



Ampliamento dell'impianto di Borghetto S. Spirito

***Fattibilità tecnica ed economica***

Dott. Alessandro Girelli

Genova, luglio 2013

## **Premessa**

La D.G.R. n. 31/2013 *“Linee programmatiche regionali per il sistema depurativo nel ponente savonese. Ipotesi di soluzioni progettuali”*, ha approvato la soluzione che prevede il conferimento dei reflui provenienti dal bacino comprendente i Comuni di Andora, Testico e Stellanello nel depuratore di Imperia e la verifica di fattibilità del potenziamento del depuratore di Borghetto S. Spirito al fine di consentire il trattamento dei reflui provenienti dalla piana di Albenga, da Alassio e da Laigueglia.

Per l'ATO Savonese la deliberazione di cui sopra comporta l'adeguamento del Piano d'Ambito che dovrà:

- stralciare gli interventi previsti nei comuni di Andora, Testico e Stellanello;
- rivedere gli interventi su impianti e collettamento in funzione del collegamento al depuratore di Borghetto S. Spirito di tutto il territorio ubicato a levante del comune di Laigueglia, non ancora allacciato.

Lo scopo del presente studio è quello di valutare la fattibilità tecnica di quanto previsto nella deliberazione di cui sopra, con particolare riferimento alla parte relativa all'impianto di depurazione di Borghetto S. Spirito.

Per tale impianto è già stato approvato un progetto di ampliamento che prevede la realizzazione di ulteriori 4 linee sulla sezione di trattamento acque e 2 linee sulla sezione di trattamento fanghi (di fatto il raddoppio della potenzialità attuale), finalizzato all'allaccio dei comuni del ramo di Levante (Giustenice, Magliolo, Borgio Verezzi e 2/3 di Pietra Ligure).

## ***Valutazioni potenzialità impianto (attuale e futura)***

Alla luce di quanto riportato in premessa, il nuovo assetto depurativo previsto per il comparto di Ponente prevede la concentrazione dei trattamenti di depurazione delle acque reflue civili presso l'impianto di Borghetto S. Spirito.

A tale impianto dovrebbero pertanto essere convogliate le acque provenienti dal territorio compreso tra il Comune di Borgio Verezzi ed il Comune di Laigueglia (con l'esclusione quindi, rispetto alle ipotesi precedenti, dei comuni di Andora, Testico e Stellanello).

Prima di procedere ad una valutazione della potenzialità teorica dell'impianto nel suo assetto a regime è necessario prendere in esame, in maniera puntuale, il dato relativo alla popolazione servita in termini di abitanti equivalenti (residenti e fluttuanti) anche tenendo in considerazione eventuali incrementi futuri. Tale dato, sebbene la sua stima sia complessa (soprattutto nel caso dei comuni liguri costieri, caratterizzati da fluttuazioni stagionali estremamente elevate) risulta essenziale per poter effettuare una valutazione corretta.

Si fa presente che tale valutazione è stata condotta sulla situazione in essere (impianto realizzato ad oggi) in quanto è necessaria una calibrazione tra i dati sugli abitanti equivalenti e le portate effettivamente misurate in entrata all'impianto.

I dati disponibili utilizzati per effettuare tale stima sono stati i seguenti:

- abitanti residenti a fine 2012 (fonte: ISTAT dicembre 2012);
- abitanti fluttuanti al 2000 (fonte: Provincia di Savona, Piano d'Ambito Vigente); questi dati erano stati calcolati (e calibrati) a partire dai dati disponibili sulla produzione dei rifiuti in ciascun comune considerato e pertanto sembrano maggiormente affidabili rispetto a quelli indicati in altri studi.

Nella Tabella 1 sono riportati i dati in forma numerica. A titolo di confronto sono riportati anche i dati ISTAT del 2001 (riportati nel Piano d'Ambito) da cui si evince che nell'ultimo decennio vi è stato un aumento complessivo della popolazione di circa 7,6%

Tabella 1

Comuni	RESIDENTI Piano d'Ambito (ISTAT 2001)	RESIDENTI ISTAT 2012	FLUTTUANTI Piano d'Ambito (Prov. 2000)
Balestrino	535	607	492
Boissano	2.061	2.424	455
Borghetto Santo Spirito	5.075	5.130	32.653
Loano	10.567	11.521	33.304
Toirano	2.089	2.650	1.763
Tovo San Giacomo	2.165	2.483	734
Pietra Ligure (1/3)	2.864	2.961	11.830
Borgio Verezzi	2.095	2.320	5.726
Pietra Ligure (2/3)	5.727	5.921	23.660
Giustenice	895	943	197
Magliolo	709	922	667
Ceriale	5.277	5.807	24.130
Alassio	10.449	11.004	27.369
Albenga	22.690	23.568	7.003
Amasco	563	624	189
Casanova Lerrone	766	739	422
Castelbianco	287	322	83
Castelvecchio di Rocca Barbena	194	169	92
Cisano sul Neva	1.568	1.968	568
Erli	244	260	128
Garlenda	957	1.213	1.520
Laigueglia	2.173	1.789	13.074
Nasino	224	216	113
Onzo	223	235	99
Ortovero	1.090	1.585	126
Vendone	431	397	159
Villanova d'Albenga	1.991	2.540	988
Zuccarello	289	319	92
<b>Totale</b>	<b>84.198</b>	<b>90.637</b>	<b>187.636</b>
	Aumento (2001-2012) -> 7,6%		

Sulla base dei dati riportati sopra sono stati stimati gli abitanti serviti totali in condizioni normali (solo residenti) ed in condizioni di massima affluenza, durante le punte estive di luglio ed agosto (residenti + fluttuanti).

La verifica dell'affidabilità dei dati assunti è stata effettuata incrociando parte dei dati riportati in Tabella 1 con le portate attualmente affluenti all'impianto di Borghetto Santo Spirito (forniti dalla società Servizi Ambientali – gestore dell'impianto).

I dati di portata disponibili sono suddivisi sui due rami di levante e di ponente, come di seguito meglio specificato:

- Ramo di Levante: comprendente i comuni di Balestrino, Boissano, Borghetto Santo Spirito, Loano, Toirano, Tovo San Giacomo e circa 1/3 di Pietra Ligure (ad oggi sono ancora esclusi 2/3 di Pietra Ligure, Giustenice, Magliolo, e Borgio Verezzi, indicati con sfondo bianco in Tabella 1).

