigliatura esistente, oppure, considerando che essa risulta oggi piuttosto obsoleta, si suggerisce di sostituirla con una più adatta, che intercetti tutto il flusso di refluo, dotata di pulizia automatica e con sacco premontato per la raccolta del grigliato.

Il locale pretrattamenti provoca la diffusione di maleodoranze nelle zone circostanti e per questo andrebbe dotato di dispositivi per limitare la diffusione di odori.



Figura 11. Grumes Nord - griglia ad arco, non utilizzata.

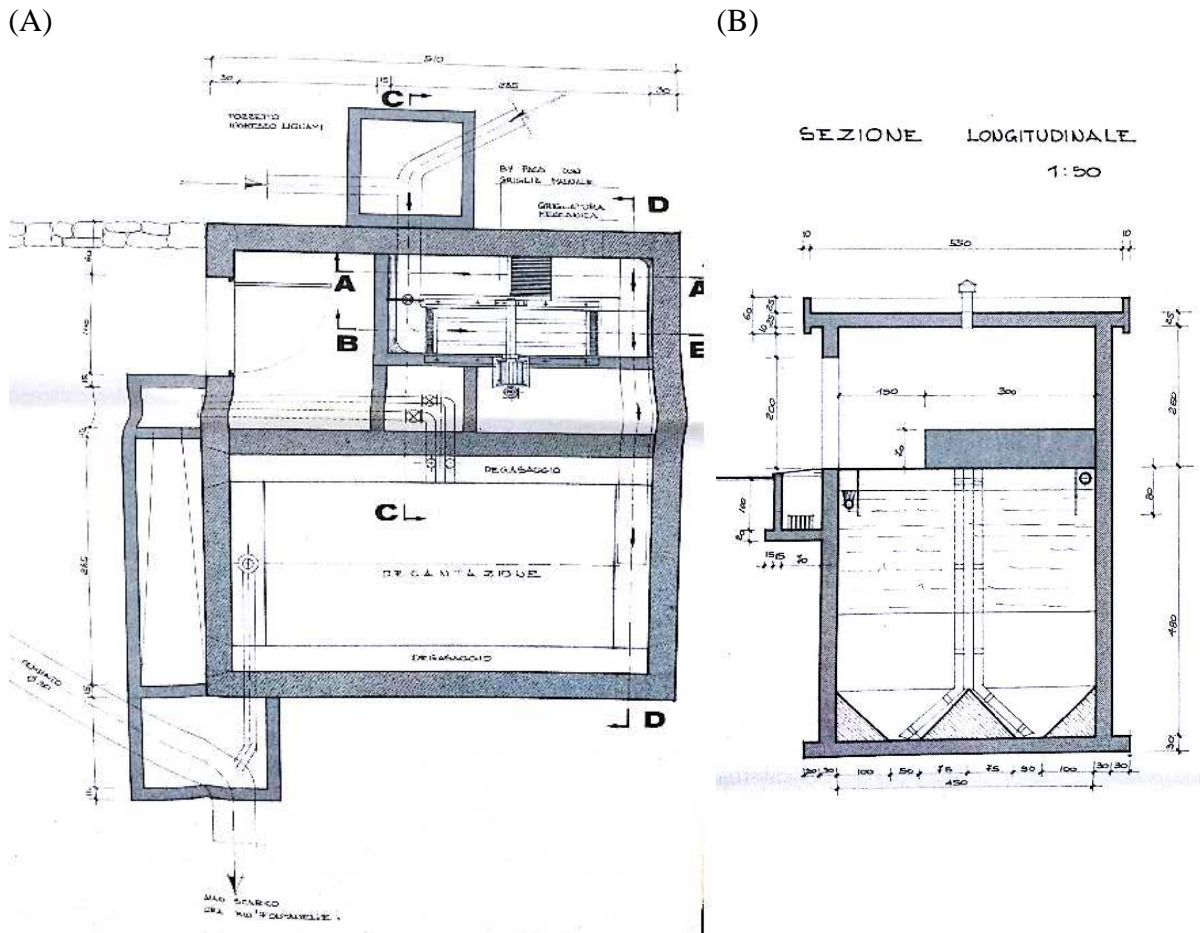


Figura 12. Dettagli vasca Imhoff dell'impianto di Grumes Nord: (A) pianta; (B) sezione.

In Tabella 5 è riportata la sintesi della situazione dei pre-trattamenti esistenti e delle proposte di adeguamento degli stessi nel caso di realizzazione di un impianto di fitodepurazione a valle della vasca Imhoff.

Tabella 5. Sintesi dello stato attuale e proposte di adeguamento per l'impianto di Grumes Nord.

Comparto	Stato attuale	Proposte adeguamento
Grigliatura	Griglia grossolana presente ma è sempre attivo il by-pass	Sostituzione con griglia fine a pulizia automatica. Ammodernamento della modalità raccolta e gestione del materiale grigliato
Vasca Imhoff	1 vasca in locale chiuso	Mantenimento
Odori	Molto problematici	Ammodernamento dell'edificio chiuso e trattamento odori con filtri

## 2.5 Grumes Sud

L'impianto di depurazione di Grumes Sud è completamente all'aperto ed è costituito da una grigliatura grossolana a pulizia manuale, da una griglia automatica (non attraversata dal flusso), da una vasca Imhoff senza copertura (Figura 13) e da due letti di essiccamento.

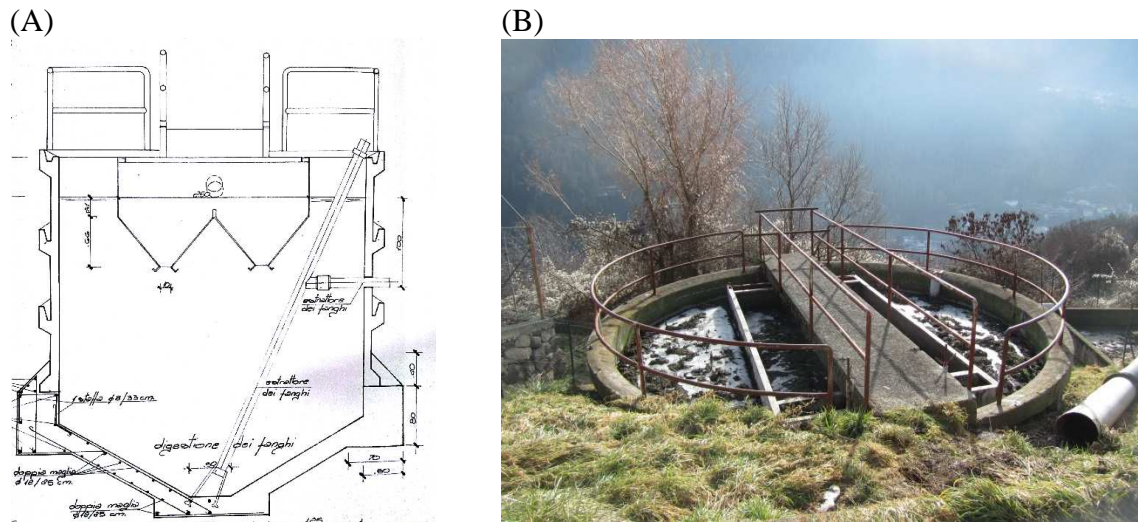


Figura 13. Sezione della vasca Imhoff di sezione circolare e foto.

La griglia grossolana presenta le problematiche già espresse per il caso di Grauno: difficoltà di una regolare pulizia da parte del personale e rischio di intasamento e malfunzionamenti con sfioramento delle acque. Sono molti infatti i materiali solidi che vengono trasportati fino all'interno della vasca Imhoff perché sfuggono alla griglia.

Per migliorare il pretrattamento delle acque nel caso di realizzazione di un impianto di fitodepurazione, risulterebbe necessario intervenire sulla fase di grigliatura predisponendo una griglia automatica adeguata con raccolta del grigliato in sacco premontato. Inoltre deve essere reso possibile l'accesso di mezzi meccanici (anche piccolo veicolo) alla grigliatura per l'asportazione dei sacchi di grigliato. Per far fronte alle basse temperature invernali che potrebbero causare malfunzionamenti della griglia meccanica si suggerisce l'alloggiamento in spazio confinato (anche mediante semplice prefabbricato).

L'impianto presenta una stradina di accesso stretta e non molto agevole per i mezzi pesanti e dovrebbe quindi essere sistemata (Figura 14). La strada inoltre premette l'accesso alla vasca Imhoff e i letti di essiccamento, mentre non esiste un accesso comodo alla grigliatura a causa delle pendenze del terreno, fatto che causa problemi nella manutenzione della griglia e nella raccolta del grigliato.



Figura 14. Strada di accesso all'impianto di Grumes Sud con vasca Imhoff in cls sul fondo e a destra.

In Tabella 6 è riportata la sintesi della situazione dei pre-trattamenti esistenti e delle proposte di adeguamento degli stessi nel caso di realizzazione di un impianto di fitodepurazione a valle della vasca Imhoff.

Tabella 6. Sintesi dello stato attuale e proposte di adeguamento per l'impianto di Grumes Sud.

Comparto	Stato attuale	Proposte adeguamento
Grigliatura	Griglia grossolana, presenza di griglia automatica non utilizzata	Sostituzione con griglia fine a pulizia automatica. Ammodernamento della modalità raccolta e gestione del materiale grigliato Alloggiamento della griglia in spazio confinato.
Vasca Imhoff	1 vasca all'aperto	Mantenimento
Odori	Non in particolare	Nessuna
Accesso	Limitato alla zona di ingresso e non agevole	Sistemazione della strada di accesso all'impianto. Creazione di un comodo accesso alla nuova stazione di grigliatura meccanizzata per asportazione materiale grigliato.

## 2.6 Valda

L'impianto di Valda si trova all'aperto e consiste in una grigliatura grossolana a pulizia manuale, una vasca Imhoff e un letto di essiccamento (Figura 15 e Figura 16).

La griglia a pulizia manuale presenta problematiche di manutenzione e quindi in caso di intasamento si attiva il by-pass della griglia, con bypass di solidi grossolani che raggiungono la vasca Imhoff.

Nel caso di un eventuale impianto di fitodepurazione, il pretrattamento di grigliatura deve essere potenziato, prevedendo una grigliatura fine a pulizia automatica, al fine di evitare lo scarico di materiali grossolani verso le vasche.

Il nuovo comparto di grigliatura potrebbe essere alloggiato in un piccolo ambiente confinato in modo da limitare anche la diffusione di odori che occasionalmente arrivano ad essere percepiti dalle abitazioni prossime l'impianto.

La vasca Imhoff è dimensionata in modo adeguato e si può considerare un tempo di ritenzione del refluo nel comparto di sedimentazione adeguato anche nei periodi turistici. La vasca dispone di una lama paraschiuma che evita alla maggior parte dei solidi galleggianti di defluire dallo scarico (Figura 15B).

Una delle problematiche dell'impianto di Valda è l'accesso all'impianto da parte di mezzi meccanici pesanti (Figura 16): le strade che conducono alla zona a valle del paese sono infatti ripide e presentano strettoie non superabili da mezzi pesanti. Questo problema si ripercuote su difficoltà che si potranno incontrare nell'allestimento del cantiere per la realizzazione dell'impianto di fitodepurazione.

Nell'impianto di Valda è inoltre assente l'allacciamento elettrico che sarà necessario prevedere nel momento in cui si installerà una nuova grigliatura fine a pulizia automatica.



(A)



(B)



Figura 15. Vasca Imhoff di Valda: (A) foto di insieme; (B) scarico con lama paraschiuma.



Figura 16. Accesso all'impianto di Valda

In Tabella 7 è riportata la sintesi della situazione dei pre-trattamenti esistenti e delle proposte di adeguamento degli stessi nel caso di realizzazione di un impianto di fitodepurazione a valle della vasca Imhoff.

Tabella 7. Sintesi dello stato attuale e proposte di adeguamento per l'impianto di Valda.

Comparto	Stato attuale	Proposte adeguamento
Grigliatura	Griglia grossolana a pulizia manuale presente ma con periodi di by-pass	Sostituzione con griglia fine a pulizia automatica. Ammodernamento della modalità raccolta e gestione del materiale grigliato Alloggiamento della griglia in spazio confinato.
Vasca Imhoff	1 vasca all'aperto	Mantenimento
Odori	Modesti	Alloggiamento della griglia in spazio confinato.
Accesso	Strada stretta con difficoltà per passaggio mezzi pesanti	Sistemazione della strada di accesso all'impianto o alternativa
Allaccio elettrico	Assente	Predisposizione di collegamento elettrico

## 2.7 Faver

La località Noldi di Faver non è allacciata al sistema fognario comunale ma è servita da una vasca Imhoff dedicata (Figura 17), non preceduta da pretrattamenti. La vasca, con volume di  $3.7 \text{ m}^3$ , è costituita da un prefabbricato in calcestruzzo ed è dimensionata per 18 persone.

La manutenzione della vasca Imhoff di Faver prevede la pulizia completa a cadenza quadrimestrale, con svuoto della vasca mediante autobotte.

Non è previsto di valutare lo stato di questo impianto, poiché non esiste la necessità di un impianto di fitodepurazione per questo caso.

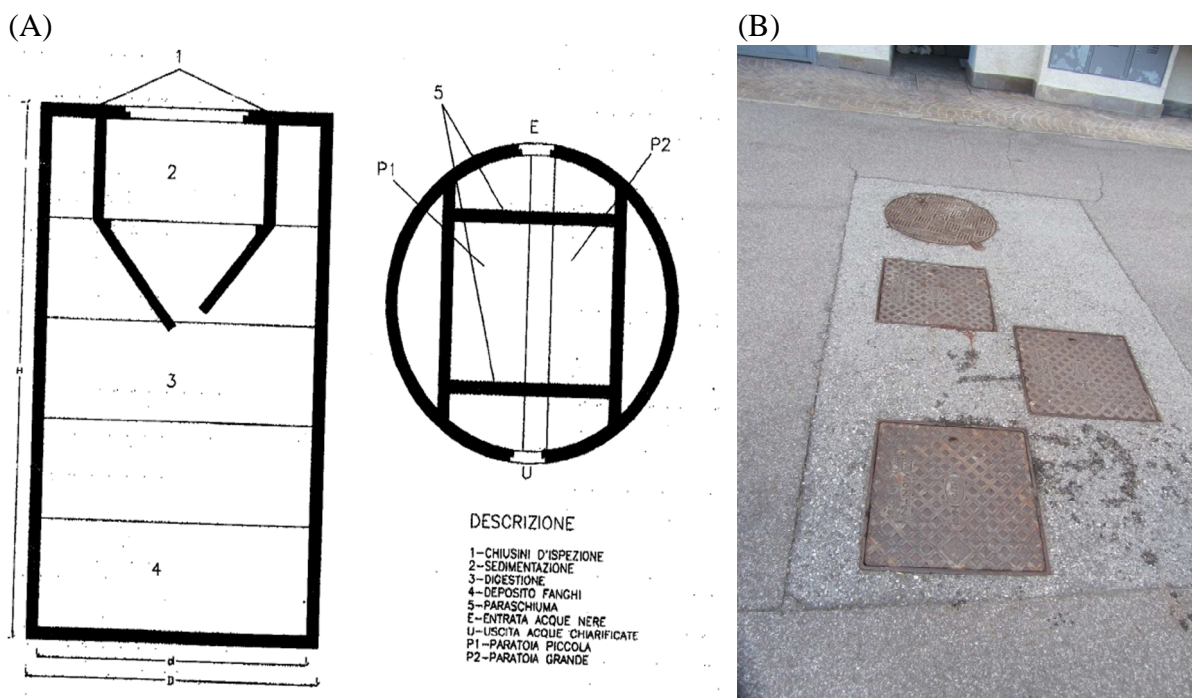


Figura 17. (A) Sezione della vasca Imhoff di Faver. Legenda:  $d = 150 \text{ cm}$ ;  $D = 160 \text{ cm}$ ;  $H = 225 \text{ cm}$ ; (B) foto della copertura della vasca Imhoff.

## 2.8 Indicazioni sulle caratteristiche tecniche e manutenzione dei pre-trattamenti e vasche Imhoff

Il corretto esercizio dei pre-trattamenti (grigliatura e dissabbiatore se presente) e delle vasche Imhoff si basa sulle indicazioni date dai “Criteri per una corretta manutenzione di impianto di trattamento meccanico” (D.G.P. 29 agosto 1986, n. 9782), ove con il termine “trattamento meccanico” si includono:

- 1) fase di pretrattamento costituito da grigliatura (e eventuale dissabbiatura)
- 2) fase di depurazione (da parte dei due comparti che costituiscono la vasca Imhoff)
- 3) fase di essiccamento dei fanghi.

Si riassumono in Tabella 8 le principali indicazioni presenti in tale documento, distinte in caratteristiche tecniche richieste e operazioni di manutenzione.

Tabella 8. Caratteristiche tecniche e manutenzione del “trattamento meccanico” come da indicazioni provinciali.

Comparto	Caratteristiche tecniche richieste	Manutenzione
Grigliatura (obbligatoria)	Munita di by-pass Possibilmente meccanizzata	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulizia una volta al giorno nel caso di griglia a pulizia manuale.</li> <li>• Stoccaggio del grigliato sui letti di essiccamento e asporto ad essiccazione avvenuta.</li> </ul>
Dissabbiatura (non obbligatoria per fognatura nera)	<i>Non prevista negli impianti qui considerati</i>	
Bacino di sedimentazione (vasca Imhoff)	Prima del bordo di sfioro è necessaria una lama tuffante per trattenere le sostanze galleggianti	Rimozione periodica del materiale galleggiante (una volta alla settimana ovvero ogni 15 giorni)
Bacino di digestione (vasca Imhoff)	Deve avere apposite zone di sfiato per la fuoriuscita dei gas prodotti dalla digestione (zona croste)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rimozione periodica del materiale che si accumula nella zona croste (una volta alla settimana ovvero ogni 15 giorni).</li> <li>• Estrazione periodica del fango (quando il livello dello stesso si trova a 50 cm al di sotto della fessura di passaggio tra i due scomparti)</li> <li>• Per scarico del fango effettuato mediante pressione idrostatica: la posizione della tubazione di scarico è a 1 metro sotto il livello del liquame in vasca</li> <li>• Si consiglia di estrarre piccole quantità di fango a intervalli brevi</li> </ul>
Letti di essiccamento		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liberare il sistema di drenaggio dai residui</li> <li>• Controllare l'uniformità granulometrica del letto drenante</li> <li>• Rastrellare il letto</li> <li>• Lo spessore del fango da essiccare può arrivare fino a 30 cm</li> <li>• Reintegrare regolarmente lo strato di sabbia</li> <li>• Sostituire gli strati drenanti ogni 4-5 anni</li> </ul>

#### Caratteristiche tecniche della grigliatura

Come pretrattamento a monte di un impianto di fitodepurazione si consigliano griglie fini, con possibilità di bloccare le particelle con dimensioni indicativamente superiori ai 5 mm. Le griglie fini meccanizzate sono realizzate in modo da stoccare il grigliato raccolto durante la pulizia in sacchi. Per limitare gli odori si raccomanda di fare aderire il sacco direttamente alla bocca di scarico del grigliato, in modo da mantenere il passaggio di aria al minimo, e una volta pieno di mantenerlo chiuso. Le griglie fini sono di molte tipologie e sono frequenti le filtrococlee (tamburi rotanti completi di coclea per l'asportazione del grigliato).