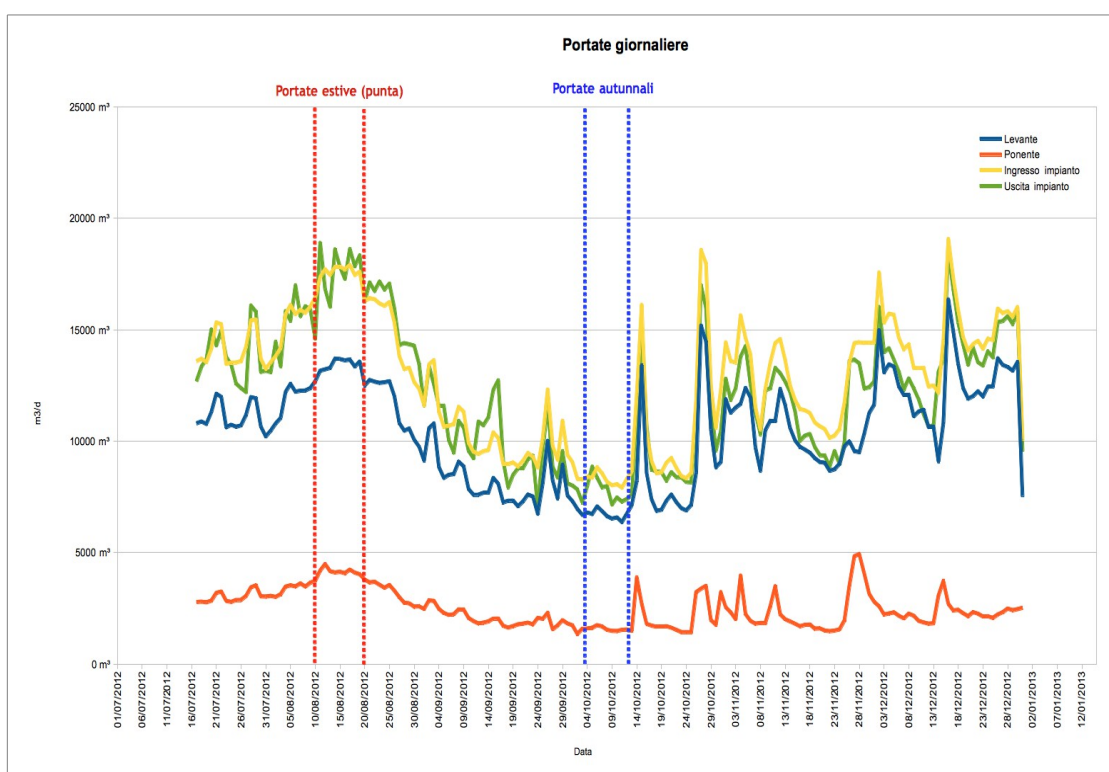
- Ramo di Ponente: comprendente ad oggi il solo comune di Ceriale.

L'intervallo di tempo preso in considerazione è successivo all'allaccio del comune di Ceriale.

Dall'analisi dei dati disponibili è stato possibile individuare due momenti specifici rappresentativi rispettivamente del carico medio (stagione autunnale/invernale) e del carico di punta (stagione estiva)

Il grafico con l'andamento delle portate giornaliere sui due rami fognari e in ingresso all'impianto è riportato in Figura 1 insieme all'indicazione dei due intervalli scelti per la verifica.

Figura 1



Mettendo in relazione il numero degli abitanti corrispondenti a ciascun periodo considerato e le portate affluenti all'impianto nello stesso periodo è possibile calcolare le dotazioni idriche (l/ab.giorno) per ciascun abitante equivalente, che risultano le seguenti (le tabelle con il dettaglio dei calcoli sono riportate in Allegato 1):

- ***periodo autunnale – carico medio (dal 03/10/2012 al 12/10/2012)***

Abitanti serviti:	33.600 A.E:
Portata affluente all'impianto:	8.300 m <sup>3</sup> /giorno
Dotazione idrica calcolata:	247 l/ab.giorno

- ***periodo di punta estiva (dal 10/08/2012 al 20/08/2012)***

Abitanti serviti:	140.000 A.E:
Portata affluente all'impianto:	17.500 m <sup>3</sup> /giorno
Dotazione idrica calcolata:	125 l/ab.giorno

I valori ottenuti sono compatibili con i dati normalmente attesi ed utilizzati per il dimensionamento degli impianti a livello progettuale.

Durante il periodo estivo, a fronte di un sensibile aumento della popolazione (dovuta agli abitanti fluttuanti), si osserva una flessione dei consumi pro capite, presumibilmente dovuta al fatto che la giornata tipica si svolge prevalentemente all'aperto (in genere sulle spiagge) e l'uso domestico di acqua diminuisce.

Per valutare l'entità dell'ampliamento che sarebbe necessario attuare sull'impianto e sulle reti fognarie sono stati pertanto utilizzati gli abitanti equivalenti complessivi riportati in Tabella 1 opportunamente incrementati di un fattore pari al 15% per stimare l'aumento della popolazione durante la vita dell'impianto.

I dati di riferimento utilizzati per le valutazioni che seguono sono riportati in Tabella 2:

Tabella 2

Comuni	RESIDENTI	FLUTTUANTI
	Attuale +15%	Attuale +15%
Balestrino	698	566
Boissano	2.788	523
Borghetto Santo Spirito	5.900	37.551
Giustenice	1.084	227
Loano	13.249	38.300
Magliolo	1.060	767
Toirano	3.048	2.027
Tovo San Giacomo	2.855	844
Borgio Verezzi	2.668	6.585
Pietra Ligure	10.214	40.814
Ceriale	6.678	27.750
Alassio	12.655	31.474
Albenga	27.103	8.053
Arnasco	718	217
Casanova Lerrone	850	485
Castelbianco	370	95
Castelvecchio di Rocca Barbena	194	106
Cisano sul Neva	2.263	653
Erli	299	147
Garlenda	1.395	1.748
Laiqueglia	2.057	15.035
Nasino	248	130
Onzo	270	114
Ortovero	1.823	145
Vendone	457	183
Villanova d'Albenga	2.921	1.136
Zuccarello	367	106
Totale	104.233	215.781

Sulla base delle dotazioni idriche calcolate sopra si assumono, per lo scenario futuro, i seguenti dati:

- periodo invernale-autunnale-primaverile: solo abitanti residenti (~ 105.000 A.E.) con dotazione idrica pari a 300<sup>1</sup> l/ab.giorno;
- periodo di punta estiva (luglio e agosto): abitanti residenti + fluttuanti (~ 320.000 A.E.) con dotazione idrica pari a 200<sup>1</sup> l/ab.giorno.

<sup>1</sup> Tale dato non tiene conto del coefficiente di afflusso in fognatura (0,8) che verrà applicato per il calcolo delle portate all'impianto.

I carichi idraulici medi giornalieri affluenti all'impianto, nella sua configurazione futura, (assumendo un coefficiente di afflusso in fognatura pari all'80%) risultano quindi i seguenti:

- periodo invernale-autunnale-primaverile: 25.200 m<sup>3</sup>/giorno
- periodo di punta estiva (luglio e agosto): 51.200 m<sup>3</sup>/giorno

Come si può osservare, nonostante la minore dotazione idrica assunta, il carico idraulico maggiore si ha durante la stagione estiva.

Le tabelle con il dettaglio dei calcoli sono riportate in Allegato 1.

Per quanto riguarda le caratteristiche qualitative del refluo in entrata all'impianto, le concentrazioni medie (dati disponibili riferiti all'anno 2012) sono indicate nella tabella seguente:

Tabella 3

<b>Parametro</b>	<b>Concentrazione (mg/l)</b>
COD	280
BOD <sub>5</sub>	97
SST	89
TKN (valori disponibili occasionalmente)	1-2

Come si può osservare dai valori riportati in tabella le analisi chimiche disponibili indicano che:

- i carichi inquinanti affluenti all'impianto sono nettamente (anormalmente) inferiori ai valori tipici di liquami provenienti da scarichi civili, soprattutto per quanto riguarda il parametro TKN;
- si può considerare trascurabile il contributo dovuto a carichi provenienti da insediamenti industriali.



## ***Consistenza attuale dell'impianto***

L'impianto di depurazione di Borghetto S.Spirito si trova in prossimità (e all'interno) della ex Cava Cappellotti, in fregio alla Strada Provinciale n.1 ed è stato realizzato su due livelli altimetrici diversi:

- il primo, situato ad un'altezza di circa 28 m slm, in località Pattarello, nel quale viene effettuato il pretrattamento dei liquami;
- il secondo, situato ad un'altezza di circa 60 m slm, nella ex cava Cappellotti, nel quale avviene il trattamento biologico ed il trattamento dei fanghi.

Il comparto di pretrattamento è costituito dalle seguenti sezioni.

- **sghiaatura:** costituita da due canali, intercettabili mediante paratoie. Su ciascuno dei 2 canali è ricavata una tramoggia che ha il compito di trattenere la ghiaia (o comunque il materiale più pesante) eventualmente presente. La ghiaia accumulata viene evacuata tramite elevatori a palette e scaricata nel cassone di stoccaggio/trasporto tramite nastro trasportatore.
- **grigliatura fine:** Su ciascun canale è alloggiata una griglia del tipo a pettine, con spaziatura 3 mm. Il livello differenziale monte/valle delle griglie è rilevato da trasmettitori che inviano il segnale al quadro di controllo. Su tale segnale sono presenti due interruttori di alto/basso livello che attivano il funzionamento delle macchine. In concomitanza con il funzionamento delle griglie, e per un periodo aggiuntivo fissato da temporizzatore, funzionano anche le coclee di trasporto del grigliato e i compattatori, la cui mandata scarica in appositi cassonetti.
- **dissabbiatura:** Le acque effluenti dalle griglie a gradini vengono avviate ai due dissabbiatori, a pianta circolare, dotati di agitatori che hanno il compito di mantenere un flusso liquido rotazionale. La sabbia che si deposita sul fondo delle vasche viene estratta per mezzo di air-lift, che sono alimentati con aria da soffianti. Queste ultime entrano in funzionamento su comando di cicli temporizzati. La miscela acqua-sabbia estratta dagli air-lift viene alimentata ai separatori, che funzionano in concomitanza con questi ultimi e per un periodo aggiuntivo prefissabile. La sabbia separata viene scaricata dalla coclea in apposito cassone di stoccaggio/trasporto. I canali di uscita dei dissabbiatori sono intercettabili mediante paratoie.
- **rilancio all'impianto di trattamento biologico:** Le acque pretrattate vengono convogliate alla stazione di pompaggio, costituita da 3 pompe di portata massima 900 m<sup>3</sup>/h, ed

incrementabile fino ad un massimo di 5 pompe complessive. La stazione é dotata di trasmettitori di livello. La mandata delle pompe (DN 700 in ghisa) convoglia i liquami pretrattati ai comparti secondari situati nella ex cava Cappellotti ad una quota di circa 60 m s.l.m., dove vengono sottoposti al trattamento biologico.

Per quanto riguarda il **trattamento secondario**, l'impianto ha subito nel tempo sostanziali modifiche di processo che lo hanno gradualmente trasformato da un impianto di tipo tradizionale (denitrificazione + ossidazione/nitrificazione + sedimentazione secondaria) ad un impianto biologico a membrana (denitrificazione + ossidazione/nitrificazione + filtrazione a membrana).

Le nuove tecnologie adottate hanno permesso di aumentare notevolmente l'efficienza depurativa, diminuendo nel contempo gli spazi occupati (con la tecnologia di filtrazione a membrana non é più necessario il comparto di sedimentazione secondaria).

L'aumento dell'efficienza depurativa é legata in primo luogo alla possibilità di aumentare notevolmente la concentrazione di fango in vasca (da 4,5 kg/m<sup>3</sup> ad oltre 10 kg/m<sup>3</sup>), aspetto che ha notevoli risvolti sulle prestazioni dell'impianto per i seguenti motivi:

- permette una riduzione più rapida del BOD5 in entrata e di conseguenza le portate di reflu possono essere superiori (a parità di volume di vasca installato);
- permette di aumentare l'età del fango favorendo lo sviluppo di microrganismi a basso tasso di crescita (tra cui i batteri nitrificanti) e diminuendo nel contempo il quantitativo di fango di supero prodotto.

Il trattamento attuale viene realizzato su 4 linee in parallelo (con la possibilità di interconnessione mediante apertura di paratoie) nelle quali viene attuato un processo tradizionale a fanghi attivi articolato in pre-denitrificazione (volume complessivo 1.400 m<sup>3</sup>) seguita da ossidazione-nitrificazione (volume complessivo 4.200 m<sup>3</sup>).

Le vasche di denitrificazione sono separate da quelle adiacenti di ossidazione mediante un setto in calcestruzzo armato che lascia un franco di 50 cm rispetto all'altezza del liquido in vasca.

Nelle vasche di ossidazione la concentrazione di ossigeno disciolto viene misurata per mezzo di sensori che inviano il segnale al sistema di controllo, in grado di intervenire automaticamente in funzione della concentrazione misurata. L'ossigeno necessario viene fornito da due soffianti a lobi mentre il ricircolo della miscela aerata viene assicurato da due pompe ad elica.

La concentrazione di ossigeno disciolto viene mantenuta intorno a 1,5-2 mg/l. Sono in corso sperimentazioni mirate a verificare la possibilità di abbassare tale concentrazione fino a valori intorno ad 1 mg/l (a parità di efficienza depurativa), aspetto che permetterebbe notevoli risparmi in termini energetici.

Dopo il trattamento di ossidazione/nitrificazione i liquami vengono convogliati alle vasche con le membrane sommerse dotate ciascuna di n. 1 treno da 6 unità di ultrafiltrazione, per un totale installato di 24 cassette complessive.

Le portate medie attraverso ciascuna linea (6 cassette) si attestano su un valore di circa 315 m<sup>3</sup>/h con punte fino a oltre 400 m<sup>3</sup>/h. Attualmente la 4<sup>a</sup> linea è ancora attrezzata con le membrane installate inizialmente (vecchi modelli) e quindi ha una potenzialità inferiore (280-350 m<sup>3</sup>/h).

Nelle vasche di ultrafiltrazione (di volume unitario di circa 100 m<sup>3</sup>) la concentrazione di fango in vasca viene mantenuta su valori di circa 10 kg/m<sup>3</sup> ed il fango di supero viene regolarmente allontanato dal fondo delle vasche stesse.

E' in corso di studio una soluzione per rimuovere parte dei fanghi di supero dalla superficie (i fanghi "filamentosi", di qualità inferiore, tendono a galleggiare) in modo da mantenere in vasca soltanto i fanghi con qualità migliore.