Si raccomanda di posizionare la griglia in un ambiente chiuso e confinato per superare problemi di gelo invernale e per limitare la diffusione di odori. Il sacco in cui stoccare temporaneamente il grigliato può stare sia all'interno del locale chiuso, sia all'esterno se si vogliono limitare le dimensioni dello spazio di contenimento.

Se l'impianto è dotato di letti di essiccamento, la Tabella 8 indica di utilizzarli anche per il grigliato, favorendone la perdita di umidità prima dell'asportazione. In questo report si

consiglia, per i casi di studio analizzati (Grauno, Grumes Nord, Grumes Sud, Valda), di optare per l'installazione di griglie fini automatiche dotate di sacco e allontanare conseguentemente il sacco del grigliato non sversandolo sui letti di essiccamento. Questo per evitare maleodoranze e per aspetti igienico-sanitari.

All'occorrenza si può dotare lo spazio chiuso di alloggiamento delle griglie, di filtri di trattamento dell'aria esausta, in cui far transitare l'aria in uscita dal locale (ad esempio un filtro a carboni attivi).

#### Manutenzione della grigliatura

Le indicazioni di manutenzione delle griglie riassunte in Tabella 8 non sono applicate in modo sistematico in alcuni dei 6 casi di studio analizzati, anche per oggettive problematiche. Infatti le operazioni di manutenzione e pulizia delle griglie manuali sono non prive di problemi di carattere igienico-sanitario. Le indicazioni di Tabella 8, infatti, essendo relative al 1986, fanno riferimento a pratiche comuni e frequentemente in uso negli anni '80, ma che possono essere considerate oggi superate facendo ricorso ad apparecchiature elettromeccaniche (griglie fini a pulizia automatica) più moderne, affidabili per il processo e sicure per gli operatori.

Per la gestione del grigliato si raccomanda di evitare di accumularlo all'aria aperta, ma di stoccarlo in contenitori chiusi per motivi sia igienici che estetici. Si possono inoltre utilizzare metodi per compattare il materiale, applicabili alle griglie fini.

#### Caratteristiche tecniche di fosse settiche o vasche Imhoff

Per le fosse settiche si raccomanda generalmente di evitare quelle ad un unico comparto, ma di prediligere le fosse bicamerali o tricamerali. Queste infatti garantiscono una maggiore efficienza di rimozione dei solidi sospesi, requisito fondamentale per evitare danni ai seguenti sistemi di fitodepurazione. Le vasche settiche sono coperte ed è necessario predisporre opportuni fori di ventilazione per ciascuno dei comparti. I comparti devono essere messi in comunicazione con una fessura orizzontale di grande larghezza, posta sulla parete divisoria tra le camere, ad una altezza opportuna per evitare il passaggio sia dei fanghi accumulati sul fondo, che delle schiume che si formano in superficie (e che possono occupare anche notevoli volumi). Per le vasche Imhoff, gli elementi fondamentali sono i setti divisorii che separano la zona di sedimentazione (superiore) dalla zona di digestione del fango (inferiore). La comunicazione tra questi due comparti è garantita da una fessura adatta a far passare verso il basso il materiale che sedimenta, ma a ostacolare la risalita dei gas che si sviluppano dalla digestione del fango, e che possono interferire con la sedimentazione. I gas che si formano vengono convogliati solitamente nelle zone laterali da cui possono liberarsi senza disturbare il processo. E' raccomandato che tali vasche siano lasciate aperte o con coperture facilmente asportabili, in modo da effettuare agevolmente le attività di ispezione e pulizia.

Si evidenzia la fondamentale importanza del deflettore da posizionare a protezione della sezione di uscita, per evitare l'immissione di schiume e materiali galleggianti accumulati sulla superficie della vasca in testa al comparto di fitodepurazione.

Si ricorda che, sia per le fosse settiche che per le fosse Imhoff, è necessario che le vasche siano a perfetta tenuta, ottenibile con getto di calcestruzzo in opera ed evitando quindi le vasche prefabbricate (a meno della scelta di vasche monolitiche, ma evitando quelle ad anelli). In questo modo si eviterà sia l'inquinamento verso l'esterno della vasca sia la possibilità di infiltrazioni dalla falda verso la vasca, che si troverebbe ad operare in condizioni di sovraccarico.



### Manutenzione

La manutenzione delle fosse settiche e delle fosse Imhoff prevede la periodica estrazione del fango digerito (che si trova nel comparto inferiore). Questa operazione va prevista quando il livello del fango che si accumula nel comparto di digestione si avvicina eccessivamente al comparto di sedimentazione (indicativamente, quando il livello del fango arriva a circa 50 cm al di sotto della fessura di separazione tra i due comparti).

Il periodo intercorrente tra uno spurgo e l'altro deriva dai volumi previsti per la vasca, considerando in generale un tasso di produzione di fango digerito delle fosse Imhoff di circa 0.3 L/AE al giorno (Masotti, 2011). Nella fossa settica, il volume massimo da destinare all'accumulo dei fanghi è di solito pari al 20% del volume totale. Nella fossa Imhoff il volume generalmente consigliato per l'accumulo dei fanghi è il 20% del volume del comparto inferiore della vasca. Al raggiungimento di questo valore si deve prevedere l'intervento di spurgo, che deve estrarre solamente il volume corrispondente ai fanghi accumulati sul fondo della vasca. Orientativamente, da semplici calcoli emerge che le vasche Imhoff hanno volumetrie tali da permettere lo stoccaggio temporaneo dei fanghi in modo da provvedere all'estrazione dei fanghi circa 1 volta l'anno. Questa frequenza di svuotamento vale per il caso di Grauno (per il quale si stima una produzione annua di 16 m<sup>3</sup> di fango), per il caso di Capriana se si utilizzassero tutte le vasche a disposizione, per il caso di Carbonare, per il caso di Grumes Nord. Nei casi di Grumes Sud e Valda le produzioni annuali di fango possono arrivare a valori problematici rispetto ai volumi disponibili, ma sono presenti i letti di essiccamento grazie ai quali gli operatori svolgono periodiche estrazioni di aliquote di fango (oltre alla pulizia totale della vasca svolta da ditta specializzata circa una volta all'anno) permettendo quindi il controllo del fango prodotto.

Al momento dell'estrazione dei fanghi digeriti con autobotte, è buona norma lasciare che una parte dei fanghi rimanga in vasca, in modo da facilitare l'innescò dell'attività biologica di depurazione, sia nelle fosse settiche che nelle fosse Imhoff. Negli eventi di estrazione dei fanghi mediante autobotte eseguiti presso le vasche Imhoff dei casi di studio, invece, si è sempre osservato un completo svuotamento delle vasche anziché limitarsi allo svuotamento di una parte dei soli fanghi digeriti.

Si sconsigliano estrazioni troppo ravvicinate, per consentire di raggiungere il giusto grado di stabilizzazione del fango (il tempo di digestione minimo è di circa 4 mesi per il periodo invernale, 2 mesi per il periodo estivo).

Per eventuali problemi legati ai cattivi odori è possibile predisporre dispositivi di filtrazione a carboni attivi negli impianti realizzati in ambiente confinato.

È infine fondamentale prestare sempre la massima attenzione al livello del fango in vasca, per evitare che esso possa essere immesso accidentalmente nei letti di fitodepurazione a valle.

### **3. INDAGINE SULLA CARATTERIZZAZIONE QUALI-QUANTITATIVA DELLE ACQUE REFLUE SCARICATE DALLE VASCHE IMHOFF E CALCOLO DEI CORRISPONDENTI ABITANTI EQUIVALENTI**

L'analisi della qualità (concentrazione dei principali inquinanti) e la misura della quantità (portate idrauliche) delle acque reflue effluenti dalle vasche Imhoff sono state effettuate per tutti i 6 casi di studio. Una accurata caratterizzazione qualitativa e quantitativa è infatti indispensabile per giungere ad un corretto dimensionamento degli impianti di fitodepurazione proposti a valle delle vasche Imhoff stesse. Il monitoraggio della qualità e quantità delle acque è stato effettuato per un periodo di oltre 6 mesi, da febbraio a settembre 2013, alternando le misure da impianto a impianto al fine di monitorarli tutti.

Dal punto di vista metodologico la caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle acque reflue è stata effettuata utilizzando i seguenti strumenti e procedure:

- 1) campionamento periodico delle acque reflue mediante campionatore automatico o in modo istantaneo a seconda delle possibilità, e conferimento in giornata dei campioni raccolti in laboratorio per l'esecuzione delle analisi chimiche dei principali parametri;
- 2) misurazione delle portate idrauliche mediante sensore area-velocity Isco, per i casi in cui era disponibile una sezione adatta per il posizionamento dello strumento;
- 3) stima delle portate a partire da misure di livello idrico nelle vasche Imhoff, durante eventi in cui si presentavano significative variazioni di livello, come per esempio durante le fasi di svuotamento delle vasche per la periodica estrazione dei fanghi o lo svuotamento. In tali casi è stata stimata la portata in ingresso in base all'aumento di livello nella vasca nel tempo.

In tutti i casi sono state caratterizzate le acque reflue in uscita dalle vasche Imhoff. Il calcolo degli abitanti equivalenti, effettuato considerando portate e concentrazioni di BOD<sub>5</sub> nell'effluente potrebbero quindi risultare inferiori rispetto agli abitanti residenti + fluttuanti dichiarati dal comune, in quanto parte del carico scaricato nella fognatura viene rimosso nelle vasche Imhoff attraverso i solidi sedimentabili.

Si riportano nei seguenti paragrafi i risultati ottenuti dai monitoraggi di portate e concentrazioni di inquinanti e il relativo calcolo degli Abitanti Equivalenti (AE), che verranno comparati con gli abitanti residenti + fluttuanti dichiarati dai comuni.

#### **3.1 Capriana**

##### ***Punti di misurazione***

A Capriana la misura delle portate è stata effettuata utilizzando il sensore area-velocity posizionato nella canaletta a sezione rettangolare che ospita la filtrococlea, nel locale grigliatura (Figura 18). Il refluo in arrivo dalla fognatura transita nella canaletta, attraversa la filtrococlea e prosegue verso le vasche Imhoff posizionate all'esterno.

Le misure di portata sono state effettuate in 2 periodi, posizionando lo strumento in due diversi punti: (1) periodo 17-26 aprile 2013 con misura a monte dello staccio, (2) periodo 8-22 maggio 2013 con misura a valle dello staccio. La misura a monte dello staccio non è risultata attendibile per la forte presenza di solidi e sabbia in arrivo dalla fognatura e depositati sul fondo della canaletta e quindi si è fatto riferimento alle portate misurate a valle.

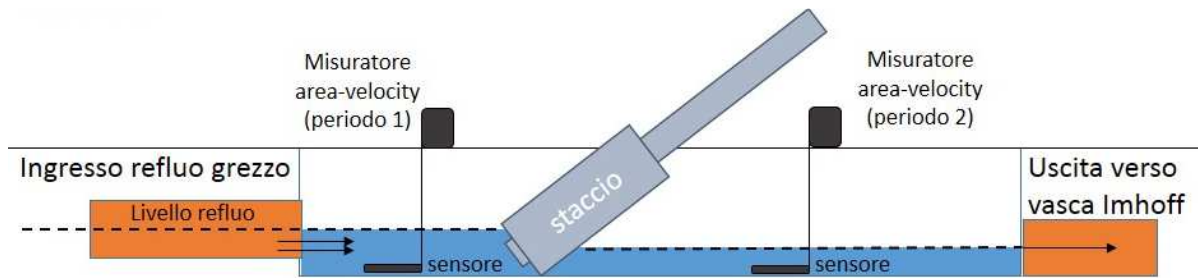


Figura 18. Capriana - Schema della canaletta che ospita la grigliatura con indicazione delle sezioni di misura delle portate (con sensore area-velocity).

I campionamenti periodici del refluo sono stati effettuati sulla condotta a valle delle vasche Imhoff, attraverso un pozzetto (Figura 19).

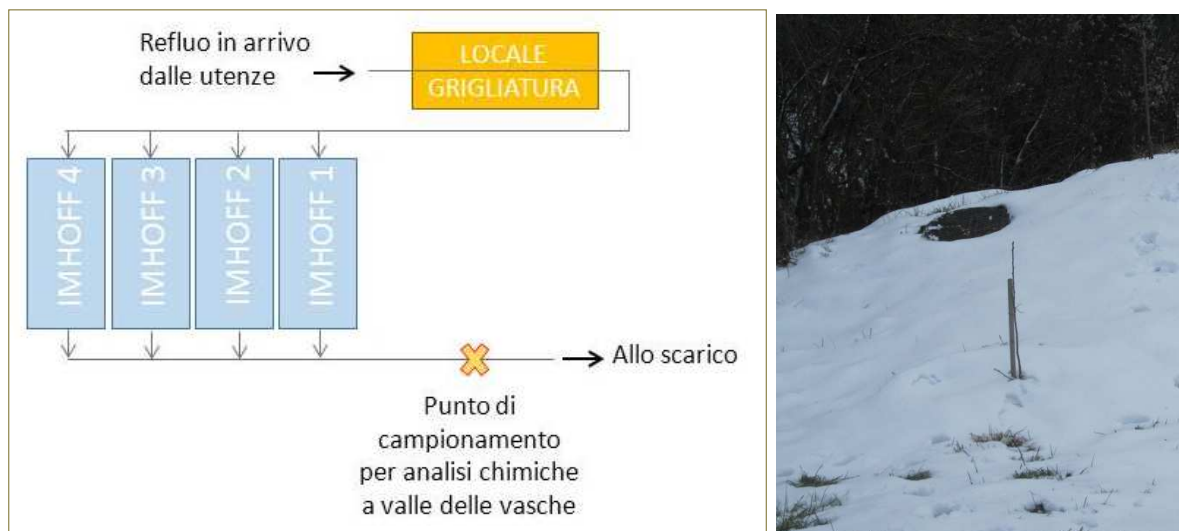


Figura 19. Diagramma di flusso dell'impianto, con indicazione del punto di prelievo del campione e foto del chiusino del pozzetto di campionamento.

### ***Analisi qualitativa (campionamenti e analisi chimiche)***

L'andamento nel tempo delle concentrazioni dei principali parametri chimici sono indicate in Figura 20. In data 21/08/2013 è stato effettuato da ditta specializzata il periodico svuotamento delle due vasche Imhoff attualmente in uso, per l'estrazione dei fanghi (tale evento corrisponde all'interruzione delle linee in Figura 20).

A partire dal mese di giugno si osserva una tendenza crescente delle concentrazioni dei principali parametri. A seguito dello svuotamento delle vasche le concentrazioni tendono inizialmente ad abbassarsi ma rimangono comunque elevate.

In Tabella 9 si riporta una sintesi dei valori medi, minimi, massimi e deviazione standard per i parametri chimici analizzati nelle acque reflue effluenti dalle vasche Imhoff di Capriana.

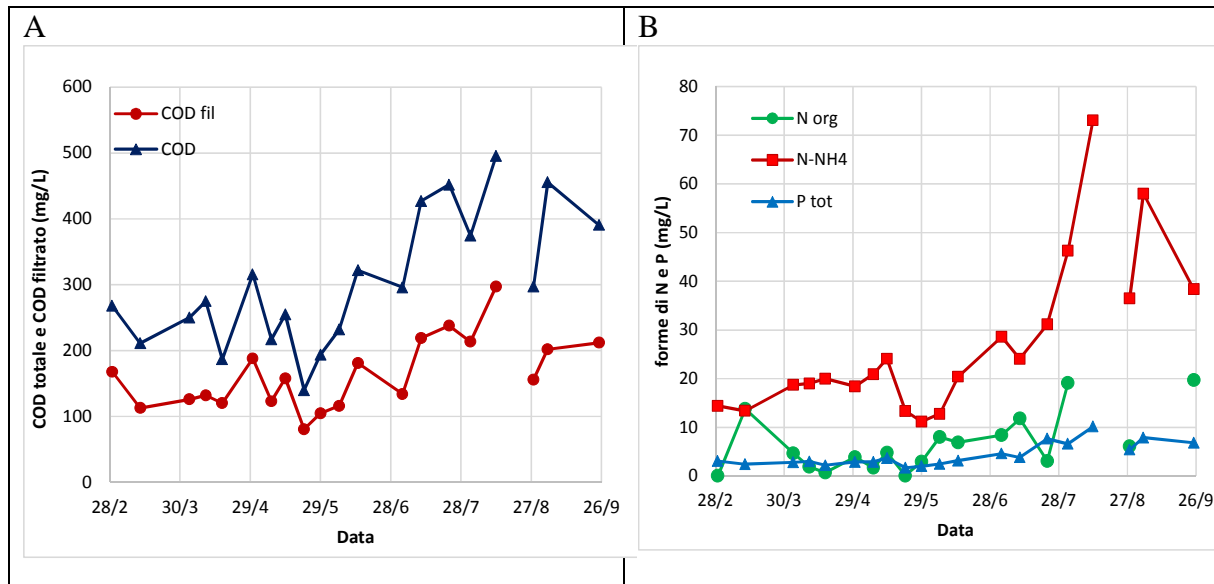


Figura 20. Andamento delle concentrazioni dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalla vasca Imhoff di Capriana: (A) COD totale e COD filtrato; (B) forme azotate (NH<sub>4</sub>-N e Norganico) e fosforo totale.

Tabella 9. Sintesi dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalle vasche Imhoff di Capriana: valore medio, minimo, massimo e deviazione standard.

Parametro	u.d.m.	media	min-max	dev.st.
COD totale	mg/L	<b>303</b>	140-495	100
COD filtrato	mg/L	<b>164</b>	81-297	54
N organico	mg/L	<b>7.3</b>	0.7-19.7	5.9
NH <sub>4</sub> -N	mg/L	<b>27.1</b>	11.2-73.1	16.3
TKN	mg/L	<b>34.0</b>	13.4-73.1	17.6
NO <sub>2</sub> -N	mg/L	<b>0.2</b>	0-0.8	0.3
NO <sub>3</sub> -N	mg/L	<b>2.0</b>	0.1-4.7	1.2
P totale	mg/L	<b>4.3</b>	1.7-10.1	2.4
PO <sub>4</sub> -P	mg/L	<b>1.6</b>	0.5-3.9	1.0
Solidi sedimentabili dopo 2h *	mL/L	<b>1.5</b>	-	-
BOD <sub>5</sub> **	mg/L	<b>148</b>	-	-
SST**	mg/L	<b>112</b>	-	-

\* Analisi effettuata solo in data 25 settembre; \*\* parametri non misurati ma stimati mediante rapporti tipici per effluenti da vasche Imhoff simili.