I fanghi di supero rimossi dalle vasche vengono inviati alla **linea fanghi** costituita da un comparto di ispessimento a cui segue una fase intermedia detta di "digestione anaerobica" anche se si ritiene impropria tale definizione essendo la stessa una sorta di ispessimento secondario con un tempo di residenza di 1 ora circa. Da questa fase intermedia i fanghi vengono poi inviati alle centrifughe che disidratano il fango fino ad un grado di secco di circa 25-30%.

Il fango disidratato è di buona qualità essendo praticamente privo di "contributi" dovuti a carichi industriali e viene pertanto conferito ad un centro di compostaggio.

Con la configurazione attuale l'impianto è in grado di trattare agevolmente portate di punta estiva fino a 20.000 m<sup>3</sup> corrispondenti a circa 90.000-125.000 A.E., come attestato dalle analisi dei reflui in uscita che mostrano la conformità per tutti i parametri di riferimento.

## ***Scenario futuro e dimensionamento di massima***

Attualmente sull'impianto di Borghetto S.Spirito sono in corso interventi di potenziamento in vista dell'allaccio dei Comuni di Pietra Ligure (la parte non ancora allacciata), Borgio Verezzi, Giustenice e Magliolo che raddoppiano di fatto la potenzialità attuale.

Per garantire, a regime, un trattamento adeguato dei reflui provenienti dal territorio compreso tra Borgio Verezzi e Laigueglia, l'impianto di Borghetto necessiterà tuttavia di un ulteriore potenziamento della capacità depurativa, sia sulla linea acque che sulla linea fanghi, che lo renda in grado di trattare i liquami prodotti da circa 105.000 A.E. (potenzialità media annua) con punte estive fino a 320.000 A.E..

Con i dati a disposizione sull'impianto esistente (dimensionamento e prestazioni attualmente raggiunte) è possibile stabilire l'entità del possibile ampliamento futuro (compresi gli interventi – raddoppio della potenzialità - ad oggi già approvati), in modo da verificare la disponibilità di spazi all'interno dell'ex cava Cappellotti.

Partendo dai dati esistenti (calibrati sulle portate effettivamente affluenti all'impianto) ed estrapolandoli sullo scenario futuro, aumentando cautelativamente le dotazioni idriche per abitante equivalente, sono stati ottenuti i dati seguenti (cfr. paragrafo “*Stima della potenzialità del comparto a regime*”):

- periodo invernale-autunnale-primaverile: solo abitanti residenti (~ 105.000 A.E.), portata pari a ~ **25.000 m<sup>3</sup>/giorno** (dotazione idrica pari a 300 l/ab.giorno e coefficiente di afflusso in fognatura pari all'80%);
- periodo di punta estiva (luglio e agosto): abitanti residenti + fluttuanti ( ~ 320.000 A.E.), portata pari a **51.000 m<sup>3</sup>/giorno** (dotazione idrica pari a 200 l/ab.giorno e coefficiente di afflusso in fognatura pari all'80%).

Facendo una proporzione lineare sulle portate misurate (scenario attuale) e stimate (scenario futuro) nel periodo di punta estiva si ottiene un rapporto compreso tra 2,5 e 3 (almeno per il comparto biologico). Un rapporto leggermente inferiore (almeno pari a 2) dovrà essere adottato per le sezioni relative ai pretrattamenti ed al trattamento dei fanghi.

Per quanto riguarda il comparto biologico, considerando che l'impianto, nella sua configurazione attuale, ha raggiunto senza problemi punte di quasi 20.000 m<sup>3</sup>/giorno, pur essendo una delle 4 linee dotata di membrane meno performanti rispetto a quelle installate sulle altre tre linee (che verrebbero installate anche nella parte di nuova realizzazione) si ritiene che un rapporto di 2,5 tra la potenzialità dell'impianto futuro e quello attuale sia del tutto accettabile.

Tale soluzione comporterebbe, per il comparto biologico, i seguenti volumi di trattamento:

- volume complessivo di predenitrificazione: 3.500 m<sup>3</sup>;
- volume complessivo di ossidazione-nitrificazione (compresa vasca MBR): 10.500 m<sup>3</sup>;

Per la verifica dell'adeguatezza delle dimensioni ipotizzate è possibile applicare le equazioni di dimensionamento classiche per sistemi denitro-nitrificazione. Attraverso tale metodologia, partendo dalla cinetica delle reazioni di denitrificazione e nitrificazione, si calcola dapprima la biomassa necessaria in vasca per garantire l'abbattimento del BOD e dell'azoto e quindi si valuta il volume necessario delle vasche sulla base della concentrazione di fango assunta in vasca.

Sulla base delle considerazioni effettuate nei paragrafi precedenti, la modellazione matematica è stata eseguita per due scenari distinti:

- **Scenario medio (invernale):** Abitanti Equivalenti serviti circa 105.000 A.E. - dotazione idrica di 300 l/ab-giorno - temperatura di esercizio pari a 12 °C (più cautelativa in quanto implica cinetiche di reazione inferiori)
- **Scenario di punta (estivo):** Abitanti Equivalenti serviti circa 320.000 A.E. - dotazione idrica di 200 l/ab-giorno - temperatura di esercizio pari a 20 °C.

In entrambi i casi è stato assunto un coefficiente di afflusso in fognatura pari a 0,8.

Le concentrazioni di BOD5 e azoto (TKN) in ingresso sono state assunte cautelativamente pari ai valori normalmente indicati nella letteratura scientifica:

- BOD5: 250 mg/l (corrispondenti al valore indicato dalla normativa di 60 g/ab-giorno);
- TKN: 50 mg/l.

Assumendo abbattimenti percentuali tipici dei pretrattamenti/trattamenti primari e valori delle cinetiche di reazione in linea con quanto indicato in letteratura scientifica, dai calcoli si ottengono i seguenti volumi per il comparto biologico (il dettaglio dei calcoli effettuati è riportato in Allegato 2):

**Scenario medio (invernale):**

- vasca di denitrificazione: ~ 2.340 m<sup>3</sup>, contro un volume complessivo disponibile di 3.500 m<sup>3</sup>;
- vasca di ossidazione-nitrificazione: ~ 3.420 m<sup>3</sup>, contro un volume disponibile di 10.500 m<sup>3</sup>;

**Scenario di punta (estivo):**

- vasca di denitrificazione: ~ 3.480 m<sup>3</sup>;

- vasca di ossidazione-nitrificazione:  $\sim 4.430 \text{ m}^3$ .

Come si può osservare i volumi sopra ipotizzati sono largamente sufficienti a garantire un adeguato trattamento biologico dei liquami anche in occasione delle punte di carico legate alla stagione estiva (agosto). Anche considerando la massima portata stimata all'impianto durante la stagione estiva il tempo di residenza dei liquami nel comparto biologico non scenderebbe mai sotto le 6 ore, valore più che sufficiente a garantire una buona efficienza di rimozione del carico organico. Si segnala peraltro che l'esperienza condotta calibrando il modello matematico su impianti esistenti ha dimostrato che le efficienze misurate nella realtà sono nettamente superiori a quelle calcolate matematicamente (i valori assunti per le cinetiche delle reazioni biologiche sono cautelativi rispetto a quelli reali).

Non va però dimenticato che durante il giorno le portate affluenti agli impianti subiscono notevoli oscillazioni in funzione delle punte (specialmente in corrispondenza dell'ora di pranzo e dell'ora di cena) e quindi dovranno essere previste, sia presso l'impianto di depurazione, sia dislocate sul territorio, adeguate vasche di laminazione che consentano di regolarizzare il più possibile le punte orarie affluenti al comparto di trattamento biologico.

In definitiva si ritiene che l'impianto, nella sua configurazione futura, dovrà essere ampliato come descritto di seguito:

- ***raddoppio della potenzialità sul comparto pretrattamenti (e volumi di laminazione dislocati sul territorio)***: considerando che la disponibilità degli spazi presso l'attuale sezione (in località Pattarello) non è sufficiente ad ospitare le nuove linee, si dovrà prevedere che parte dei pretrattamenti (almeno la grigliatura grossolana) siano realizzati presso la/le vasca/vasche di laminazione di nuova realizzazione ubicate sul territorio in corrispondenza delle principali stazioni di rilancio.

In alternativa, considerando il fatto che, in uscita alle vasche di laminazione previste presso l'impianto (di cui al prossimo punto), verrebbero realizzati i trattamenti di rotostaccatura e le stesse vasche potrebbero essere allestite con un trattamento di disoleatura, si ritiene che la stazione di Pattarello potrebbe essere adeguata installando, immediatamente a monte della attuale stazione di rilancio, una sezione di grigliatura grossolana eventualmente seguita da una pre-dissabbiatura, entrambe opportunamente dimensionate per far fronte ai nuovi carichi idraulici.

- ***realizzazione di una o più vasche di laminazione (presso il sito dell'impianto)*** aventi un volume adeguato in grado di garantire una regolarizzazione delle portate al comparto biologico. Considerando le punte estive, ed assumendo che una parte delle portate affluenti

all'impianto dovrà essere laminata sul territorio, si ritiene opportuno prevedere una capacità di accumulo pari almeno a 4 ore di portata media, corrispondenti ad un volume di almeno 8.000 m<sup>3</sup>. A tale riguardo si ritiene che le due vasche di cemento armato (destinate in passato allo stoccaggio di rifiuti tossico-nocivi) ubicate nella zona nord dell'area dell'impianto siano più che sufficienti a garantire una adeguata laminazione delle portate. Ciascuna delle due vasche dovrà essere predisposta in modo da alimentare (previo trattamento di rotostacciatura) alternativamente tutte le linee del comparto biologico, garantendo così una adeguata flessibilità dell'impianto e rendendo possibili in maniera agevole tutte le necessarie operazioni di manutenzione straordinaria.

Come già accennato al punto precedente, una parte del volume di laminazione potrà essere destinata ad un trattamento di disoleatura;

- **ampliamento del comparto biologico** mediante la realizzazione di almeno 6 nuove linee (oltre alle 4 già esistenti). Tale comparto sarà pertanto costituito da un nuovo modulo di dimensioni pari ad 1,5 volte quello già esistente. I volumi totali per ciascuna tipologia di trattamento saranno pertanto i seguenti:
  - volume complessivo di predenitrificazione: 3.500 m<sup>3</sup>;
  - volume complessivo di ossidazione-nitrificazione: 10.500 m<sup>3</sup>;
- **raddoppio della sezione fanghi**, le cui nuove linee potrebbero essere realizzate in adiacenza al trattamento esistente, ovvero nel sedime dove attualmente sono presenti i sedimentatori secondari (non più necessari).

Considerando gli interventi di incremento delle potenzialità già approvati ad oggi, l'adeguamento dell'impianto consisterà essenzialmente nella realizzazione di ulteriori n.2 linee sulla sezione di trattamento acque (oltre alle 4 già esistenti ed alle 4 previste dal progetto già approvato) e nell'adeguamento della seconda vasca di laminazione esistente, che dovrà essere allestita con i trattamenti di rotostacciatura in uscita alla vasca stessa. Sarà inoltre necessario potenziare il trattamento di grigliatura grossolana ed eventualmente di dissabbiatura, che potranno essere installati in corrispondenza dell'attuale stazione di rilancio presente in loc. Pattarello.

Non va infine dimenticato che dovranno essere realizzati adeguati volumi di laminazione dislocati sul territorio al fine di gestire le punte giornaliere del carico idraulico affluente all'impianto dal nuovo ramo di ponente.

## ***Stima delle superfici necessarie***

Le superfici necessarie all'interno della cava per l'ampliamento dell'impianto (vasche di equalizzazione, nuove linee comparto secondario e nuove linee trattamento fanghi) risultano le seguenti:

Sezione	Superficie richiesta per l'ampliamento*
Comparto biologico (6 linee)	~ 3.000 m <sup>2</sup>
Comparto trattamento fanghi (2 linee)	~ 1.600 m <sup>2</sup>
Vasche di equalizzazione	~ 1.600-2.000 m <sup>2</sup>

\* Si intende soltanto la superficie occupata dal nuovo manufatto.

Gli interventi riportati sopra richiedono ovviamente una disponibilità di spazi che ad oggi non è presente, a meno di non rinunciare parzialmente ai volumi di laminazione indicati sopra e/o di non provvedere ad una riprofilatura di alcuni versanti della cava.

Infatti i nuovi moduli previsti per l'ampliamento dell'impianto potrebbero essere ubicati essenzialmente in due zone:

1. sul lato nord della cava, provvedendo alla demolizione di una o di entrambe le vasche esistenti (che quindi dovrebbero essere rilocalizzate in altra zona) e prevedendo una eventuale riprofilatura del versante ovest della cava;
2. sul lato sud della cava, nell'area attualmente occupata dai sedimentatori secondari (non più necessari) e dal rilevato adiacente (che quindi dovrebbe essere riprofilato per ottenere lo spazio necessario).

La prima opzione comporterebbe la demolizione di almeno una vasca (quella ubicata più a ovest) e l'asportazione del materiale sciolto (terre e rocce) abbancato al piede del versante ovest della cava. Potrebbero essere altresì necessari interventi di riprofilatura del versante ovest per garantire adeguate condizioni di sicurezza. In tal caso il nuovo comparto di trattamento fanghi potrebbe essere realizzato sul sedime attualmente occupato dai sedimentatori secondari.

Qualora si decidesse di demolire entrambe le vasche, il nuovo comparto biologico potrebbe essere realizzato nel sedime delle vasche stesse mentre una nuova vasca di equalizzazione potrebbe trovare spazio sul rilevato posto a sud dell'impianto, oltre all'attuale sezione di sedimentazione secondaria (ovviamente in tal caso incrementerebbero, seppure in misura non significativa, gli oneri legati al pompaggio dei liquami ad una quota superiore).



La seconda opzione segnalata sopra avrebbe il vantaggio di permettere lo sfruttamento dei volumi disponibili delle due vasche di cemento armato esistenti (e attualmente inutilizzate). Inoltre, provvedendo allo sbancamento del materiale dall'area sud della cava si potrebbe ottenere uno spazio molto esteso che potrebbe in futuro essere destinato ad ulteriori ampliamenti (qualora necessari). In questo caso il nuovo comparto di trattamento biologico (6 linee) potrebbe essere realizzato a sud del modulo esistente, previa demolizione dei sedimentatori secondari (non più necessari).