### Analisi quantitativa (portate idrauliche)

Le portate stimate mediante sensore area-velocity posto a valle della filtrococlea sono mostrate graficamente in Figura 21, in cui sono riportati anche gli eventi piovosi, al fine di evidenziare l'eventuale presenza di acque di pioggia e l'incremento delle portate di acque reflue miste. I dati delle altezze di pioggia sono stati ricavati dalle stazioni Meteotrentino di Capriana e sono espressi come mm caduti, cumulati per intervalli di 5 minuti.

Osservando gli andamenti di Figura 21, si evidenzia come la fognatura di Capriana presenti un aumento delle portate di diverse volte rispetto alla portate di tempo secco, in corrispondenza di eventi di pioggia intensi.

L'effetto della presenza di acque bianche si riscontra leggermente con le precipitazioni del 10 e 11 maggio, mentre si sviluppa un picco più considerevole durante un evento di lunga durata



e piuttosto intenso (16-17 maggio). In generale si osserva che per piccoli eventi l'afflusso di acque bianche è trascurabile; per eventi con intensità di pioggia superiore a 1 mm/h la portata in arrivo subisce un lieve incremento e per eventi superiori a 2 mm/h la portata arriva al triplo della media o più. Il problema della presenza di acque bianche in caso di forti piogge che si è riscontrato nell'impianto di Capriana è stato confermato anche dal personale del comune. La portata media del periodo risulta pari a 1.1 L/s, corrispondente a 95 m<sup>3</sup>/d. La portata media calcolata nei giorni più piovosi (16-17 maggio) è pari a circa 3 L/s, corrispondente a 11 m<sup>3</sup>/h.

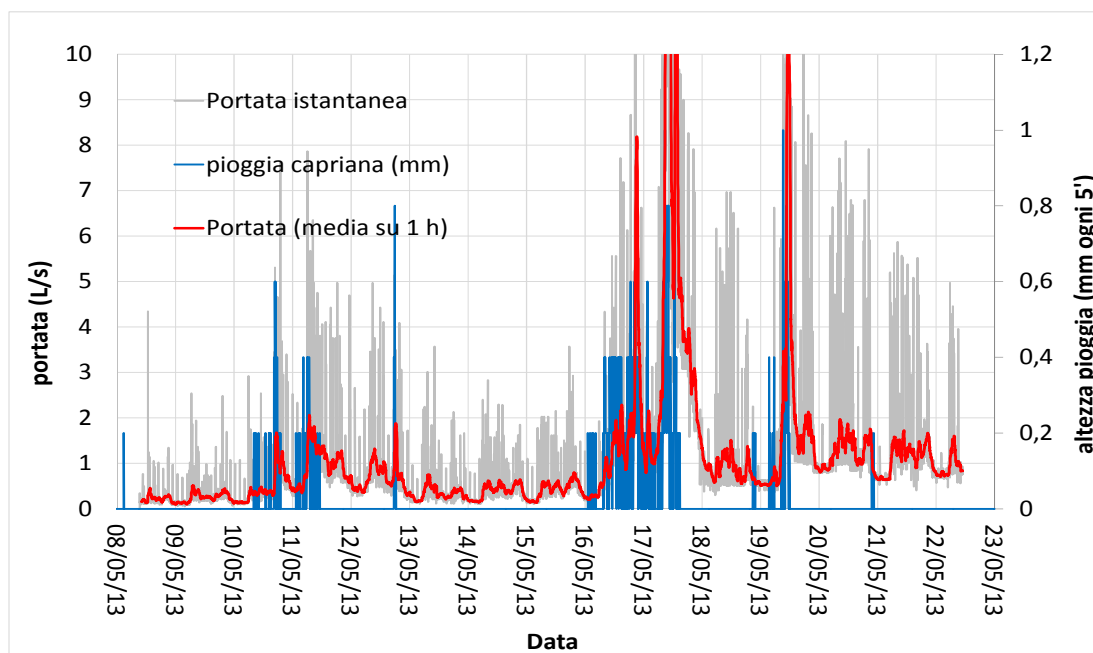


Figura 21. Andamento delle portate dell'impianto di Capriana misurate con sensore area-velocity nel periodo 8-22 maggio 2013.

Tabella 10. Portate misurate nell'impianto di Capriana.

	u.d.m.	Periodo 8-22 maggio
Q media	L/s	1.1
Q media oraria	m <sup>3</sup> /h	4.0
Q media giornaliera	m <sup>3</sup> /d	95
Q massima oraria (pioggia)	m <sup>3</sup> /h	12.0*

\* si considera la portata massima da avviare al trattamento secondario pari a  $3 \times Q_{\text{media}}$  di tempo secco, anche se le portate massime convogliate in fognatura possono essere superiori.

### Calcolo dei carichi e degli Abitanti Equivalenti

Dalla caratterizzazione qualitativa indicata in Tabella 9 (media) e dalla portata media indicata in Tabella 10 si ricavano i carichi giornalieri medi in ingresso all'impianto di fitodepurazione riassunti in Tabella 11. Dai carichi medi di COD indicati in Tabella 11 si possono calcolare gli abitanti equivalenti effettivamente scaricati dai pretrattamenti (a valle della vasca Imhoff) ed in ingresso alla vasca di fitodepurazione, considerando un apporto procapite per abitante equivalente (AE) di 110 gCOD AE<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Si ricavano 264 AE, in base all'apporto procapite di COD. Tale valore è decisamente inferiore alla popolazione residente teoricamente presente nel comune nel periodo di monitoraggio e pari a 530 persone, come dichiarato dal comune (vedi Report Intermedio 1/2).

Tabella 11. Sintesi dei carichi medi in uscita dal trattamento primario ed in ingresso all'impianto di fitodepurazione di Capriana.

Parametro	u.d.m.	Carico medio
COD totale	kg/d	<b>29</b>
NH <sub>4</sub> -N	kg/d	<b>2.6</b>
TKN	kg/d	<b>3.2</b>
P totale	kg/d	<b>0.4</b>
BOD <sub>5</sub>	kg/d	<b>14</b>
SST	kg/d	<b>11</b>

### 3.2 Carbonare

#### *Punti di misurazione*

Il monitoraggio effettuato per la frazione di Carbonare è stato svolto mediante i periodici campionamenti dalla zona finale della vasca Imhoff (Figura 22).

La canaletta dove è posizionata la filtrococlea è particolarmente profonda e rende disagiata l'installazione del sensore area-velocity. Una sonda di livello è stata posizionata sia nella condotta di ingresso alla vasca Imhoff, sia nella vasca in prossimità della condotta di uscita come indicato in Figura 22, per monitorare le variazioni di tirante nella vasca.



Figura 22. Carbonare - Schema della vasca Imhoff con indicazione del punto in cui si sono effettuati i campionamenti e le sezioni di misura dei livelli per la stima delle portate.

#### *Analisi qualitativa (campionamenti e analisi chimiche)*

L'andamento nel tempo delle concentrazioni dei principali parametri chimici sono indicate in Figura 23.

In data 22/08/2013 è stato effettuato da ditta specializzata il periodico svuotamento della vasca Imhoff per l'estrazione dei fanghi e tale fase è indicata in Figura 23 in corrispondenza dell'interruzione delle linee.

In Tabella 12 si riporta una sintesi dei valori medi, minimi, massimi e deviazione standard per i parametri chimici analizzati nelle acque reflue effluenti dalla vasca Imhoff di Carbonare.

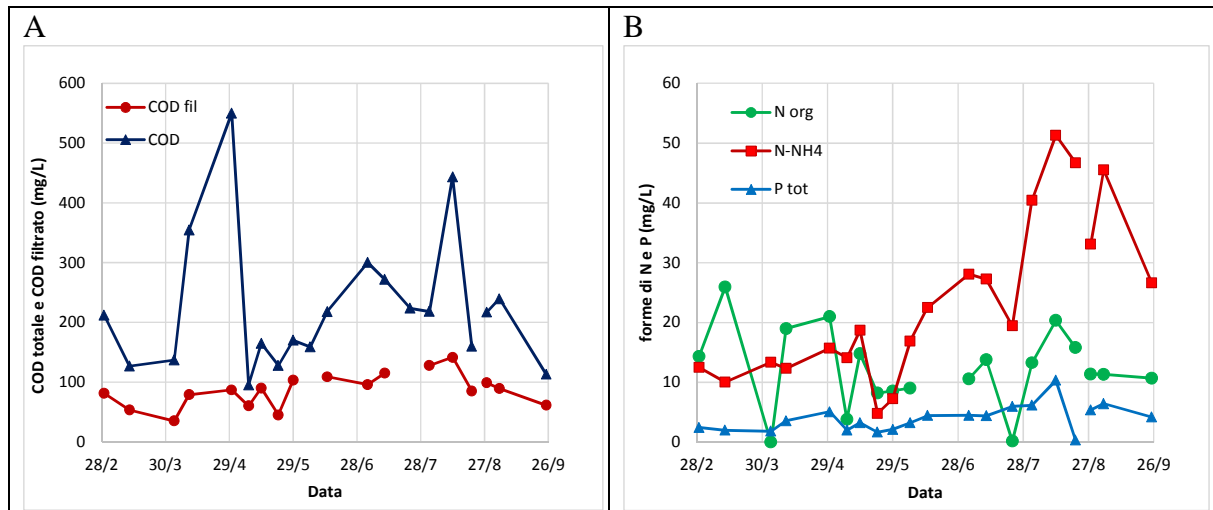


Figura 23. Andamento delle concentrazioni dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalla vasca Imhoff di Carbonare: (A) COD totale e COD filtrato; (B) forme azotate (NH<sub>4</sub>-N e Norganico) e fosforo totale.

Tabella 12. Sintesi dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalla vasca Imhoff di Carbonare: valore medio, minimo, massimo e deviazione standard.

Parametro	u.d.m.	media	min-max	dev.st.
COD totale	mg/L	<b>225</b>	95-550	115
COD filtrato	mg/L	<b>87</b>	35-141	28
N organico	mg/L	<b>12.9</b>	0.2-26	6.2
NH <sub>4</sub> -N	mg/L	<b>23.3</b>	5-51	13.8
TKN	mg/L	<b>36.1</b>	13.0-71.7	16.3
NO <sub>2</sub> -N	mg/L	<b>0.1</b>	0-0.1	0
NO <sub>3</sub> -N	mg/L	<b>1.6</b>	0.2-8.1	2.1
P totale	mg/L	<b>4.0</b>	0.3-10	2.3
PO <sub>4</sub> -P	mg/L	<b>1.7</b>	0.5-3.5	1.0
Solidi sedimentabili dopo 2h *	mL/L	<b>0.5</b>	-	-
BOD <sub>5</sub> **	mg/L	<b>110</b>	-	-
SST**	mg/L	<b>83</b>	-	-

\* Analisi effettuata solo in data 25 settembre; \*\* parametri non misurati ma stimati mediante rapporti tipici per effluenti da vasche Imhoff simili.

### Analisi quantitativa (portate idrauliche)

Le portate sono state stimate mediante sensori di livello impiegati per: (1) misurare il tirante durante la fase di riempimento della vasca immediatamente dopo svuotamento della stessa per l'asportazione dei fanghi (in data 22 agosto); (2) misuratore del livello in vasca in prossimità del tubo di uscita per stimare la portata scaricata.

Il volume in ingresso in vasca dopo le operazioni di svuotamento ed estrazione dei fanghi (Figura 24A) ha permesso di calcolare una portata media giornaliera di circa 25 m<sup>3</sup>/d.

Le portate stimate con il metodo (2) sono mostrate graficamente in Figura 24B, in cui sono riportati anche gli eventi piovosi, al fine di evidenziare l'eventuale presenza di acque di pioggia e l'incremento delle portate di acque reflue miste. I dati delle altezze di pioggia sono stati ricavati dalle stazioni Meteotrentino di Capriana e sono espressi come mm caduti, cumulati per intervalli di 5 minuti.

Osservando gli andamenti di Figura 24B, si evidenzia un aumento delle portate nei giorni di pioggia rispetto alla portata di tempo secco. Nel periodo di tempo secco dal 4 all'8 settembre la portata stimata risulta pari in media a 0.16 L/s e quindi a 13.5 m<sup>3</sup>/d. La portata massima in corrispondenza degli eventi piovosi è risultata pari a circa 0.6 L/s corrispondente a 2.2 m<sup>3</sup>/h.

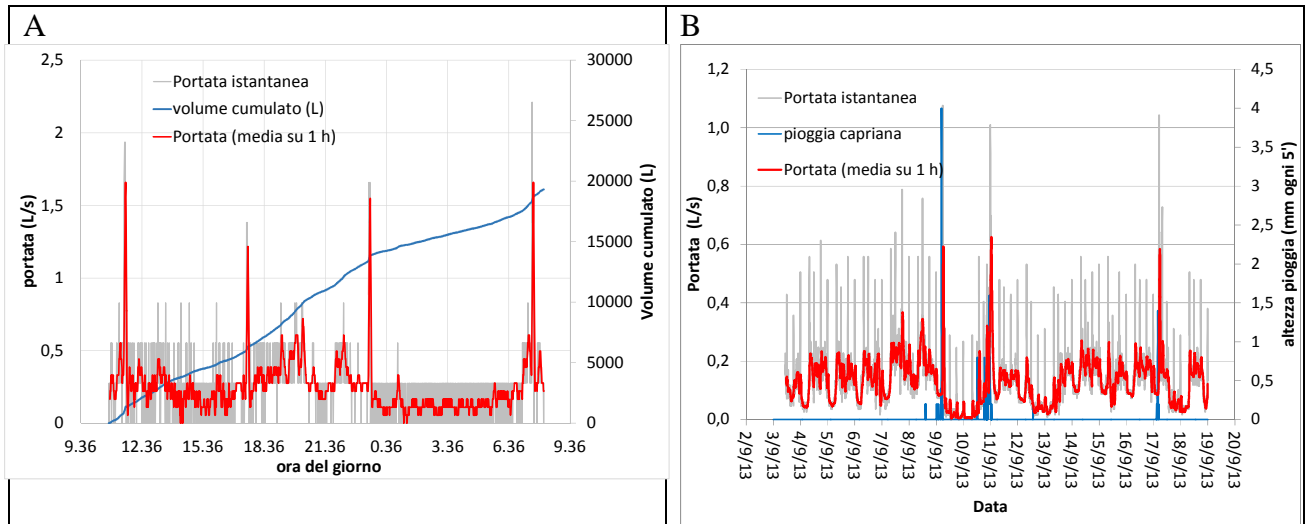


Figura 24. Andamento della portata nell'impianto di Carbonare misurata con misuratori di livello.

Tabella 13. Portate nell'impianto di Carbonare.

	u.d.m.	Svuotamento (22 agosto)	Periodo 2-19 settembre	Portata di riferim.
Q media	L/s	-	0.16	<b>0.29</b>
Q media oraria	m <sup>3</sup> /h	-	0.6	<b>1.04</b>
Q media giornaliera	m <sup>3</sup> /d	25	13.5	<b>25</b>
Q massima oraria (pioggia)	m <sup>3</sup> /h	-	2.2	<b>2.2</b>

### Calcolo dei carichi e degli Abitanti Equivalenti

Dalla caratterizzazione qualitativa indicata in Tabella 12 (media) e dalla portata media indicata in Tabella 13 si ricavano i carichi giornalieri medi in ingresso all'impianto di fitodepurazione riassunti in Tabella 14. Gli abitanti equivalenti effettivamente scaricati dai pretrattamenti (a valle della vasca Imhoff) ed in ingresso alla vasca di fitodepurazione risultano 51 AE, in base all'apporto procapite di COD. Tale valore è inferiore alla popolazione residente teoricamente presente nel comune nel periodo di monitoraggio e pari a 72 persone, come dichiarato dal comune (vedi Report Intermedio 1/2).

Tabella 14. Sintesi dei carichi medi in uscita dai trattamenti primario ed in ingresso all'impianto di fitodepurazione di Carbonare.

Parametro	u.d.m.	Carico medio
COD totale	kg/d	<b>5.6</b>
NH <sub>4</sub> -N	kg/d	<b>0.58</b>
TKN	kg/d	<b>0.90</b>
P totale	kg/d	<b>1.0</b>
BOD <sub>5</sub>	kg/d	<b>2.7</b>
SST	kg/d	<b>2.1</b>

### 3.3 Grauno

#### *Punti di misurazione*

In Figura 25 sono indicati il punto di campionamento in corrispondenza della sezione di uscita della vasca Imhoff e le sezioni di misura delle portate, effettuata mediante sensore area-velocity e mediante sensore di livello in vasca.

Il sensore area-velocity è stato posizionato nel punto in cui la canaletta di ingresso, che parte dalla vasca di grigliatura, arriva nella vasca Imhoff. La canaletta è lunga circa 1 metro e il sensore è stato posto nel punto finale del tratto, subito prima che il refluo grezzo entri nella vasca Imhoff. Le misure con il sensore area-velocity sono state effettuate in 2 periodi: 3-12 luglio 2013 e 23 luglio-1 agosto 2013.

Le sonde di livello sono inserite in vasca alla profondità di circa 1 m e sono state impiegate per monitorare il riempimento della vasca con il liquame in arrivo dalla fognatura, dopo lo svuotamento avvenuto in data 1 agosto, per la pulizia ordinaria annuale.

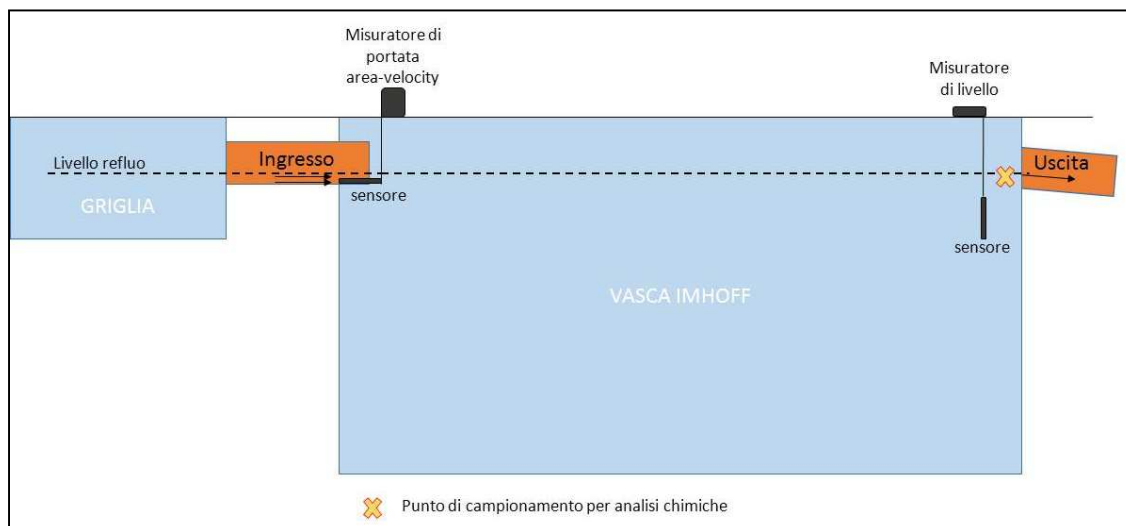


Figura 25. Grauno - Schema dei pre-trattamenti (grigliatura manuale e vasca Imhoff) con indicazione del punto di campionamento e delle sezioni di misura delle portate (area-velocity e misuratore di livello).

#### *Analisi qualitativa (campionamenti e analisi chimiche)*

L'andamento nel tempo delle concentrazioni dei principali parametri chimici sono indicate in Figura 26. Il periodo estivo, con una certa presenza di abitanti fluttuanti, non sembra influire particolarmente sulle concentrazioni dei vari parametri.

In data 01/08/2013 è stato effettuato da ditta specializzata il periodico svuotamento della vasca Imhoff per l'estrazione dei fanghi e tale fase è indicata in Figura 26 in corrispondenza dell'interruzione delle linee. Dopo lo svuotamento della vasca ad inizio agosto, si nota un aumento per quasi tutti i parametri, ma in particolare per azoto ammoniacale e azoto organico. In Tabella 15 si riporta una sintesi dei valori medi, minimi, massimi e deviazione standard per i parametri chimici analizzati nelle acque reflue effluenti dalla vasca Imhoff di Grauno.

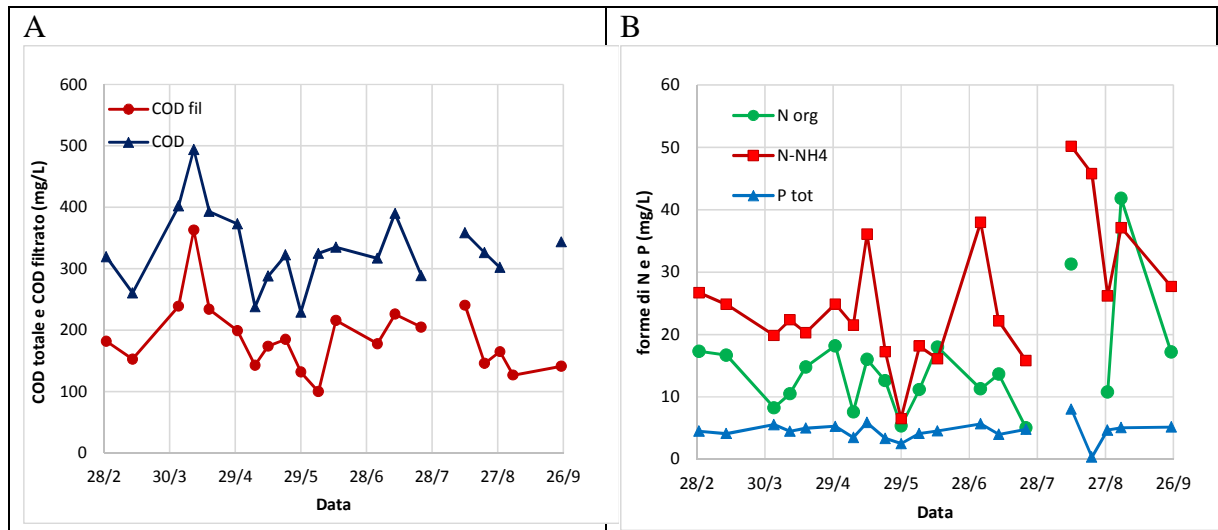


Figura 26. Andamento delle concentrazioni dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalla vasca Imhoff di Grauno: (A) COD totale e COD filtrato; (B) forme azotate ( $\text{NH}_4\text{-N}$  e Norganico) e fosforo totale.

Tabella 15. Sintesi dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalla vasca Imhoff di Grauno: valore medio, minimo, massimo e deviazione standard.

Parametro	u.d.m.	media	min-max	dev.st.
COD totale	mg/L	<b>332</b>	229-494	62.6
COD filtrato	mg/L	<b>187</b>	100-363	57.8
N organico	mg/L	<b>15</b>	5.1-41.8	8.8
$\text{NH}_4\text{-N}$	mg/L	<b>26</b>	6.5-50.2	10.7
TKN	mg/L	<b>40</b>	11.9-81.5	16.7
$\text{NO}_2\text{-N}$	mg/L	<b>0.1</b>	0.0-0.4	0.1
$\text{NO}_3\text{-N}$	mg/L	<b>1.7</b>	0.1-4.1	1.0
P totale	mg/L	<b>4.5</b>	0.4-8.0	1.5
$\text{PO}_4\text{-P}$	mg/L	<b>2.0</b>	0.9-3.0	0.6
Solidi sedimentabili dopo 2h *	mL/L	<b>0.3</b>	-	-
$\text{BOD}_5$ **	mg/L	<b>162</b>	-	-
SST**	mg/L	<b>123</b>	-	-

\* Analisi effettuata solo in data 25 settembre; \*\* parametri non misurati ma stimati mediante rapporti tipici per effluenti da vasche Imhoff simili.

### Analisi quantitativa (portate idrauliche)

Le portate sono state stimate mediante sensore area-velocity (Figura 27A) e mediante sensori di livello (Figura 27B). I sensori di livello sono stati impiegati per: (1) misurare il tirante in corrispondenza dell'uscita del refluo dalla vasca Imhoff verso un tubo di scarico; (2) misurare il tirante durante la fase di riempimento della vasca immediatamente dopo svuotamento della stessa per l'asportazione dei fanghi (in data 1 agosto).

In Figura 27 sono riportati anche gli eventi piovosi, al fine di evidenziare l'eventuale presenza di acque di pioggia e l'incremento delle portate di acque reflue miste. I dati delle altezze di pioggia sono stati ricavati dalle stazioni Meteotrentino di Capriana e Cembra e sono espressi come mm caduti, cumulati per intervalli di 5 minuti.

Osservando gli andamenti di Figura 27, si evidenzia come la fognatura di Grauno che è di tipo separato, presenti un aumento delle portate di diverse volte rispetto alla portate di tempo secco, in corrispondenza di eventi di pioggia, probabilmente riconducibile ad ingresso di acque

bianche da pluviali collegati alla fognatura nera. La portata massima oraria rilevata è di circa 11-12 m<sup>3</sup>/h.

I valori delle portate di tempo secco sono indicate in Tabella 16, ottenendo un valore medio di 85 m<sup>3</sup>/d per le misure con sensore area-velocity e di 45-48 m<sup>3</sup>/d per stime mediante misuratori di livello. Va però osservato che il sensore area-velocity può risultare impreciso nel caso di portate molto basse come quelle notturne, in presenza di bassi tiranti e con reflui particolarmente ricchi di solidi e materiali grossolani. Si ritiene quindi, nel caso di Grauno, che la portata misurata con tale sensore sia spesso, e soprattutto di notte, sovrastimata. Si è quindi assunta di riferimento la portata misurata con sensore di livello.

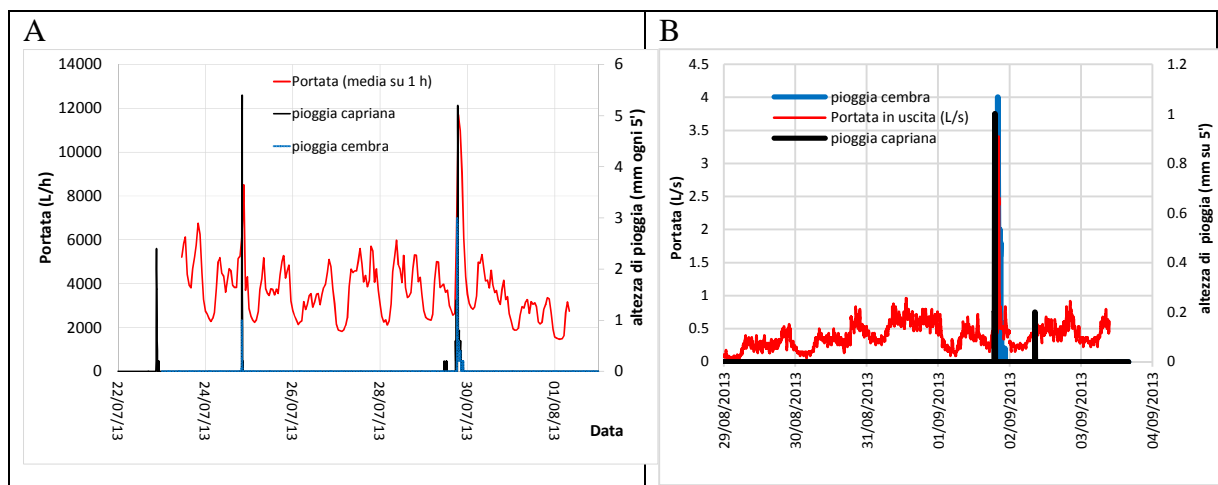


Figura 27. Andamento delle portate effluenti dalla vasca Imhoff di Grauno misurate con: (A) sensore area-velocity e (B) sensore di livello.

Tabella 16. Portate misurate in vari periodi di monitoraggio.

	u.d.m.	Sensore area-velocity		Misuratore di livello		Portata di riferim.
		Periodo 3-12 lug.	Periodo 23 lug.-1 ago.	Periodo 29 ago.-3 set.	Svuotamento (1 ago.)	
Q media	L/s	0.99	0.99	0.56	0.52	<b>0.56</b>
Q media oraria	m <sup>3</sup> /h	3.5	3.5	2	1.9	<b>2</b>
Q media giornaliera	m <sup>3</sup> /d	85.2	85.2	48	45	<b>48</b>
Q massima oraria (pioggia)	m <sup>3</sup> /h	-	11.0	12.5	-	<b>6*</b>

\* si considera la portata massima da avviare al trattamento secondario pari a 3xQ<sub>media</sub> di tempo secco, anche se le portate massime convogliate in fognatura possono essere superiori.

### Calcolo dei carichi e degli Abitanti Equivalenti

Dalla caratterizzazione qualitativa indicata in Tabella 15 (media) e dalle portate di riferimento indicate in Tabella 16 per il periodo estivo (48 m<sup>3</sup>/d) si ricavano i carichi giornalieri in ingresso all'impianto di fitodepurazione riassunti in Tabella 17.

Gli abitanti equivalenti effettivamente scaricati dai pretrattamenti ed in ingresso alla vasca di fitodepurazione sono quindi 145 AE, in base all'apporto procapite di COD. Tale valore coincide con la popolazione residente, ma è inferiore alla popolazione residente + fluttuante

potenzialmente presente nel comune nel periodo estivo e pari a 265 persone, come dichiarato dal comune (vedi Report Intermedio 1/2).

Tabella 17. Sintesi dei carichi medi in uscita dal trattamento primario ed in ingresso all'impianto di fitodepurazione di Grauno.

Parametro	u.d.m.	Carico medio
COD totale	kg/d	<b>16</b>
NH <sub>4</sub> -N	kg/d	<b>1.3</b>
TKN	kg/d	<b>1.9</b>
P totale	kg/d	<b>0.2</b>
BOD <sub>5</sub>	kg/d	<b>7.8</b>
SST	kg/d	<b>5.9</b>

### 3.4 Grumes Nord

#### *Punti di misurazione*

Il monitoraggio effettuato per l'impianto di Grumes Nord è stato svolto mediante i periodici campionamenti dalla zona finale della vasca Imhoff (Figura 28). Per la misura delle portate sono stati impiegati il sensore area-velocity posizionato nella canaletta di ingresso alla vasca Imhoff e il misuratore di livello posizionato in vasca dopo lo svuotamento della vasca Imhoff effettuato in data 02/07/2013.

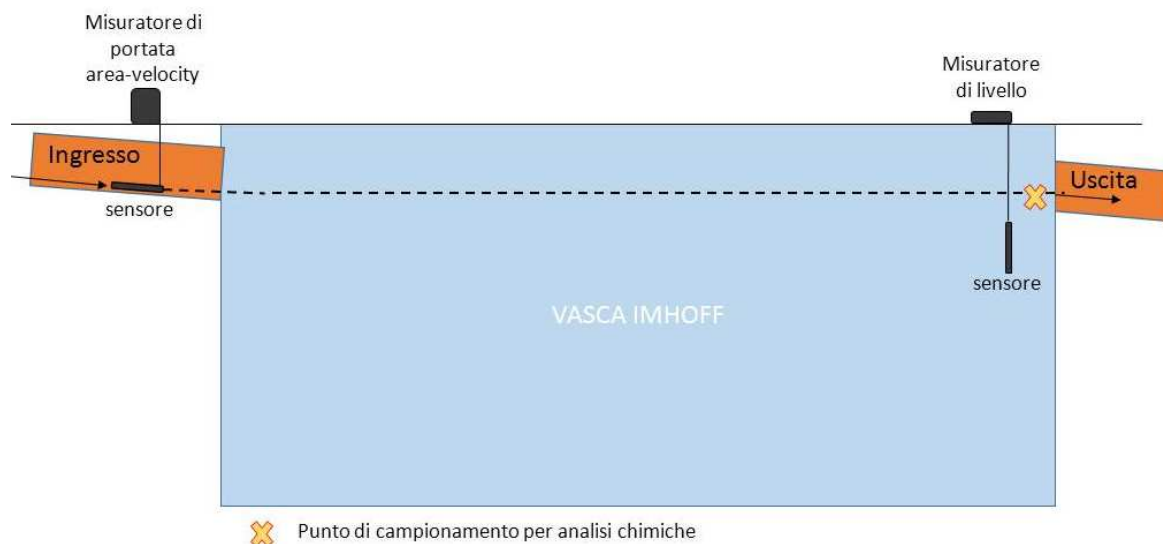


Figura 28. Grumes Nord - Schema della vasca Imhoff con indicazione dei punti in cui si sono effettuati i campionamenti e le misure per la stima delle portate.

#### *Analisi qualitativa (campionamenti e analisi chimiche)*

L'andamento nel tempo delle concentrazioni dei principali parametri chimici sono indicate in Figura 29. In data 02/07/2013 è stato effettuato da ditta specializzata il periodico svuotamento della vasca Imhoff per l'estrazione dei fanghi (tale evento corrisponde all'interruzione delle linee in Figura 29).



Non si osservano particolari tendenze delle concentrazioni dei principali parametri, nemmeno a seguito dello svuotamento della vasca. Il periodo estivo non porta ad apprezzabili variazioni nelle concentrazioni dei parametri analizzati.

In Tabella 18 si riporta una sintesi dei valori medi, minimi, massimi e deviazione standard per i parametri chimici analizzati nelle acque reflue effluenti dalle vasche Imhoff di Grumes Nord. In uscita dall'impianto di Grumes Nord si sono registrate concentrazioni di inquinanti mediamente più elevate rispetto agli altri casi di studio, soprattutto per i parametri COD, azoto ammoniacale e azoto organico.

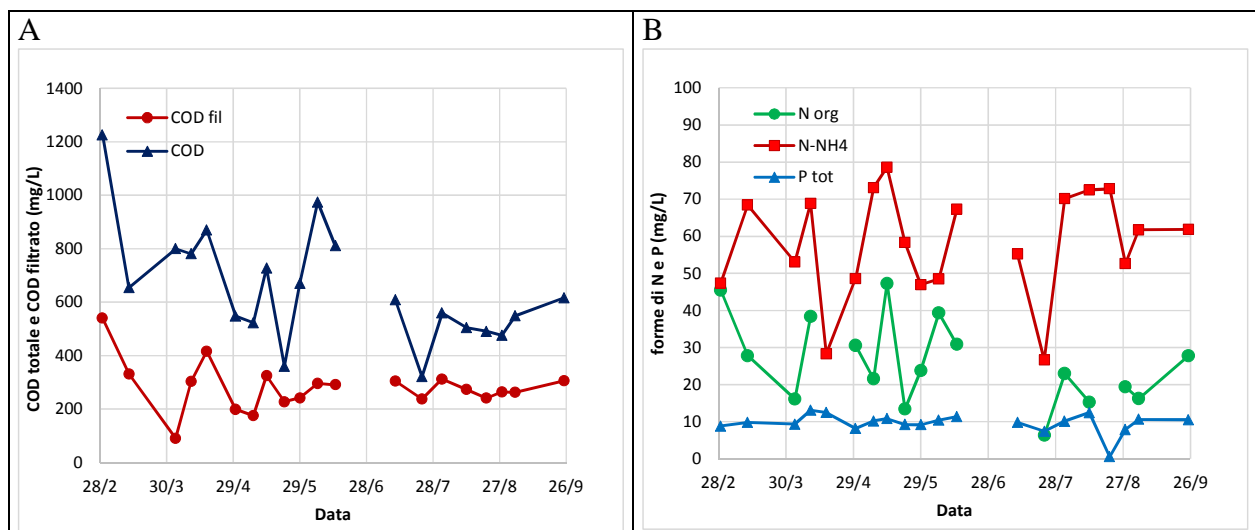


Figura 29. Andamento delle concentrazioni dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalla vasca Imhoff di Grumes Nord: (A) COD totale e COD filtrato; (B) forme azotate ( $\text{NH}_4\text{-N}$  e Norganico) e fosforo totale.

Tabella 18. Sintesi dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalle vasche Imhoff di Grumes Nord: valore medio, minimo, massimo e deviazione standard.

Parametro	u.d.m.	media	min-max	dev.st.
COD totale	mg/L	<b>654</b>	322-1226	214
COD filtrato	mg/L	<b>282</b>	91-541	90
N organico	mg/L	<b>26.0</b>	6.4-47.3	11.6
$\text{NH}_4\text{-N}$	mg/L	<b>58</b>	26.6-78.6	14.4
TKN	mg/L	<b>80.2</b>	28.3-126	23.1
$\text{NO}_2\text{-N}$	mg/L	<b>0.1</b>	0.0-0.2	0.0
$\text{NO}_3\text{-N}$	mg/L	<b>3.1</b>	0.8-7.1	1.7
P totale	mg/L	<b>9.6</b>	0.6-13.1	2.6
$\text{PO}_4\text{-P}$	mg/L	<b>4.3</b>	2.8-5.9	0.9
Solidi sedimentabili dopo 2h *	mL/L	<b>1.3</b>	-	-
$\text{BOD}_5$ **	mg/L	<b>319</b>	-	-
SST**	mg/L	<b>242</b>	-	-

\* Analisi effettuata solo in data 25 settembre; \*\* parametri non misurati ma stimati mediante rapporti tipici per effluenti da vasche Imhoff simili.

### Analisi quantitativa (portate idrauliche)

Le portate sono state misurate mediante sensore area-velocity e mediante sensore di livello posizionato nella vasca Imhoff.