Una rappresentazione indicativa di questa seconda opzione è riportata nella planimetria in Allegato 3.

Le dimensioni delle aree ottenibili a seguito della rimozione di materiali esistenti e dell'eventuale riprofilatura della cava sia sul lato ovest che sul lato sud sono stimabili in almeno 10.000 m<sup>2</sup> (non considerando gli spazi resi disponibili dalla demolizione dei sedimentatori secondari).

Si evince quindi che le aree presenti all'interno della cava, eventualmente a fronte degli interventi di riprofilatura evidenziati sopra, siano più che sufficienti ad ospitare gli interventi di ampliamento necessari all'impianto per poter ricevere i reflui provenienti dal ramo di ponente (territorio albenganese, Alassio e Laigueglia).

Premesso quanto sopra si ritiene che l'ipotesi di accentrare presso l'impianto di Borghetto S. Spirito la depurazione di tutti i reflui provenienti dal ponente savonese Da Pietra Ligure a Laigueglia sia tecnicamente praticabile.

## ***Stima di massima dei tempi e costi di investimento***

Per effettuare la valutazione indicativa del costo delle opere si è fatto riferimento ad alcune voci riportate nella relazione descrittiva redatta, su incarico della Servizi Ambientali S.p.A., dalla società Etatec S.r.l. (a firma dell'Ing. Rossetti) nel dicembre 2009, opportunamente adeguate al presente studio.

Nello Studio Etatec erano stimati costi per demolizioni e sistemazioni / riprofilature dei versanti e delle aree pari a circa 1.000.000 €. Nel presente studio gli interventi ipotizzati si discostano significativamente dalla soluzione al tempo prospettata in quanto vanno ad interessare essenzialmente la zona sud della cava. In particolare si ritiene che i costi relativi a questa tipologia di opere possano essere in buona parte recuperati a fronte della vendita del materiale estratto. In questo senso, nel computo finale viene mantenuta una cifra indicativa pari a quella a suo tempo stimata.

Considerando inoltre che ad oggi non sono state ancora realizzate le opere di ampliamento già approvate e che, nell'economia complessiva dell'intervento, alcune parti (es. opere edili) relative al nuovo scenario potrebbero esser realizzate contemporaneamente a quelle già contemplate nel progetto approvato, verrà fornita una stima complessiva del costo di tutti gli interventi da realizzare a partire dalla situazione attuale (impianto costruito).

Ciò premesso, ricapitolando quanto riportato nei precedenti paragrafi, gli interventi di ampliamento necessari per rendere l'impianto in grado di accettare i reflui provenienti dal comparto albenganese sono essenzialmente suddivisibili in 4 parti:

- raddoppio potenzialità della sezione di pretrattamenti considerando che una parte dei pretrattamenti (rotostacciatura e disoleatura) sarebbe realizzata presso le vasche di laminazione previste all'impianto (Cava Cappellotti) si ritiene che il potenziamento possa consistere nella realizzazione di una adeguata sezione di grigliatura grossolana, eventualmente seguita da una pre-dissabbiatura, che potrebbe essere ubicata presso l'attuale stazione di rilancio presente in loc. Pattarello (previe modifiche sulle linee esistenti). In alternativa potranno essere installate griglie opportune presso la/le vasca/vasche di laminazione di nuova realizzazione ubicate sul territorio in corrispondenza delle principali stazioni di rilancio.
- realizzazione dei volumi di laminazione necessari, sia dislocati sul territorio, sia presso il sito dell'impianto: in merito a quest'ultimo, potranno essere utilizzate le vasche in cemento armato presenti nell'area nord del sedime dell'impianto, attualmente inutilizzate. In alternativa, qualora si decidesse di realizzare il nuovo comparto biologico nella zona

attualmente occupata dalle vasche suddette, dovrà essere realizzato un adeguato volume di laminazione (su una o più vasche) in corrispondenza del rilevato esistente a sud dell'impianto (che potrà essere sbancato o meno a seconda delle esigenze).

- ampliamento del comparto biologico mediante la realizzazione di 6 nuove linee analoghe alle 4 esistenti;
- raddoppio del comparto fanghi, mediante la realizzazione di 2 nuove linee analoghe alle 2 esistenti;

Dal momento che la realizzazione delle vasche di laminazione presenta due alternative (utilizzo dei volumi esistenti o realizzazione di nuove vasche, previa demolizione di quelle attualmente presenti) verranno analizzati i due possibili scenari.

Una stima di massima dei costi suddivisi nelle 4 sezioni di cui ai punti precedenti (per i due scenari) è sintetizzata nella tabella seguente:

Tabella 4

Descrizione	Scenario Vasche laminazione esistenti			Scenario nuove Vasche laminazione		
	Opere civili	Opere elettromeccaniche	Totale	Opere civili	Opere elettromeccaniche	Totale
<b>Lavori propedeutici</b>						
Demolizioni e sistemazione/ riprofilatura aree e versanti	€ 1.000.000		€ 1.000.000	€ 1.000.000		€ 1.000.000
<b>Sezione pretrattamenti</b>						
Impianti trattamenti preliminari	€ 1.500.000	€ 1.200.000	€ 2.700.000	€ 1.500.000	€ 1.200.000	€ 2.700.000
<b>Vasche di laminazione</b>						
Vasche dislocate sul territorio	€ 2.400.000	€ 300.000	€ 2.700.000	€ 2.400.000	€ 300.000	€ 2.700.000
Demolizione vasche esistenti	-	-	-	€ 1.000.000	-	€ 1.000.000
Vasche di laminazione presso impianto / adeguamento esistenti	-	€ 150.000	€ 150.000	€ 1.200.000	€ 150.000	€ 1.350.000
Grigliatura fine / Rotostacciatura	€ 100.000	€ 350.000	€ 450.000	€ 100.000	€ 350.000	€ 450.000
<b>Trattamento secondario</b>						
Nuovo comparto biologico	€ 1.800.000	€ 1.000.000	€ 2.800.000	€ 1.800.000	€ 1.000.000	€ 2.800.000
Ultrafiltrazione a membrane a fibra cava		€ 2.700.000	€ 2.700.000		€ 2.700.000	€ 2.700.000
<b>Trattamento fanghi</b>						
Nuovo comparto trattamento fanghi	€ 800.000	€ 1.000.000	€ 1.800.000	€ 800.000	€ 1.000.000	€ 1.800.000
<b>Opere accessorie / Varie</b>						
Biofiltrazione / deodorizzazione		€ 250.000	€ 250.000		€ 250.000	€ 250.000
Impianto elettrico		€ 1.200.000	€ 1.200.000		€ 1.200.000	€ 1.200.000
Strumentazione ed automazione		€ 200.000	€ 200.000		€ 200.000	€ 200.000
Collegamenti idraulici	€ 200.000	€ 200.000	€ 200.000	€ 200.000	€ 200.000	€ 200.000
Sistemazioni esterne	€ 300.000		€ 300.000	€ 300.000		€ 300.000
Impianto di recupero energetico	€ 50.000	€ 200.000	€ 250.000	€ 50.000	€ 200.000	€ 250.000
<b>TOTALE</b>	<b>€ 7.150.000</b>	<b>€ 8.550.000</b>	<b>€ 16.700.000</b>	<b>€ 9.350.000</b>	<b>€ 8.550.000</b>	<b>€ 18.900.000</b>

Come si può osservare la differenza tra i due scenari non è trascurabile (~ 15%). Sulla base di quanto sopra e delle considerazioni riportate in precedenza si ritiene che il primo scenario

(riutilizzo delle vasche esistenti) sia la più vantaggiosa, sia dal punto di vista tecnico che economico.