Per quanto riguarda le misure con sensore area-velocity, i valori ottenuti sono risultati sottostimati a causa del basso livello idraulico generalmente presente nella canaletta di adduzione dei reflui. Tali dati non verranno quindi utilizzati in questo report.

Per quanto riguarda il sensore di livello, esso è stato installato all'interno della vasca per misurare il tirante e stimare le portate in arrivo in base alle variazioni del livello in vasca, appena dopo le operazioni di svuotamento della vasca per estrazione dei fanghi, effettuata il 2 luglio 2013. Si riporta in Figura 30A l'andamento delle portate e del volume cumulato, ricavato dalla misura dell'innalzamento progressivo del livello all'interno della vasca. Per i dati di portata, avendo registrazioni ogni minuto, si è tracciata la media mobile su intervallo di 60 minuti in modo tale da ottenere un andamento grafico più chiaro. Non vi sono stati eventi di pioggia durante queste misure. Il volume scaricato in 24 ore è di circa 11 m<sup>3</sup>. La portata media giornaliera è di circa 0.12 L/s.

Un'altra misura di portata è stata effettuata mantenendo la sonda di livello in vasca e valutando le variazioni di livello rispetto al tubo di scarico. I risultati sono riportati Figura 30B, e confrontati con i mm di pioggia registrati per lo stesso periodo nella stazione meteo di Cembra e di Capriana (dati cumulati ogni 5 minuti). La portata media stimata con queste misure per il periodo 12-16 luglio risulta pari a 0.17 L/s corrispondente a circa 14.7 m<sup>3</sup>/d in media. In corrispondenza di precipitazioni piovose (di elevata intensità) le portate possono arrivare ad 1 L/s.

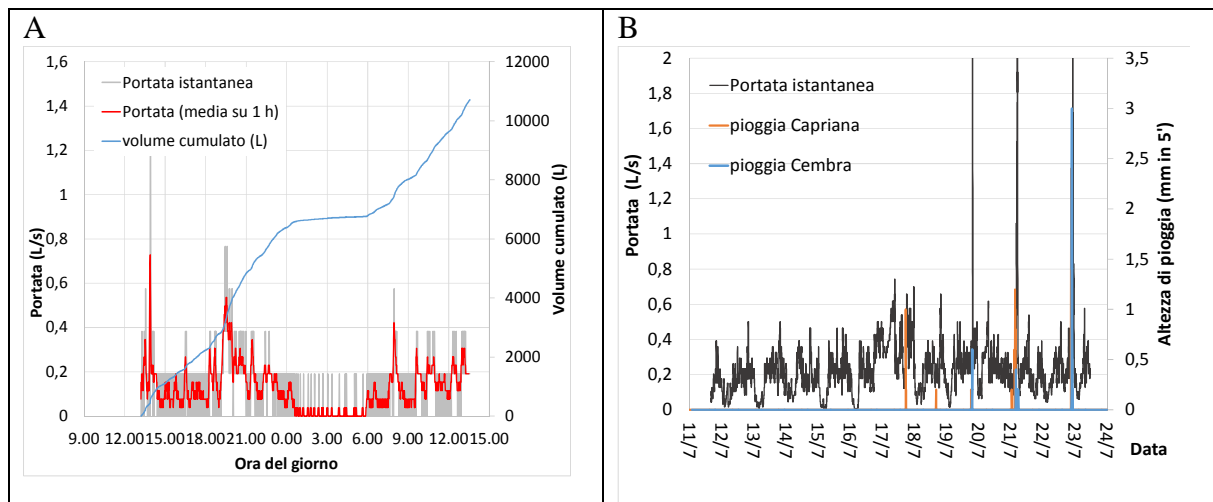


Figura 30. Due esempi di andamento delle portate stimate a partire da misure effettuate in vasca con misuratore di livello.

Tabella 19. Portate misurate nei due periodi di monitoraggio.

	u.d.m.	Misuratore di livello		Portata di riferim.
		Svuotamento (2 luglio)	Periodo 12-16 luglio	
Q media	L/s	0.12	0.17	<b>0.17</b>
Q media oraria	m <sup>3</sup> /h	0.43	0.61	<b>0.61</b>
Q media giornaliera	m <sup>3</sup> /d	11.0	14.7	<b>14.7</b>
Q massima oraria (pioggia)	m <sup>3</sup> /h	-	3.6	<b>1.8*</b>

\* si considera la portata massima da avviare al trattamento secondario pari a 3xQ<sub>media</sub> di tempo secco, anche se le portate massime convogliate in fognatura possono essere superiori.

### Calcolo dei carichi e degli Abitanti Equivalenti

Dalla caratterizzazione qualitativa indicata in Tabella 18 (media) e dalle portate di riferimento indicate in Tabella 19 si ricavano i carichi giornalieri in ingresso all'impianto di fitodepurazione riassunti in Tabella 20.

Si possono calcolare gli abitanti equivalenti effettivamente scaricati dai pretrattamenti ed in ingresso alla vasca di fitodepurazione, considerando l'apporto procapite di COD e si ricavano 87 AE. Tale valore è molto simile alla popolazione residente di 80 abitanti, ma è inferiore alla popolazione residente + fluttuante potenzialmente presente nel comune nel periodo estivo e pari a 170 persone, come dichiarato dal comune (vedi Report Intermedio 1/2).

Tabella 20. Sintesi dei carichi medi in uscita dal trattamento primario ed in ingresso all'impianto di fitodepurazione di Grumes Nord.

Parametro	u.d.m.	Carico medio
COD totale	kg/d	<b>9.6</b>
NH <sub>4</sub> -N	kg/d	<b>0.8</b>
TKN	kg/d	<b>1.2</b>
P totale	kg/d	<b>0.14</b>
BOD <sub>5</sub>	kg/d	<b>4.7</b>
SST	kg/d	<b>3.6</b>

## 3.5 Grumes Sud

### Punti di misurazione

Il monitoraggio effettuato per l'impianto di Grumes Sud è stato svolto mediante periodici campionamenti in corrispondenza della tubazione di uscita dalla vasca Imhoff (Figura 31). Le portate sono state misurate mediante strumento area-velocity nella canaletta di ingresso alla vasca Imhoff, a valle della griglia.

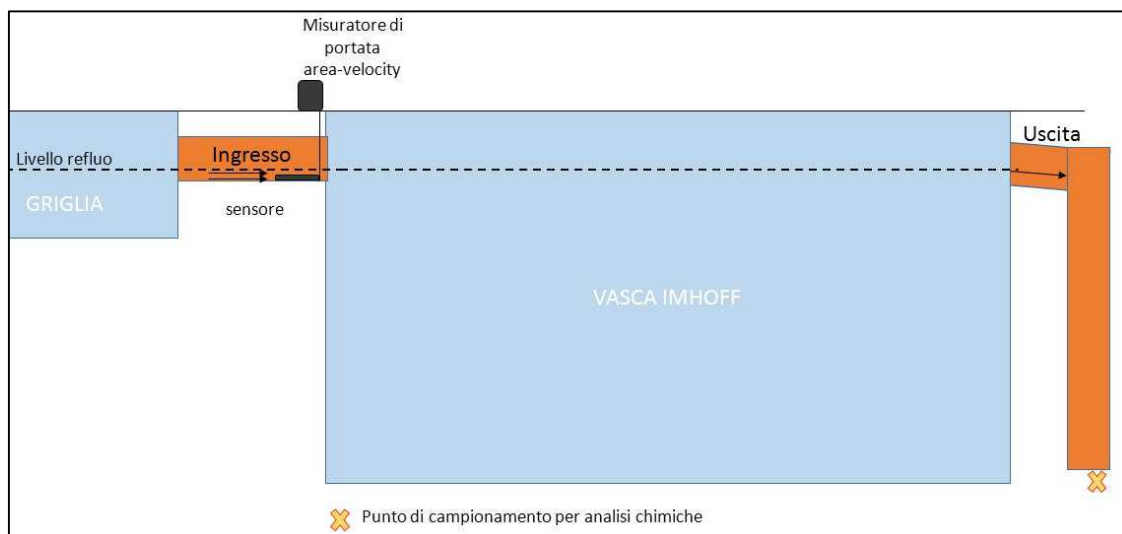


Figura 31. Grumes Sud - Schema della vasca Imhoff con indicazione dei punti in cui si sono effettuati i campionamenti e le misure per la stima delle portate.

**Analisi qualitativa (campionamenti e analisi chimiche)**

L'andamento nel tempo delle concentrazioni dei principali parametri chimici sono indicate in Figura 32. In data 05/06/2013 è stato effettuato da ditta specializzata il periodico svuotamento della vasca Imhoff per l'estrazione dei fanghi (tale evento corrisponde all'interruzione delle linee in Figura 29). Dopo tale svuotamento si osserva un significativo aumento delle concentrazioni dei principali parametri, ma il periodo successivo allo svuotamento è anche un periodo di presenza di abitanti fluttuanti presenti nella stagione estiva.

In Tabella 21 si riporta una sintesi dei valori medi, minimi, massimi e deviazione standard per i parametri chimici analizzati nelle acque reflue effluenti dalle vasche Imhoff di Grumes Sud.

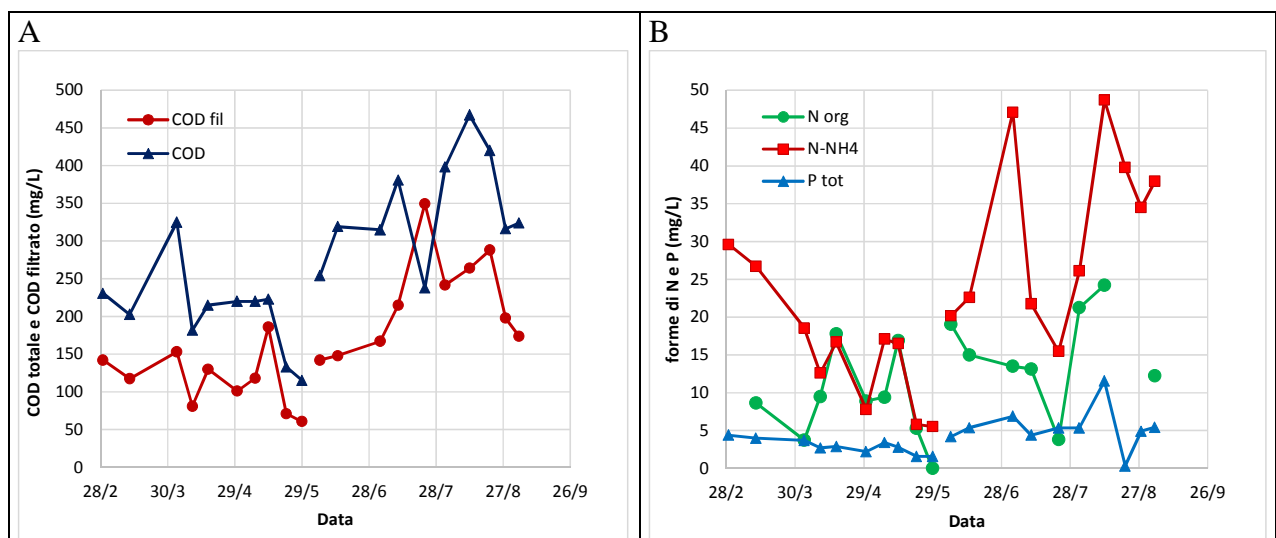


Figura 32. Andamento delle concentrazioni dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalla vasca Imhoff di Grumes Sud: (A) COD totale e COD filtrato; (B) forme azotate ( $\text{NH}_4\text{-N}$  e Norganico) e fosforo totale.

Tabella 21. Sintesi dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalle vasche Imhoff di Grumes Sud: valore medio, minimo, massimo e deviazione standard.

Parametro	u.d.m.	media	min-max	dev.st.
COD totale	mg/L	<b>277</b>	115-467	93
COD filtrato	mg/L	<b>168</b>	61-350	73
N organico	mg/L	<b>13.0</b>	3.7-24.2	6.1
$\text{NH}_4\text{-N}$	mg/L	<b>24.2</b>	5.5-48.7	12.7
TKN	mg/L	<b>36.1</b>	11.1-72.9	15.3
$\text{NO}_2\text{-N}$	mg/L	<b>0.1</b>	0.0-0.2	0.1
$\text{NO}_3\text{-N}$	mg/L	<b>2.0</b>	0.3-4.0	1.1
P totale	mg/L	<b>4.2</b>	0.3-11.6	2.3
$\text{PO}_4\text{-P}$	mg/L	<b>1.6</b>	0.1-3.3	0.8
Solidi sedimentabili dopo 2h *	mL/L	<b>0.1</b>	-	-
$\text{BOD}_5$ **	mg/L	<b>135</b>	-	-
SST**	mg/L	<b>103</b>	-	-

\* Analisi effettuata solo in data 25 settembre; \*\* parametri non misurati ma stimati mediante rapporti tipici per effluenti da vasche Imhoff simili.

**Analisi quantitativa (portate idrauliche)**

Le portate sono state stimate mediante sensore area-velocity posizionato nella canaletta di ingresso alla fossa Imhoff. Si riportano in Figura 33 i risultati delle portate stimate nei due periodi 1-12 agosto e 22-28 agosto 2013.

Nel primo periodo (1-12 agosto) la portata media di tempo secco è pari a 1,6 L/s. Nel secondo periodo (22-28 agosto), in cui sono inclusi alcuni eventi di pioggia, la portata media è di 2,2 L/s.

Il picco di portata che si osserva il giorno 28 agosto (fino a 10 L/s) è riconducibile all'evento di pioggia intensa che si è verificato quel giorno, segnale che l'ingresso di acque bianche è un fenomeno riscontrabile anche per il caso di Grumes Sud.

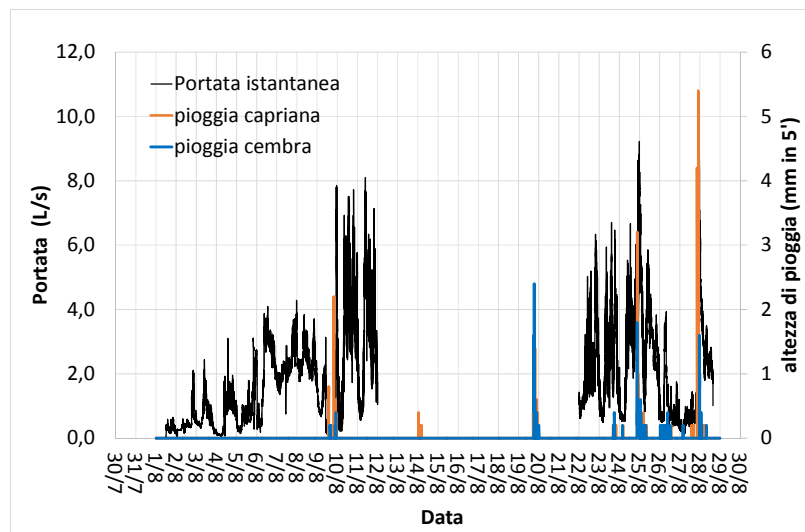


Figura 33. Andamento delle portate in ingresso alla vasca Imhoff, misurate con sensore area-velocity.

Tabella 22. Portate medie misurate nei due periodi di monitoraggio.

	u.d.m.	Sensore area-velocity		Portata di riferim.*
		Periodo 1-12 agosto	Periodo 22-28 agosto	
Q media	L/s	1.6	2.2	<b>1.9</b>
Q media oraria	m <sup>3</sup> /h	5.8	7.9	<b>6.8</b>
Q media giornaliera	m <sup>3</sup> /d	138	190	<b>164</b>
Q massima oraria (pioggia)	m <sup>3</sup> /h	-	36	<b>20**</b>

\* Valore medio di tutte le misure effettuate.

\*\* si considera la portata massima da avviare al trattamento secondario pari a  $3 \times Q_{\text{media}}$  di tempo secco, anche se le portate massime convogliate in fognatura possono essere superiori.

### Calcolo dei carichi e degli Abitanti Equivalenti

Dalla caratterizzazione qualitativa indicata in Tabella 21 (media) e dalle portate di riferimento indicate in Tabella 22 si ricavano i carichi giornalieri in ingresso all'impianto di fitodepurazione riassunti in Tabella 24.

Si possono calcolare gli abitanti equivalenti scaricati dai pretrattamenti ed in ingresso alla vasca di fitodepurazione che risultano 409 AE, in base all'apporto procapite di COD. Tale valore è poco superiore alla popolazione residente di 363 abitanti, ma è inferiore alla popolazione

residente + fluttuante potenzialmente presente nel comune nel periodo estivo e pari a 547 persone, come dichiarato dal comune (vedi Report Intermedio 1/2).

Tabella 23. Sintesi dei carichi medi in uscita dal trattamento primario ed in ingresso all'impianto di fitodepurazione di Grumes Sud.

Parametro	u.d.m.	Carico medio
COD totale	kg/d	45
NH <sub>4</sub> -N	kg/d	4.0
TKN	kg/d	6.0
P totale	kg/d	0.7
BOD <sub>5</sub>	kg/d	22
SST	kg/d	17

### 3.6 Valda

#### *Punti di misurazione*

Il monitoraggio effettuato per l'impianto di Valda è stato svolto mediante i periodici campionamenti dalla zona finale della vasca Imhoff (Figura 34). Le portate sono state misurate mediante strumento area-velocity posizionato nella canaletta di ingresso alla vasca Imhoff, a valle della griglia. Inoltre sono state effettuate misurazione delle variazioni di livello in vasca, in prossimità dell'uscita, considerando la presenza dello stramazzo in parete grossa per il calcolo della portate.

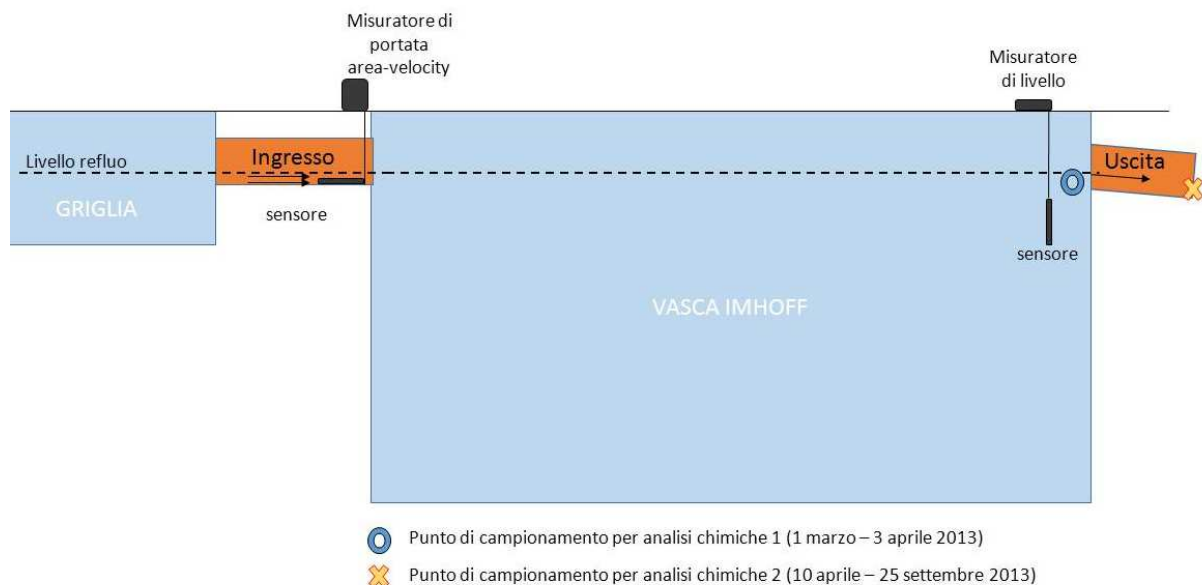


Figura 34. Valda - Schema della vasca Imhoff con indicazione dei punti in cui si sono effettuati i campionamenti e le misure per la stima delle portate.