E' evidente che il costo effettivo degli interventi richiesti per il nuovo scenario futuro sono calcolabili per differenza con il costo della parte dell'ampliamento ad oggi già approvata.

I **tempi di realizzazione** degli interventi di ampliamento e adeguamento dell'impianto si stima possano essere compresi tra 18 e 24 mesi (non comprendendo i tempi per l'eventuale riprofilatura dei versanti e/o rimozione delle terre e rocce).

## ***Stima di massima dei costi di gestione***

La valutazione del costo di gestione di un impianto di depurazione viene effettuata normalmente sommando cinque diversi contributi:

- **Energia elettrica** necessaria per alimentare tutte le apparecchiature elettromeccaniche. Considerando che nel caso in esame il pompaggio dei reflui dalla sezione dei pretrattamenti (ubicata in località Pattarello) all'impianto di depurazione biologico richiede un sollevamento di oltre 30 m, il consumo è superiore al normale.
- **Reagenti chimici e materiali di consumo:** in questa voce rientrano essenzialmente i prodotti chimici utilizzati nel processo, i lubrificanti e gli altri materiali di consumo. Il contributo di questa voce sui costi di gestione dipende ovviamente dal tipo di trattamento adottato ma generalmente si può assumere un costo riferito al m<sup>3</sup> pari a circa 0,03 €/m<sup>3</sup>.
- **Smaltimento fanghi:** a seconda del tipo di processo adottato, la produzione di fango umido prodotta per Abitante Equivalente è compresa tra 50 g s.s./ab.giorno (impianti con comparto di digestione) e 80 g s.s./ab.giorno (impianti senza comparto di digestione). Considerando che la linea fanghi disponibile presso l'impianto di Borghetto S.Spirito è dotata di un comparto di digestione e di una sezione di centrifugazione in grado di produrre fango disidratato con un grado di secco del 25% circa si può stimare una produzione di fanghi riferita all'Abitante Equivalente pari a circa 73 kg/(ab.anno).
- **Manutenzione:** possono indicativamente essere stimati annualmente, per i primi 15 anni dopo la consegna dell'impianto, intorno al 2% del valore dell'impianto stesso, e sono suddivisibili essenzialmente in due parti:
  - Costi relativi alle opere elettromeccaniche, che incidono per il 75% sui costi totali di manutenzione

- Costi relativi alle opere civili, che incidono per il 25% sui costi totali di manutenzione
- **Personale:** la gestione di un depuratore biologico ad alto rendimento richiede la presenza di operatori qualificati con competenze meccaniche, elettromeccaniche, chimiche, biologiche, ecc. Nel caso in esame i costi sono ottimizzati in quanto l'impianto è completamente automatizzato e permette una gestione remota.

Alla somma di queste voci va aggiunto un contributo per spese varie e per eventuali imprevisti, stimabile intorno al 5% del valore ottenuto.

Per stimare i costi di gestione dell'impianto nella sua configurazione futura sono stati innanzitutto valutati i costi sostenuti nel corso degli ultimi dodici mesi, ossia da quando si è allacciato il comune di Ceriale, calcolando poi, per ciascuna delle voci sopra specificate, il costo riferito al m<sup>3</sup>, come riportato nella tabella seguente:

Tabella 5

Configurazione attuale		
Portata media giornaliera	12.832	m <sup>3</sup> /giorno
Portata media annuale	4.683.680	m <sup>3</sup> /anno
Dotazione idrica (media)	250	l/ab.giorno
Costi di gestione		c€/m <sup>3</sup>
Smaltimento fanghi (comprensivo di grigliato)	€ 250.000,00	5,3
Personale	€ 131.400,00	2,8
Energia Elettrica	€ 664.290,00	14,2
Reagenti	€ 135.000,00	2,9
Manutenzione	€ 320.000,00	6,8
<b>Totale</b>	<b>€ 1.500.690,00</b>	
<b>Costo trattamento / m<sup>3</sup></b>	<b>€ 0,32</b>	<b>€/m<sup>3</sup></b>

Come si può osservare il costo del trattamento riferito al metro cubo di liquame affluente all'impianto si aggira sui 0,32 €/m<sup>3</sup>, non considerando il contributo per spese varie e per eventuali imprevisti.

Per stimare i costi di gestione dell'impianto nella sua configurazione futura è possibile partire dai costi elencati sopra, opportunamente corretti sulla base delle seguenti considerazioni:

- **Smaltimento fanghi:** l'aumento dei volumi di smaltimento si traduce generalmente in contratti migliori con l'impianto a cui vengono conferiti e quindi è ragionevole stimare un lieve abbassamento del costo unitario (~ 0,045 €/m<sup>3</sup>).

- **Personale:** considerando che l'impianto è completamente automatizzato (permette una gestione remota) e che l'ampliamento previsto consisterebbe nell'installazione di moduli del tutto analoghi a quelli esistenti si stima che il costo legato a questa voce non incrementi in maniera lineare. Si può ragionevolmente stimare un costo annuale intorno a 200.000 €/anno, corrispondenti a ~ 0,015 €/m<sup>3</sup>.
- **Manutenzione:** essendo l'impianto dotato di un'officina di manutenzione che verrà ampliata, si ritiene che anche il contributo di questa voce subirà una leggera flessione in quanto molte lavorazioni verranno svolte direttamente presso l'impianto dal personale interno. Si stima quindi un costo di ~ 0,06 €/m<sup>3</sup>.
- **Reagenti ed Energia Elettrica:** il contributo di queste voci è generalmente legato in maniera proporzionale alle portate di reflui trattati presso l'impianto e quindi si ritiene che il costo unitario rimarrà invariato.

Sulla base delle considerazioni e dei dati riportati sopra si stima che i costi di gestione dell'impianto nella sua configurazione futura saranno quelli riportati nella tabella seguente.