#### *Analisi qualitativa (campionamenti e analisi chimiche)*

L'andamento nel tempo delle concentrazioni dei principali parametri chimici sono indicate in Figura 35. I primi tre campionamenti sono stati effettuati direttamente dalla vasca Imhoff, nel punto finale prima dello scarico. I campionamenti successivi invece sono stati effettuati prelevando il refluo dalla canaletta di scarico, a valle della vasca Imhoff, operazione resa

possibile con lo scioglimento del ghiaccio invernale. I primi tre campioni prelevati presentano concentrazioni di inquinanti più elevate, probabilmente a causa del punto di campionamento. In data 30/07/2013 è stato effettuato da ditta specializzata il periodico svuotamento della vasca Imhoff, per l'estrazione dei fanghi (tale evento corrisponde all'interruzione delle linee in Figura 35). Dopo tale svuotamento si osserva un significativo aumento delle concentrazioni dei principali parametri.

In Tabella 24 si riporta una sintesi dei valori medi, minimi, massimi e deviazione standard per i parametri chimici analizzati nelle acque reflue effluenti dalle vasche Imhoff di Valda.

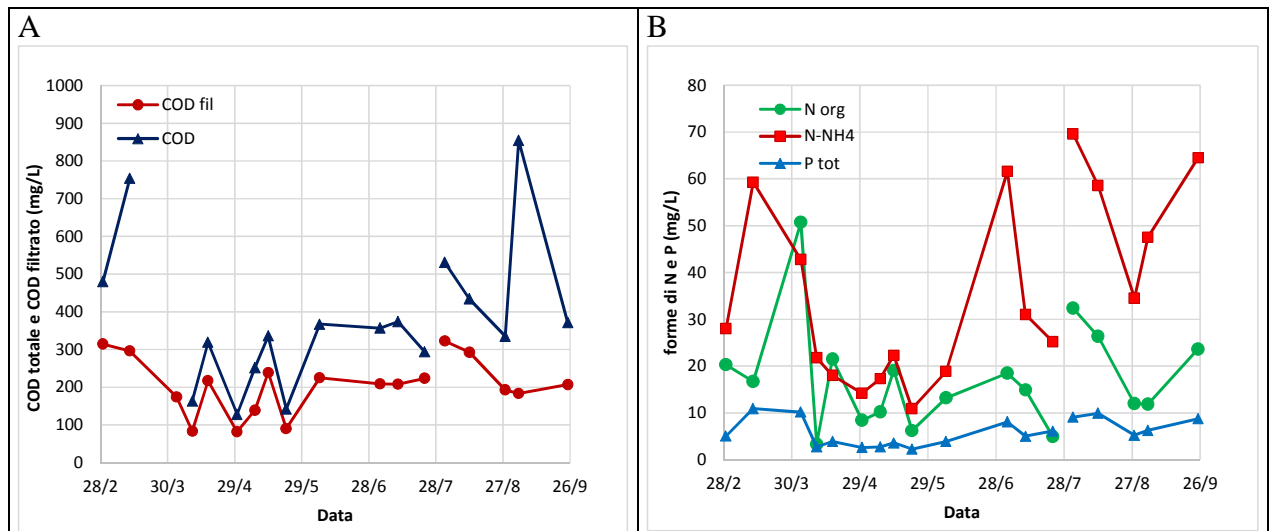


Figura 35. Andamento delle concentrazioni dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalla vasca Imhoff di Valda: (A) COD totale e COD filtrato; (B) forme azotate ( $\text{NH}_4\text{-N}$  e Norganico) e fosforo totale.

Tabella 24. Sintesi dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalle vasche Imhoff di Valda: valore medio, minimo, massimo e deviazione standard.

Parametro	u.d.m.	media	min-max	dev.st.
COD totale	mg/L	<b>382</b>	128-854	194
COD filtrato	mg/L	<b>206</b>	82-322	74
N organico	mg/L	<b>17.5</b>	3.3-50.8	11.3
$\text{NH}_4\text{-N}$	mg/L	<b>35.9</b>	10.9-69.6	19.6
TKN	mg/L	<b>53.3</b>	17.1-102	27.3
$\text{NO}_2\text{-N}$	mg/L	<b>0.1</b>	0.0-0.4	0.1
$\text{NO}_3\text{-N}$	mg/L	<b>2.6</b>	1.6-3.7	0.7
P totale	mg/L	<b>5.9</b>	2.2-10.9	2.9
$\text{PO}_4\text{-P}$	mg/L	<b>2.5</b>	0.8-6.2	1.5
Solidi sedimentabili dopo 2h *	mL/L	<b>0.1</b>	-	-
$\text{BOD}_5$ **	mg/L	<b>186</b>	-	-
SST**	mg/L	<b>142</b>	-	-

\* Analisi effettuata solo in data 25 settembre; \*\* parametri non misurati ma stimati mediante rapporti tipici per effluenti da vasche Imhoff simili.

### Analisi quantitativa (portate idrauliche)

Le portate sono state stimate mediante sensore area-velocity e mediante sensore di livello. Per quanto riguarda le portate ottenute con sensore area-velocity utilizzato nelle giornate 3-4 settembre 2013, durante le quali non sono state registrate precipitazioni, si riportano in Figura

36A i profili ottenuti. La portata media di tempo secco risulta pari a 0.5 L/s che corrispondono a circa 43 m<sup>3</sup>/d.

Per quanto riguarda il sensore di livello, esso è stato installato all'uscita della vasca per misurare il tirante, considerando lo stramazzo in parete grossa per il calcolo delle portate. I risultati sono riportati Figura 36B, e confrontati con i mm di pioggia registrati per lo stesso periodo nella stazione meteo di Cembra (dati cumulati ogni 5 minuti). Si riconoscono le fluttuazioni giornaliere di portata legate alle attività antropiche e un picco di portata in corrispondenza dell'evento di pioggia del 19/8 (circa 18 mm). La portata media stimata con queste misure per il periodo 12-21 agosto risulta pari a 0,74 L/s corrispondente a circa 64 m<sup>3</sup>/d in media. In corrispondenza della fase più intensa di precipitazioni le portate possono triplicare o più.

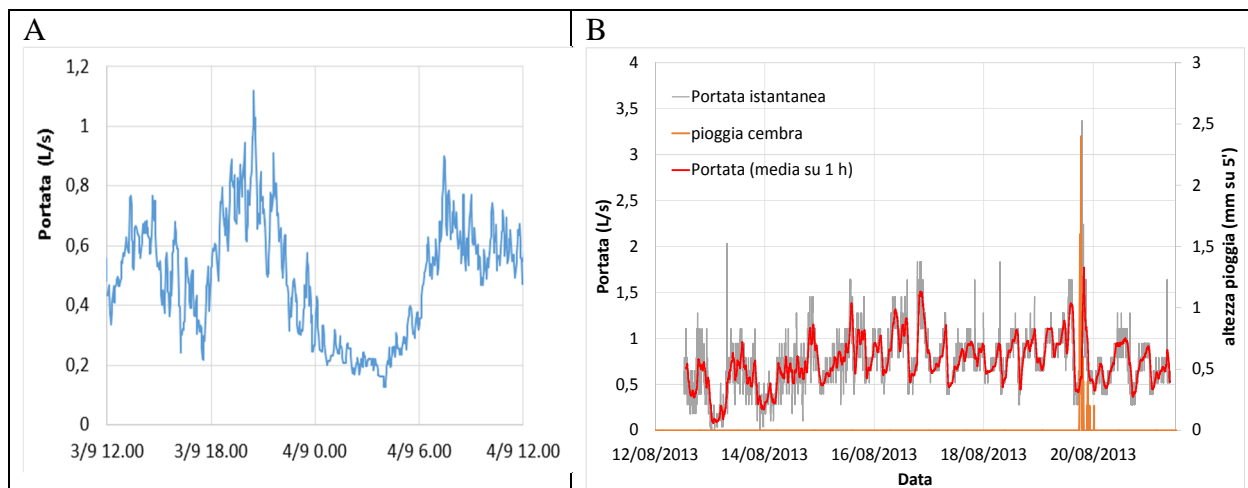


Figura 36. Andamento delle portate: (A) misurate con sensore area-velocity; (2) stimate attraverso misuratore di livello.

Tabella 25. Portate misurate nei due periodi di monitoraggio.

		Sensore area-velocity	Misuratore di livello	<b>Portata di riferim.</b>
	u.d.m.	Periodo 3-4 set.	Periodo 12-21 ago.	
Q media	L/s	0.5	0.74	<b>0.6</b>
Q media oraria	m <sup>3</sup> /h	1.8	2.7	<b>2.2</b>
Q media giornaliera	m <sup>3</sup> /d	43	64	<b>53</b>
Q massima oraria (pioggia)	m <sup>3</sup> /h	-	10.8	<b>6.6**</b>

\* Valore medio di tutte le misure effettuate.

\*\* si considera la portata massima da avviare al trattamento secondario pari a 3xQ<sub>media</sub> di tempo secco, anche se le portate massime convogliate in fognatura possono essere superiori.

### **Calcolo dei carichi e degli Abitanti Equivalenti**

Dalla caratterizzazione qualitativa indicata in Tabella 24 (media) e dalle portate di riferimento indicate in Tabella 25 si ricavano i carichi giornalieri in ingresso all'impianto di fitodepurazione riassunti in Tabella 26.



Si possono calcolare gli abitanti equivalenti effettivamente scaricati dai pretrattamenti ed in ingresso alla vasca di fitodepurazione e si ricavano 183 AE, in base all'apporto procapite di COD. Tale valore è inferiore alla popolazione residente di 224 abitanti dichiarati dal comune (vedi Report Intermedio 1/2).

Tabella 26. Sintesi dei carichi medi in uscita dal trattamento primario ed in ingresso all'impianto di fitodepurazione di Valda.

<b>Parametro</b>	<b>u.d.m.</b>	<b>Carico medio</b>
COD totale	kg/d	<b>20.2</b>
NH <sub>4</sub> -N	kg/d	<b>1.9</b>
TKN	kg/d	<b>2.8</b>
P totale	kg/d	<b>0.3</b>
BOD <sub>5</sub>	kg/d	<b>9.9</b>
SST	kg/d	<b>7.5</b>

### 3.7 Faver

#### *Punti di misurazione*

Il monitoraggio effettuato per l'impianto di Faver è stato svolto mediante i periodici campionamenti dalla zona finale della vasca Imhoff.

Le portate scaricate da questa vasca Imhoff sono risultate di difficile misurazione a causa dei flussi bassi e soggetti a notevoli fluttuazioni nell'arco di una giornata. Per la stima delle portate si può ricorrere a dati teorici e si perviene ad un volume scaricato ogni giorno dalla vasca Imhoff di Faver di circa 1-2 m<sup>3</sup>/d.

#### *Analisi qualitativa (campionamenti e analisi chimiche)*

L'andamento nel tempo delle concentrazioni dei principali parametri chimici è indicato in Figura 37. I campionamenti hanno indicato una grande variabilità nelle concentrazioni: il refluo è stato campionato nella sezione finale della vasca Imhoff, dove si è osservata più volte la presenza di materiale solido in sospensione, nonostante la presenza della lama paraschiuma che ha la funzione di bloccare nella zona di sedimentazione eventuali materiali flottanti. Tale materiale rende più difficoltoso il campionamento e più variabile la qualità del refluo scaricato. Le concentrazioni sono particolarmente elevate nel campione del 3 settembre, quindi al termine della fase di 4 mesi di attività della vasca. In data 20/09/2013 è stato effettuato da ditta specializzata il periodico svuotamento della vasca Imhoff, per l'estrazione dei fanghi. In seguito alla pulizia le concentrazioni sono notevolmente inferiori, soprattutto per quanto riguarda il COD totale e l'azoto organico. Infatti dopo lo svuotamento la zona di uscita della vasca non aveva presenza di materiali solidi in superficie. Tuttavia, nell'arco dei 4 mesi tra uno svuotamento e l'altro si verificano delle risalite di fango o di materiali flottanti dal comparto inferiore, favoriti anche dalla risalita dei gas prodotti dalla digestione. Si stima quindi che i carichi di inquinanti scaricati nel corpo recettore siano variabili e dipendano fortemente dai flussi istantanei, con concentrazioni variabili che possono arrivare a valori anche molto elevati nel caso di passaggio di solidi.

In Tabella 24 si riporta una sintesi dei valori medi, minimi, massimi e deviazione standard per i parametri chimici analizzati nelle acque reflue effluenti dalle vasche Imhoff di Faver.

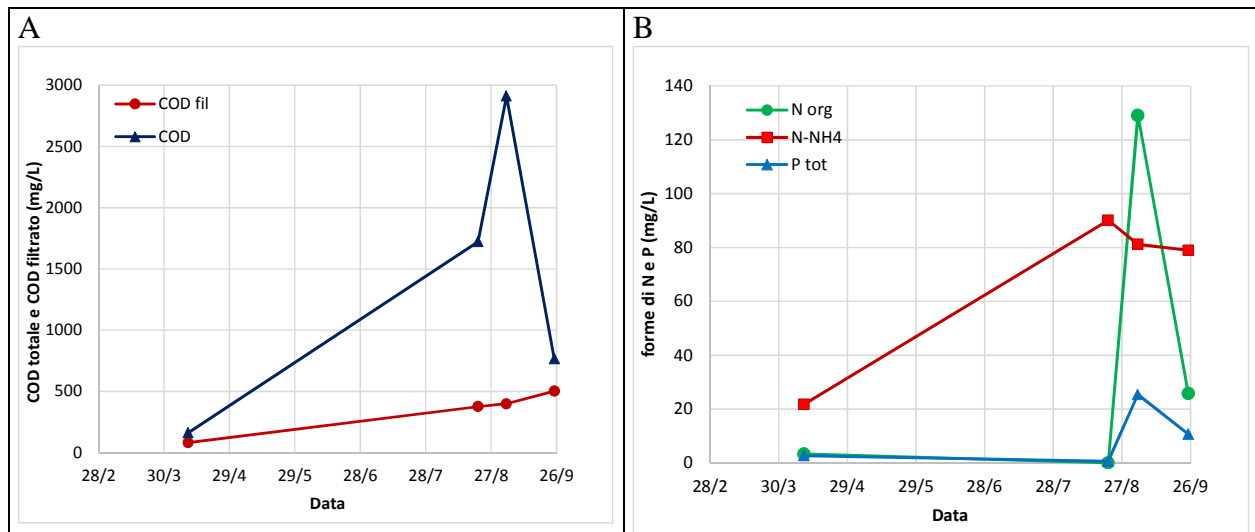


Figura 37. Andamento delle concentrazioni dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalla vasca Imhoff di Faver: (A) COD totale e COD filtrato; (B) forme azotate ( $\text{NH}_4\text{-N}$  e Norganico) e fosforo totale.

Tabella 27. Sintesi dei parametri chimici nelle acque reflue effluenti dalle vasche Imhoff di Faver: valore medio, minimo, massimo e deviazione standard.

Parametro	u.d.m.	media	min-max	dev.st.
COD totale	mg/L	<b>1391</b>	163-2910	1199
COD filtrato	mg/L	<b>341</b>	83-503	180
N organico	mg/L	<b>52.7</b>	3.3-129	67.1
$\text{NH}_4\text{-N}$	mg/L	<b>68.0</b>	21.7-90.2	31.2
TKN	mg/L	<b>64.9</b>	25-105	56.4
$\text{NO}_2\text{-N}$	mg/L	<b>0.1</b>	0.0-0.1	0.1
$\text{NO}_3\text{-N}$	mg/L	<b>3.6</b>	0.1-6.8	2.8
P totale	mg/L	<b>9.9</b>	0.6-25.4	11.2
$\text{PO}_4\text{-P}$	mg/L	<b>4.5</b>	1.0-6.1	2.4
Solidi sedimentabili dopo 2h *	mL/L	<b>1.0</b>	-	-

\* Analisi effettuata solo in data 25 settembre.

### Calcolo dei carichi e degli Abitanti Equivalenti

Il numero attuale di residenti serviti da questo impianto è di 14 persone (dato rilevato in loco). Non vengono qui calcolati i carichi inquinanti scaricati dalla Imhoff in quanto irrilevante, dato che in questo sito non è prevista la realizzazione di un impianto di fitodepurazione.

### 3.8 Confronto tra carichi organici effluenti dalle vasche Imhoff (in termini di AE) e abitanti residenti + fluttuanti

Dal monitoraggio qualitativo e quantitativo delle acque reflue effluenti dalle vasche Imhoff dei casi di studio analizzati in questo paragrafo, sono stati calcolati i carichi inquinanti espressi in termini di COD e forme azotate. I carichi di COD possono essere convertiti in un equivalente numero di abitanti equivalenti considerando un apporto procapite di 110 gCOD/AE al giorno. La sintesi degli AE calcolati a valle dei pretrattamenti e delle vasche Imhoff ( $\text{AE}_{\text{pre}}$ ) è riportata

nella Tabella 28. Questo valore di  $AE_{pre}$  può essere confrontato con gli abitanti residenti ( $AE_r$ ) e con la somma di abitanti residenti + fluttuanti ( $AE_{r+f}$ ), riportati in Tabella 28.

Considerando il rapporto  $AE_{pre}/AE_r$ , quando inferiore ad 1 (come nei casi di Capriana, Carbonare, Valda), indica che il carico organico a valle delle vasche Imhoff è inferiore a quello atteso considerando gli abitanti residenti. Questo è dovuto ad una resa depurativa della vasca Imhoff, che per la sostanza organica si ritiene sia di circa 25-35% (Masotti, 2005). Inoltre, parte dei residenti si muove fuori paese per lavoro per gran parte della giornata e quindi i carichi realmente scaricati possono essere inferiori a quelli attesi da valutazioni teoriche.

Negli impianti di Grauno, Grumes Nord e Grumes Sud, il rapporto  $AE_{pre}/AE_r$  pari o superiore ad 1, indica invece l'apporto anche di abitanti fluttuanti. Tuttavia gli Abitanti equivalenti effluenti dalle vasche Imhoff sono sempre inferiori del 50% circa rispetto al numero di abitanti residenti + fluttuanti dichiarati dal comune. Questo può essere motivato dal fatto che i fluttuanti vengono stimati solo sulla base delle seconde case e quindi le persone che ne usufruiscono possono non essere presenti contemporaneamente.

Questo suggerisce che se si assumesse il numero di abitanti residenti + fluttuanti dichiarati dai comuni per il dimensionamento di sistemi di fitodepurazione si incorrerebbe in un significativo sovradimensionamento.

Risulta quindi più rappresentativo utilizzare i carichi effluenti dalle vasche Imhoff e gli AE corrispondenti, calcolati su questi carichi.

Tabella 28. Confronto tra gli AE calcolati a valle della vasca Imhoff e gli abitanti residenti e fluttuanti.

Caso di studio	AE a valle della vasca Imhoff ( $AE_{pre}$ )	Periodo di misura	AE residenti ( $AE_r$ )	AE fluttuanti ( $AE_f$ )	AE residenti + fluttuanti ( $AE_{r+f}$ )	Rapporto $AE_{pre}/AE_r$	Rapporto $AE_{pre}/AE_{r+f}$
Capriana	264	Maggio	530	450	980	0,50	0,27
Carbonare	51	Agosto	72	50	122	0,71	0,42
Grauno	145	Luglio	145	120	265	1,00	0,55
Grumes Nord	87	Luglio	80	90	170	1,09	0,51
Grumes Sud	409	Agosto	363	184	547	1,13	0,75
Valda	183	Ago-Sett.	224	130	354	0,82	0,52
Faver	-	-	16	-	-	-	-

#### 4. PROPOSTA DI UN IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE NEL COMUNE DI GRAUNO: ALTERNATIVE DI PROGETTO E COSTI

##### 4.1 Introduzione

In questo paragrafo viene affrontato il dimensionamento di un impianto di fitodepurazione per trattare le acque reflue del comune di Grauno.

La realizzazione di un impianto di fitodepurazione in questo comune pone alcune criticità e complessità poiché non sono disponibili aree di facile intervento, o comunque tali aree sono preferibilmente da destinare ad altri usi, come l'uso ricreativo o residenziale.

In questo territorio, quindi, l'orografia complica la realizzazione di sistemi di fitodepurazione a causa delle elevate pendenze del territorio e delle elevate superfici richieste per tali sistemi. Queste motivazioni fanno aumentare notevolmente i costi di realizzazione a causa della

necessità di realizzare muri di sostegno e movimentare elevate quantità di terreno in scavi e riporti.

Per questo, nella proposta di un impianto di fitodepurazione da realizzarsi nel comune di Grauno, si è scelto di valutare varie alternative, caratterizzate da diversi costi di investimento. Per tutte le alternative, gli impianti presentano una configurazione ibrida VSSF+HSSF e sono stati dimensionati utilizzando i carichi inquinanti misurati sperimentalmente nel § 3.3.

Le alternative proposte sono 3, come descritto di seguito e riassunto in Tabella 29:

- 1) Alternativa 1 – 2 linee – L'impianto è dimensionato con criteri convenzionali e quindi con parametri abbastanza cautelativi e impiegati a livello internazionale. In questo caso le aree complessive delle vasche sono le seguenti: VSSF = 563 m<sup>2</sup>; HSSF = 732 m<sup>2</sup>. Le vasche VSSF e HSSF hanno altezza del materiale di riempimento di 80 cm.
- 2) Alternativa 2 – 1 linea – Questa alternativa si distingue dall'alternativa 1 poiché si realizza 1 sola linea di trattamento anziché 2, al fine di contenere i costi di realizzazione dell'impianto. Le dimensioni dell'impianto sono valutate con criteri sperimentali e innovativi e quindi in modo non altrettanto cautelativo rispetto alla Alternativa 1, che prevede 2 linee. In questo caso le aree delle vasche sono le seguenti: VSSF = 281 m<sup>2</sup>; HSSF = 366 m<sup>2</sup>. Le vasche VSSF e HSSF hanno altezza del materiale di riempimento di 80 cm. Le vasche VSSF sono dotate di dispositivi di ricircolo dell'effluente mediante piccole pompe di ricircolo. Sul fondo del sistema VSSF sono inoltre posizionate delle tubazioni forate predisposte per un'eventuale aerazione, utile nel caso di intasamenti (non sono previsti i compressori, che andranno portati in loco per brevi periodi, se necessario);
- 3) Alternativa 3 – 1 linea – Questa alternativa si distingue dall'alternativa 2 poiché viene ridotta l'altezza dei letti, al fine di contenere i costi di scavo, riporto e i volumi di materiale di riempimento trasportato da cava. Le dimensioni dell'impianto sono valutate con criteri sperimentali e innovativi e quindi in modo non altrettanto cautelativo rispetto alla Alternativa 1 che prevede 2 linee. In questo caso le aree delle vasche sono le seguenti: VSSF = 281 m<sup>2</sup>; HSSF = 366 m<sup>2</sup>. Le vasche VSSF e HSSF hanno altezza del materiale di riempimento di 60 cm. La diminuzione dell'altezza dei letti da 80 cm a 60 cm porta ad una riduzione dei volumi di scavo e riporti e ad una riduzione dei volumi di materiale di cava da acquistare, trasportare e mettere in opera. Dall'esperienza di Ranzo è stato valutato che l'altezza del letto di riempimento di 60 cm o di 80 cm non porta ad un significativo cambiamento delle performances dell'impianto; tuttavia un'altezza di 60 cm non è la prassi negli usuali dimensionamenti dei sistemi di fitodepurazione.

Tabella 29. Comparazione tra le 3 alternative di progetto dell'impianto di fitodepurazione.

Alternativa	Configurazione e impianto	Numero linee trattamento	Criteri di dimensionamento	Superficie vasche		Altezza vasche
				VSSF	HSSF	
Alternativa 1	Ibrida: VSSF+HSSF	2 linee uguali in parallelo	Convenzionali	563 m <sup>2</sup>	762 m <sup>2</sup>	0.8 m
Alternativa 2	Ibrida: VSSF+HSSF	1 sola linea	Sperimentali, innovativi	281 m <sup>2</sup>	381 m <sup>2</sup>	0.8 m
Alternativa 3	Ibrida: VSSF+HSSF	1 sola linea	Sperimentali, innovativi	281 m <sup>2</sup>	381 m <sup>2</sup>	0.6 m

Come si può evincere dalle descrizioni delle 3 alternative sopra riportate, l'Alternativa 1 è la più sicura essendo basata su calcoli di dimensionamento convenzionali e ampiamente



riconosciuti. Le Alternative 2 e 3 sono qui riportate per ridurre le volumetrie e i costi di realizzazione dell'impianto e l'occupazione d'area (una maggiore occupazione d'area fa aumentare i costi per muri di sostegno viste le elevate pendenze dei terreni). L'area utilizzata in queste due alternative viene calcolata con i carichi medi e per potenziare la capacità di trattamento (per far fronte a picchi di carico) i letti VSSF vengono dotati di un sistema di ricircolo e di un sistema di aerazione, eventualmente utilizzabile in casi di intasamento. Nelle Alternative 2 e 3 vengono quindi implementati approcci innovativi, che se applicati, rendono l'impianto di fitodepurazione di Grauno un impianto SPERIMENTALE. Infatti va precisato che i criteri innovativi a cui si fa riferimento per le Alternative 2 e 3 derivano da 4 anni di esperienza di UNITN presso l'impianto di Ranzo e sono stati pubblicati su importanti riviste internazionali, ma restano tuttavia ancora a livello "sperimentale" non essendo mai stati implementati finora in un impianto a scala reale.

Quindi, nel caso di adozione delle Alternative 2 e 3, l'impianto avrà necessariamente carattere SPERIMENTALE e, pur confidando nel suo buon funzionamento, non si è in grado di garantire con assoluta certezza performance elevate di depurazione per periodi prolungati, poiché nello scale-up di un'esperienza pilota (dal pilota di Ranzo all'impianto reale di Grauno) possono intervenire aspetti non del tutto prevedibili. Per esempio, la scelta di un impianto dimensionato in modo meno cautelativo potrebbe portare a rendimenti un po' più bassi nel periodo invernale, soprattutto per l'azoto ammoniacale, in quanto il processo di nitrificazione è fortemente limitato dalla temperatura. In tal caso un rendimento di nitrificazione dell'80% nel periodo estivo potrebbe arrivare al 20-30% in inverno. Nella logica di adottare un impianto "sperimentale" dimensionato in modo meno cautelativo, al fine di ridurre aree occupate e costi di investimento, andrebbero osservate le performances medie dell'impianto su base annuale e non a livello istantaneo in ogni singolo giorno dell'anno.

Inoltre in un impianto "sperimentale" si potrebbe anche ridurre l'affidabilità dell'impianto a lungo termine, visto che si tratta di configurazioni recenti non ampiamente testate sul lungo periodo.

Di seguito si riportano le proposte progettuali che contengono la realizzazione di nuovi pretrattamenti in altro sito (§ 4.2) e la proposta di un impianto di fitodepurazione a valle dei pretrattamenti (§ 4.3).

## **4.2 Realizzazione di nuovi pretrattamenti**

In base allo stato dei pretrattamenti e trattamento primario oggi esistenti (grigliatura e vasca Imhoff, descritti nel § 2.3), è necessario provvedere al loro rifacimento dato il loro stato di obsolescenza. Inoltre è auspicabile lo spostamento di tali trattamenti dalla posizione attuale, che si trova in prossimità di una zona ricreativa, verso una zona più adatta e più lontana dal paese.

Si propone di adottare una grigliatura fine, tipo filtrococlea o simile, installata in un piccolo edificio chiuso in modo da evitare problemi di ghiaccio e limitare la diffusione degli odori. A valle della grigliatura viene realizzata una vasca Imhoff di volume pari a circa 60 m<sup>3</sup> (eventualmente composta da due vasche da 30 m<sup>3</sup> ciascuna).

L'effluente della vasca Imhoff viene avviato verso i letti VSSF di fitodepurazione. A causa del funzionamento intermittente dei letti VSSF è prevista una vasca di accumulo a monte dello stadio VSSF equipaggiata con dispositivi a sifone autoadescante.

### 4.3 Impianto di fitodepurazione: dimensionamento dell'Alternativa 1

Per il dimensionamento delle vasche di fitodepurazione, secondo la configurazione dell'Alternativa 1, si utilizzano 2 approcci di calcolo:

- 1) Metodo 1 – metodo approssimativo basato sui coefficienti di scala;
- 2) Metodo 2 – metodo basato su parametri cinetici, detto modello k-C\*.

#### **Metodo 1 - Coefficienti di scala**

I coefficienti di scala sono espressi in m<sup>2</sup>/AE e quindi per determinare l'area necessaria per le vasche VSSF o HSSF, il coefficiente va moltiplicato per la popolazione servita. I coefficienti di scala sono diversi a seconda delle linee guida o dei testi che li riportano. Le linee guida ISPRA (2012) per una configurazione ibrida VSSF+HSSF indicano una superficie specifica di 5 m<sup>2</sup>/AE.

Trattandosi di un approccio empirico si ritiene opportuno impiegare gli AE teoricamente presenti nel comune nel periodo estivo, con maggiore affluenza turistica. Applicando tale coefficiente di scala alla popolazione residente + fluttuante (265 AE, come dichiarato dai comuni), si ottiene una superficie complessiva per le vasche di fitodepurazione di 1325 m<sup>2</sup>. Tale superficie può essere ripartita nei due stadi VSSF e HSSF secondo il rapporto: 40% VSSF, 60% HSSF, ottenendo 530 m<sup>2</sup> per il sistema VSSF e 795 m<sup>2</sup> per il sistema HSSF.

#### **Metodo 2 - Modello cinetico k-C\***

Per il dimensionamento dell'impianto di fitodepurazione con questo metodo si utilizzano i carichi medi giornalieri indicati in Tabella 17, che fanno riferimento all'effluente dalla vasca Imhoff. Questo metodo si basa su una cinetica di primo ordine per descrivere la rimozione degli inquinanti in un impianto di fitodepurazione. La superficie (A espressa in m<sup>2</sup>) delle vasche di fitodepurazione di tipo VSSF o HSSF, necessaria per passare dalla concentrazione in ingresso C<sub>i</sub> alla concentrazione in uscita C<sub>e</sub>, si calcola con la seguente formula:

$$A = \left( -\frac{Q}{k_T} \right) \ln \left( \frac{C_e - C^*}{C_i - C^*} \right)$$

in cui:

k<sub>T</sub> (m/anno): costante cinetica per la temperatura (T) del refluo di progetto, calcolabile da k<sub>20</sub> (alla temperatura di 20°C), secondo la legge di Arrhenius:  $k_T = k_{20} \theta^{(T-20)}$ ;

Q (m<sup>3</sup>/anno): portata annuale di refluo da trattare;

C<sub>e</sub> (mg/L): concentrazione del parametro in uscita (considerata come media annua);

C<sub>i</sub> (mg/L): concentrazione del parametro in ingresso;

C\*(mg/L): concentrazione di background del parametro.

I parametri fondamentali per il dimensionamento sono quindi: k<sub>20</sub>, C\* e θ, oltre alla portata, la concentrazione in ingresso e la concentrazione obiettivo in uscita. La scelta di k<sub>20</sub> viene effettuata con un approccio probabilistico desunto dalla letteratura internazionale con indicazione del relativo percentile (Tabella 30). Il percentile deve essere letto nel seguente modo: per esempio, il valore di percentile 0.1 significa che il 90% degli impianti ha k<sub>20</sub> più alta e il 10% degli impianti ha k<sub>20</sub> più bassa. Scegliendo un percentile di 0.5 invece di 0.1 significa adottare un valore di k<sub>20</sub> più alto, che potrà essere inferiore nel 50% dei casi reali. La scelta del percentile dipende quindi da quanto cautelativamente si vuole dimensionare l'impianto. Poiché la logica adottata in questo progetto di ricerca è limitare il più possibile eccessivi sovradimensionamenti, si sceglie un percentile di 0.1 per la rimozione di BOD<sub>5</sub> nel sistema VSSF (condizione molto cautelativa) in quanto è importante che tale parametro venga rimosso

sempre con buona sicurezza, mentre si sceglie un percentile di 0.5 per la rimozione di  $\text{NH}_4\text{-N}$  (si tratta di condizioni mediamente cautelative) e analogamente un percentile di 0.5 per la rimozione di  $\text{BOD}_5$  nel sistema HSSF (condizioni mediamente cautelative, in quanto le concentrazioni di  $\text{BOD}_5$  effluenti dal sistema VSSF sono già abbastanza basse e quindi il sistema HSSF ha un ruolo di affinamento).

Per quanto riguarda l'influenza della temperatura sulla rimozione del  $\text{BOD}_5$ , ormai molte esperienze su casi reali concordano sul fatto che la temperatura non influenzi molto la cinetica. La bassa influenza della temperatura sulla rimozione di COD,  $\text{BOD}_5$ , SST è stata confermata anche nell'esperienza di Ranzo. L'influenza della temperatura è invece più rilevante sulla cinetica di nitrificazione.

La sintesi dei valori assunti per i vari parametri nel modello k-C\* e le aree ottenute per i sistemi VSSF e HSSF sono riportati in Tabella 30.

Tabella 30. Sintesi dei parametri impiegati per il dimensionamento delle vasche VSSF e HSSF secondo il modello cinetico k-C\*.

	VSSF rimozione $\text{BOD}_5$	VSSF rimozione $\text{NH}_4\text{-N}$	HSSF rimozione $\text{BOD}_5$
<i>Dati tipici del metodo</i>			
percentile	0.1	0.5	0.5
$k_{20} = k_T$	62 m/anno	33 m/anno	37 m/anno
C*	2 mg $\text{BOD}_5/\text{L}$	0 mg $\text{NH}_4\text{-N}/\text{L}$	5 mg $\text{BOD}_5/\text{L}$
<i>Dati di calcolo</i>			
Q	48 m <sup>3</sup> /d	48 m <sup>3</sup> /d	48 m <sup>3</sup> /d
C <sub>i</sub>	162 mg $\text{BOD}_5/\text{L}$	26 mg $\text{NH}_4\text{-N}/\text{L}$	Effluente VSSF
C <sub>e</sub>	30 mg $\text{BOD}_5/\text{L}$	9 mg $\text{NH}_4\text{-N}/\text{L}$	10 mg $\text{BOD}_5/\text{L}$
Superficie vasca	$A_{\text{BOD}} = 492 \text{ m}^2$	$A_{\text{NH}_4} = 563 \text{ m}^2$	$A_{\text{BOD}} = 762 \text{ m}^2$
Superficie vasca di fitodepuraz. (max tra $A_{\text{BOD}}$ , $A_{\text{NH}_4}$ )	563 m <sup>2</sup>		762 m <sup>2</sup>

Per il sistema VSSF si adotta la superficie maggiore tra i due valori basati su  $\text{BOD}_5$  e  $\text{NH}_4$ , ottenendo una superficie di 563 m<sup>2</sup>. La superficie del sistema HSSF risulta invece di 762 m<sup>2</sup>.

Per la scelta definitiva delle superfici delle vasche dell'impianto di fitodepurazione, secondo l'Alternativa 1, si è preso come riferimento il metodo 2 (modello k-C\*): la vasca VSSF ha superficie di 563 m<sup>2</sup> e la vasca HSSF ha superficie di 762 m<sup>2</sup>. L'impianto viene suddiviso in due linee di uguale superficie, ciascuna con i seguenti comparti: VSSF = 281 m<sup>2</sup> e HSSF = 366 m<sup>2</sup>.

Va considerato che le concentrazioni effluenti scelte nel dimensionamento non possono essere garantite sempre e continuativamente allo scarico dall'impianto, in quanto le concentrazioni effluenti da sistemi di fitodepurazione presentano sempre fluttuazioni nell'arco dell'anno in funzione dei carichi, della stagionalità, della situazione della vegetazione, delle temperature, ecc...

Nella configurazione VSSF+HSSF, proposta in questo report, la variabilità delle concentrazioni effluenti dal 1° stadio VSSF viene fortemente ridotta nel 2° stadio HSSF che ha un ruolo di completamento del trattamento e di affinamento finale.

#### 4.4 Impianto di fitodepurazione: dimensionamento dell'Alternativa 2 e 3

Per il dimensionamento delle vasche di fitodepurazione, secondo quanto considerato nell'Alternativa 2 e 3, si utilizzano i dati ottenuti dalla sperimentazione di Ranzo condotta a scala pilota. Si precisa il fatto che tali dati di funzionamento, essendo stati ottenuti nel corso di una sperimentazione a scala pilota finalizzata all'incremento dei carichi trattati mediante "intensificazione" del processo che implementa ricircolo ed eventuale aerazione, non sono mai stati confermati in impianti a scala reale.

Secondo i risultati di tale sperimentazione le superfici richieste per il sistema VSSF e per il sistema HSSF sono le seguenti: VSSF = 281 m<sup>2</sup> e HSSF = 366 m<sup>2</sup>.

In base a questi valori delle superfici richieste, l'impianto di depurazione può essere realizzato con una sola linea di dimensioni analoghe a ciascuna linea prevista nell'Alternativa 1.

#### 4.5 Impianto di fitodepurazione: caratteristiche costruttive

L'impianto di fitodepurazione ibrido VSSF + HSSF è realizzato con 2 linee uguali e simmetriche nel caso dell'Alternativa 1, e con una sola linea nel caso delle Alternative 2 e 3. Si riportano di seguito le caratteristiche costruttive delle linee VSSF+HSSF.

##### Disposizione dell'impianto

Poiché il sistema è costruito su pendio, le vasche sono realizzate con l'asse longitudinale lungo la curva di livello, secondo una configurazione a terrazzamenti, scavando il terreno a monte e riportandolo a valle. Per questo motivo i costi di movimentazione terra contribuiscono in modo significativo sul costo totale dell'opera. Nella progettazione del livello di fondo delle vasche si è comunque cercato di bilanciare scavi e riporti, al fine di evitare l'acquisto e il trasporto di terreno da altre zone. In particolare, è previsto che alla fine dell'opera rimanga una significativa quantità di terreno vegetale prodotto dagli scavi, che potrà essere reimpiegato dal comune per altre opere sul territorio.

##### Numero di linee in parallelo

Secondo l'Alternativa 1 si realizzano 2 linee in parallelo, in modo da aumentare l'affidabilità del sistema, e poter deviare il flusso temporaneamente su una linea se un'altra fosse in manutenzione. Si è deciso comunque di non realizzare un numero di linee superiore, perché ciò avrebbe comportato costi aggiuntivi per la realizzazione di un maggior numero di muri di sostegno per separare le singole linee.

E' presente un ripartitore per dividere la portata in due flussi di uguale entità verso le due linee. Su ogni derivazione sono presenti saracinesche di esclusione per interrompere il flusso in caso di manutenzione.

##### Numero di stadi in serie

Si realizza una configurazione ibrida di tipo VSSF+HSSF, con i due stadi in serie.

##### Terreno di sottofondo

Il terreno di sottofondo è il terreno sotto le vasche e sotto l'impermeabilizzazione. E' previsto un terreno di fondo uniforme e regolare per proteggere l'integrità dell'impermeabilizzazione di fondo che vi verrà deposta sopra.



### Impermeabilizzazione di fondo

E' prevista una impermeabilizzazione di fondo realizzata in PVC, accoppiato ed incollato da 1,2 mm. Per evitare la rottura della membrana durante il deposito del materiale ghiaioso sopra la stessa è previsto la posa di un ulteriore strato realizzato con una membrana bugnata estrusa PE/AD.

### Argini (muri di sostegno)

Gli argini delimitano le vasche di contenimento del materiale di riempimento e dell'acqua e sono realizzati tutti in cls, rivestito con sassi a vista, in modo da inserirsi bene nel paesaggio. Nel caso dell'Alternativa 1 e 2 i letti hanno altezza 0.8 m. In questo caso il muro di contenimento dei letti HSSF ha altezza poco superiore a 0.8 m, mentre i muri dei letti VSSF devono contenere anche 10 cm in più per il materiale ghiaioso da disporre in superficie in cui si alloggiano le tubazioni forate di alimentazione al fine di ridurre problemi di gelo.

Nel caso dell'Alternativa 3 i letti hanno altezza 0.6 m. In questo caso il muro di contenimento dei letti HSSF ha altezza poco superiore a 0.6 m, mentre i muri dei letti VSSF devono contenere anche 10 cm in più per il materiale ghiaioso da disporre in superficie per il medesimo motivo di cui sopra.

### Pendenza del fondo

Le vasche hanno pendenza del fondo dell'1% che risulta sufficiente per svuotare le vasche nel caso fossero necessari interventi di manutenzione.

### Dispositivi di ingresso nei sistemi VSSF

L'alimentazione dei letti VSSF avviene ad intermittenza, con un carico ogni 4-8 ore circa. Si effettua il carico mediante sifone autoadescante (si può evitare il pompaggio per contenere i consumi energetici). L'alimentazione del refluo nei sistemi VSSF avviene sopra la superficie del letto mediante una rete di tubazioni in PVC forate. E' previsto un by-pass verso il successivo letto HSSF attraverso un collegamento idraulico di troppo pieno.

Per far fronte ad eventuali problemi di ghiaccio i sistemi di distribuzione dell'acqua sono realizzati come sistema di infiltrazione annegati in uno strato di ghiaia di circa 10 cm disposto sopra lo strato di sabbia principale.

### Dispositivi di uscita nei sistemi VSSF

Lo scarico delle acque trattate dai sistemi VSSF avviene per gravità. I tubi di drenaggio sono posizionati sul fondo delle vasche con distanza di circa 5 m. La pendenza del fondo è dell'1% nella direzione del punto di scarico. I tubi di drenaggio collocati sul fondo si estendono anche attraverso il letto fino in superficie (lungo i muri di sostegno) e consentono l'entrata di aria (Figura 38).

### Zona di ingresso nei sistemi HSSF

L'acqua viene ripartita lungo tutta la larghezza del letto mediante installazione sub-superficiale di collettori forati. Il rapporto lunghezza/larghezza è pari a 0.2 e risulta adeguato per una corretta distribuzione del flusso e per evitare la formazione di percorsi preferenziali.

La zona di ingresso ha larghezza di 5 m ed è riempita con materiale di granulometria 40-80 mm.

### Zona di uscita nei sistemi HSSF

La tubazione di drenaggio sub-superficiale, dotata di fori, viene posta direttamente sul fondo del letto. Questa tubazione è poi collegata ad un dispositivo regolabile alloggiato in pozzetto per la regolazione del livello nel letto. Per raccogliere il refluo in maniera uniforme sono realizzati 3 pozzetti con interasse di 5 m.

La zona di uscita ha larghezza di 1 m ed è riempita con materiale di granulometria 40-80 mm.



Figura 38. Immagine della realizzazione di un sistema VSSF con particolare dei tubi di drenaggio impiegati anche per l'aerazione.

#### Materiale di riempimento

Il materiale di riempimento del letto VSSF è sabbia e ghiaia lavata con granulometria 1-6 mm e conducibilità idraulica di  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  m/s.

Il materiale di riempimento dei letti HSSF è ghiaia lavata con conducibilità idraulica superiore a  $10^{-3}$  m/s.

#### Scelta delle piante

La specie vegetale scelta è la *Phragmites australis* (cannuccia di palude) che nelle zone del Trentino è molto robusta e generalmente quando piantumata vegeta rapidamente e con buona produttività. Le piante devono essere piantate a distanza pari a 0.3-1.0 m. La densità è di 4 piante/m<sup>2</sup>.

### **4.6 Computo metrico estimativo dei pretrattamenti e dell'impianto di fitodepurazione**

Le voci che contribuiscono ai costi di investimento sono così riassumibili.

#### **1. Scavi e rinterrati:**

- a. Realizzazione di opere di scavo/drenaggio ed impermeabilizzazione a tergo dei muri di sostegno;
- b. Realizzazione di tutte le opere necessarie per la realizzazione delle vasche;

#### **2. Opere strutturali**

- a. Realizzazione delle strutture in C.A. per la realizzazione delle vasche;

#### **3. Impermeabilizzazioni**

- a. Opere di impermeabilizzazione delle vasche;

#### **4. Letti fitodepurazione**

- a. Realizzazione sottofondo vasche;

**5. Rete idraulica**

- a. Realizzazione collegamento a collettore principale;
- b. Posa tubazioni di scarico per acqua trattata;
- c. Tubazioni di distribuzione liquami;
- d. Realizzazione dell'impianto di pretrattamento liquami;

**6. Opere accessorie**

- a. Realizzazione strade per manutenzione vasche;
- b. Realizzazione prefabbricato.

Nella tabella seguente è riportata una stima dei costi per le varie Alternative descritte nel § 4.3 e § 4.4. Tali valori sono alla base per poter realizzare il quadro economico (di massima) di spesa, documento grazie al quale l'amministrazione pubblica può in modo previsionale impegnare o mettere a bilancio l'opera.

Categoria	Stima costi [Euro]		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Scavi	18162	8612	8612
Opere strutturali	227436	114507	110992
Impermeabilizzazioni	30178	15242	14436
Letti fitodepurazione	28565	14337	14177
Rete idraulica	105000	98500	98500
Opere accessorie	20000	20000	20000
<b>Totale</b>	<b>429340</b>	<b>271198</b>	<b>266718</b>

**5. Proposta di impianti di fitodepurazione a valle delle vasche Imhoff di Grumes, Capriana e Valda: possibili configurazioni**

Le configurazioni di impianti di fitodepurazione proposte per tutti i casi di studio sono di tipo ibrido VSSF+HSSF.

Le dimensioni degli impianti di fitodepurazione che vengono dati in questo paragrafo fanno riferimento all'applicazione del modello k-C\* per la configurazione convenzionale (analogamente all'Alternativa 1 proposta per Grauno nel § 4.3).

Per il dimensionamento sono stati utilizzati i dati di portata e di concentrazione derivanti dai monitoraggi effettuati nel periodo primavera-estate 2013 e riportati nel § 3. Negli impianti VSSF+HSSF è stato dimostrato che se l'impianto viene dimensionato con le portate ed i carichi medi annuali, il sistema riesce a garantire una buona qualità dell'effluente anche durante due mesi estivi di alto carico in presenza dell'afflusso turistico. Inoltre, nel periodo estivo le temperature sono più favorevoli verso la nitrificazione. Con questa considerazione si può dimensionare l'impianto sui carichi medi annui, anziché dimensionare sui carichi massimi estivi, evitando un certo grado di sovradimensionamento per gran parte dell'anno.

In Tabella 31 sono riportate le superfici richieste per le vasche di fitodepurazione utilizzando la configurazione convenzionale (analogamente all'Alternativa 1 proposta per Grauno nel § 4.3). Si può già osservare che in alcuni casi (tranne Grumes Sud) le superfici della configurazione convenzionale risultano più basse di quelle calcolate nel Report Intermedio 1/2

utilizzando gli abitanti residenti + fluttuanti e la superficie specifica per abitante equivalente. Questo dimostra come una caratterizzazione quali-quantitativa dettagliata, come quella descritta in questo report, possa portare già a contenere il sovradimensionamento. Infatti, nel caso di piccole comunità, case sparse o piccoli insediamenti turistici le abitudini e gli usi dell'acqua possono essere molto particolari. Può succedere in alcuni casi che il pendolarismo di parte della popolazione residente causi carichi idraulici ed inquinanti minori dei valori tipici attesi.

Tabella 31. Sintesi delle superficie richiesta per le vasche di fitodepurazione secondo varie configurazioni.

	Superfici richieste per le vasche di fitodepurazione (m <sup>2</sup> )				
	Indicazione approssimata contenuta nel Report 1/2 <sup>#</sup>	Configurazione convenzionale*		Configurazione innovativa**	
		VSSF + HSSF	VSSF	HSSF	VSSF
Capriana	5.900	1154	1508	-	-
Carbonare	750	263	397	-	-
Grauno	1.600	563	762	281	366
Grumes Nord	1.100	302	436	-	-
Grumes Sud	3.300	1800	2600	900	1300
Valda	2.200	811	841		

<sup>#</sup> rappresenta l'area calcolata sulla base degli abitanti residenti + fluttuanti e della superficie specifica per abitante equivalente (riportata nel Report Intermedio 1/2).

\* configurazione convenzionale analogamente all'Alternativa 1 proposta per Grauno (vedi § 4.3).

\*\* configurazione innovativa analogamente alle Alternative 2 e 3 proposte per Grauno (vedi § 4.4).

Non in tutti i casi è stato possibile proporre la configurazione innovativa, che porta ad una riduzione significativa delle aree, a causa di varie motivazioni o limitazioni.

Nel caso di Capriana la superficie risultante per la configurazione convenzionale (1154 + 1508 m<sup>2</sup>) è molto più bassa di quella determinata nel Report 1/2 sulla base della superficie specifica per abitante equivalente e sugli abitanti residenti + fluttuanti potenzialmente presenti nel comune (5.900 m<sup>2</sup>). Questa grande differenza deriva dal fatto che nel monitoraggio dell'estate 2013 è stato riscontrato a valle della vasca Imhoff una carico inferiore a quello atteso, pari 264 AE. Vista l'elevata contrazione delle superfici in seguito a questo risultato, non si ritiene opportuno mantenere una configurazione convenzionale. Eventualmente, si segnala l'opportunità di ripetere misure di portata e concentrazione per questo caso di studio, per un periodo più lungo di quello considerato in questo studio (4-6 mesi continuativi inclusi periodi estivi) al fine di avere conferma dei carichi reali effluenti dalla vasca Imhoff.

Nel caso di Carbonare non si ritiene di proporre una configurazione innovativa, in quanto l'impianto occupa una superficie di modesta estensione e gli oneri (anche gestionali) per un impianto innovativo con ricircolo ed aerazione sarebbero eccessivi.

Nel caso dell'impianto di Grumes Nord non si ritiene di proporre una configurazione innovativa per 2 motivi: (1) la superficie risultante per la configurazione convenzionale (302 + 436 m<sup>2</sup>) è decisamente più bassa di quella determinata nel Report 1/2 (1.100 m<sup>2</sup>); (2) le concentrazioni di COD e NH<sub>4</sub>-N sono particolarmente elevate. In alcuni casi, probabilmente anche a causa del pendolarismo, le concentrazioni di inquinanti, soprattutto azoto, possono risultare decisamente più alte di quelle tipiche. Per questi motivi è opportuno mantenere una configurazione più affidabile come quella convenzionale.

Nel caso dell'impianto di Valda non si ritiene di proporre una configurazione innovativa perché la superficie risultante per la configurazione convenzionale (811 + 841 m<sup>2</sup>) è già più bassa di quella determinata nel Report 1/2 (2.200 m<sup>2</sup>).

Nel caso dell'impianto di Grumes Sud, ci sarebbe l'opportunità di applicare la configurazione innovativa, al fine di contenere le aree, dotando l'impianto di ricircolo ed eventuale aerazione. Tuttavia in questo impianto si segnalano delle forti escursioni nei valori di portata, probabilmente a causa di acque di pioggia.

Le aree calcolate per le vasche di fitodepurazione (Tabella 31) devono essere poi incrementate di un fattore pari mediamente a 1.5 per ottenere l'occupazione d'area totale dell'impianto comprensiva degli spazi necessari per le pertinenze ed accessi (manufatti aggiuntivi per le operazioni di costruzione e manutenzione dell'intero impianto), come riportato in Tabella 32. L'influenza delle aree di pertinenza è stata considerata maggiore nel caso di Carbonare (fattore di 1.7) a causa delle piccole superfici in gioco.

Tabella 32. Sintesi delle superfici richieste per le vasche di fitodepurazione e per l'intero impianto.

	Superfici richieste per le vasche di fitodepurazione (m <sup>2</sup> )	Superfici richieste per l'intero impianto, comprese pertinenze (m <sup>2</sup> )
Capriana	2662	<b>4.000</b>
Carbonare	660	<b>1.100</b>
Grauno	1325	<b>2.000</b>
Grumes Nord	738	<b>1.100</b>
Grumes Sud	4400	<b>6.600</b>
Valda	1652	<b>2.500</b>

Le performance attese per l'impianto di fitodepurazione secondo la configurazione convenzionale e la configurazione innovativa sono riassunte nella seguente Tabella 33.

Tabella 33. Sintesi delle prestazioni ottenibili con varie configurazioni di fitodepurazione.

Configurazione	Rendimenti	Affidabilità
VSSF con configurazione convenzionale	$\eta_{\text{COD}} = 82\%$ $\eta_{\text{TKN}} = 74\%$ $\eta_{\text{N totale}} = 29\%$ $\eta_{\text{P}} = 34\%$	Molti casi a scala reale
HSSF convenzionale con ruolo di affinamento dell'effluente dal sistema VSSF	$\eta_{\text{COD}} = 59\%$ $\eta_{\text{TKN}} = 55\%$ $\eta_{\text{N totale}} = 53\%$ $\eta_{\text{P}} = 48\%$	Molti casi a scala reale
VSSF + HSSF con configurazione innovativa (+ricircolo/aerazione)	$\eta_{\text{COD}} = 83-86\%$ $\eta_{\text{TKN}} = 65-75\%$ $\eta_{\text{N totale}} = 41-49\%$ $\eta_{\text{P}} = 21-24\%$	2 anni di sperimentazione e nessun caso noto a scala reale



## **6. BIBLIOGRAFIA**

- Foladori P., Ruaben J., Ortigara C.A.R., Andreottola G. (2012) Comparison of innovative constructed wetland configurations aimed to area reduction. Sustainable Technology for Environmental Protection: International Symposium of Sanitary and Environmental Engineering, Milano. Atti di: SIDISA 2012, Milano, 26-29 giugno 2012.
- Foladori P., Ortigara A.R.C., Ruaben J., Andreottola G. (2012) Influence of high organic loads during the summer period on the performance of Hybrid Constructed Wetlands (VSSF+HSSF) treating domestic wastewater in the Alps region. Water Science and Technology, 65 (5): 890-897.
- Foladori P., Ortigara A.R.C., Ruaben J., Andreottola G. (2011) Influence of high organic loads during the summer period on the performance of Hybrid Constructed Wetlands (VSSF+HSSF) treating domestic wastewater in the Alps region. Proceedings of the 10th Specialised Conference on Small Water and Wastewater Treatment Systems, Venice, Italy: Magistrato alle Acque di Venezia, 2011, p. 276-283.
- Foladori P., Ruaben J., Ortigara C.A.R. (2013) Recirculation or artificial aeration in vertical flow constructed wetlands: A comparative study for treating high load wastewater. Bioresource Technology, 149: 398-405.
- Masotti L., Verlicchi P. (2005) Depurazione delle acque di piccole comunità. Tecniche naturali e tecniche impiantistiche. Hoepli, Milano.
- Masotti L. (2011) Depurazione delle acque. Calderini, Milano.
- Ortigara C.A.R., Foladori P., Ruaben J., Andreottola G. (2012) Constructed wetlands for mountain regions: investigation of the effect of discontinuous loads and low temperatures. Sustainable Technology for Environmental Protection: International Symposium of Sanitary and Environmental Engineering, Milano. Atti di: SIDISA 2012, Milano, 26-29 giugno 2012.



## **7. ALLEGATI**

TAV. 01 – PLANIMETRIA E SEZIONI

TAV. 02 – SCHEMA FUNZIONAMENTO