Tabella 6

Configurazione futura		
Portata media giornaliera	38.000	m <sup>3</sup> /giorno
Portata media annuale	13.870.000	m <sup>3</sup> /anno
Dotazione idrica (media)	250	l/ab.giorno
<b>Costi di gestione</b>		<b>c€/m<sup>3</sup></b>
Smaltimento fanghi (comprensivo di grigliato)	€ 624.150,00	4,5
Personale	€ 208.050,00	1,5
Energia Elettrica	€ 1.969.540,00	14,2
Reagenti	€ 399.781,80	2,9
Manutenzione	€ 804.460,00	5,8
<b>Totale</b>	<b>€ 4.005.981,80</b>	
<b>Costo trattamento / m<sup>3</sup></b>	<b>€ 0,29</b>	<b>€/m<sup>3</sup></b>

Come si può osservare la voce connessa all'energia elettrica incide notevolmente sul costo di gestione complessivo, pur essendo il contratto di fornitura molto favorevole. A tale riguardo si ritiene che dovrebbe essere valutata seriamente la possibilità di un'auto-produzione di energia elettrica, esplorando ulteriori soluzioni oltre a quella già ipotizzata negli studi precedenti (impianto di recupero energetico che sfrutta il salto dei reflui depurati).

La flessione dei costi di gestione osservata tra lo scenario attuale e quello futuro è del tutto in linea con l'aumento della potenzialità dell'impianto. E' infatti noto che un impianto di grandi dimensioni permette di attuare ottimizzazioni, in termini di efficienza e di oneri, superiori rispetto ad impianti di piccole dimensioni.

Se alla voce calcolata sopra si aggiunge anche il contributo legato alle spese varie ed agli eventuali imprevisti si può stimare che il costo di gestione dell'impianto di Borghetto nella sua configurazione futura possa aggirarsi intorno a **4.200.000,00 EURO/anno**.

### ***Ipotesi di lavori afferenti al primo lotto funzionale***

Preso atto che la Regione Liguria risulta essere inadempiente per non aver raggiunto il livello di trattamento adeguato previsto in alcuni degli agglomerati con più di 15.000 abitanti equivalenti (tra cui Albenga) recapitanti in mare (sentenza di condanna del 19 luglio 2012 da parte della Corte di Giustizia Europea) è stata avanzata l'ipotesi di suddividere le opere in 2 lotti funzionali: il primo lotto, che dovrebbe prevedere l'allaccio della rete fognaria proveniente dal Comune di Albenga, permetterebbe di risolvere il procedimento in corso ed evitare le sanzioni ad esso associate.

Come già accennato per l'impianto di depurazione è previsto (progetto già approvato) il raddoppio dell'attuale potenzialità, sia sulla linea acque che sulla linea fanghi, nonché la realizzazione di una vasca di equalizzazione / laminazione (che consiste nell'adeguamento di una delle due vasche esistenti).

Si ritiene che tale aumento delle potenzialità sia più che sufficiente a consentire un adeguato trattamento anche dei reflui provenienti dal Comune di Albenga.

Considerate le ipotesi di cui al presente studio di fattibilità, il progetto approvato dovrebbe però subire una variante che tenga conto delle ulteriori linee previste. Nel caso in cui si decidesse di realizzare il comparto biologico nel lato sud della cava, utilizzando anche la seconda vasca esistente (ex rifiuti tossico-nocivi) come volume di laminazione / equalizzazione, la configurazione dell'impianto dovrebbe infatti variare rispetto a quanto attualmente approvato.

Inoltre, nell'ambito degli interventi previsti dal progetto già approvato, sarebbe consigliabile (nell'ottica di un risparmio generale) realizzare almeno le opere civili associate all'intero intervento (anche i manufatti afferenti al secondo lotto funzionale). In particolare:

- realizzazione delle n.2 nuove linee della sezione di trattamento acque (solo opere civili – le vasche verrebbero armate nell'ambito dei lavori afferenti al secondo lotto funzionale).

- Adeguamento della seconda vasca esistente (ex rifiuti tossico-nocivi) a bacino di laminazione / equalizzazione (attrezzato anche con le sezioni di disoleatura e rotostacciatura). In alternativa, qualora si prevedesse di realizzare un bacino di laminazione sul nuovo collettore di collegamento tra Albenga e Ceriale, l'adeguamento della seconda vasca esistente presso l'impianto potrebbe essere rimandato al secondo lotto funzionale (a meno ovviamente di eventuali interventi sulle opere civili).
- Ampliamento della sezione pretrattamenti ubicata presso la stazione di Pattarello: a tale riguardo si ritiene sufficiente adeguare le sezioni di grigliatura grossolana e dissabbiatura (eventualmente a scapito della sezione di grigliatura fine, essendo comunque prevista una rotostacciatura in testa al comparto biologico).
- Demolizione delle vasche di sedimentazione secondaria (non più utilizzate).

Una stima indicativa dei costi relativi agli interventi riportati sopra è riportata nella tabella seguente:

Tabella 7

Descrizione	Importo	
	Opere Civili	Opere Elettromeccaniche
Sezione acque: n. 2 linee comparto di trattamento biologico (Solo opere civili)	€ 600.000	€ 0
Adeguamento vasca laminazione/equalizzazione	€ 100.000	€ 500.000
Pretrattamenti (loc. Pattarello)	€ 100.000	€ 500.000
Preparazione area	€ 500.000	€ 0
Demolizione vasche di sedimentazione secondaria	€ 300.000	€ 0
<b>TOTALE</b>	<b>€ 1.600.000</b>	<b>€ 1.000.000</b>
<b>TOTALE COMPLESSIVO</b>	<b>€ 2.600.000</b>	



## ***Conclusioni***

Sulla base delle considerazioni e dei calcoli effettuati nei paragrafi precedenti, si ritiene che l'ipotesi di realizzare un potenziamento dell'impianto di depurazione di Borghetto S.Spirito in modo da renderlo in grado di trattare i reflui provenienti dal territorio compreso tra Borgio Verezzi e Laigueglia (incluso il inclusi i comuni limitrofi dell'entroterra), sia tecnicamente ed economicamente fattibile, previo opportuno adeguamento delle aree attualmente disponibili nella cava Cappellotti (scavo e riprofilatura versanti) e la realizzazione di volumi di laminazione e di pretrattamento dislocati sul territorio della Piana di Albenga.

La soluzione dell'impianto unico (e non di più impianti separati) permette senza dubbio di avere una maggior flessibilità nella gestione del trattamento. L'ampliamento della cava Cappellotti dovrebbe peraltro garantire una capacità residua (in termini di aree disponibili) per gli eventuali adeguamenti, nel caso in cui, in futuro, si rendessero necessari nuovi allacci, sia di utenze industriali, sia di utenze domestiche, connesse ad ampliamenti urbanistici.

Genova, 22 luglio 2013

Dott. Alessandro Girelli

# Allegato 1

Dettaglio calcoli AE / Portate / Dotazione idrica

---

Comuni		RESIDENTI	FLUTTUANTI	
		ISTAT 2012	Piano d'Ambito (Prov. 2000)	
Ramo levante	Balestrino	607	492	allacciati
	Boissano	2.424	455	
	Borghetto Santo Spirito	5.130	32.653	
	Loano	11.521	33.304	
	Toirano	2.650	1.763	
	Tovo San Giacomo	2.483	734	
	Pietra Ligure (1/3)	2.961	11.830	non allacciati
	Borgio Verezzi	2.320	5.726	
	Pietra Ligure (2/3)	5.921	23.660	
	Giustenice	943	197	
	Magliolo	922	667	
Ramo Ponente	Ceriale	5.807	24.130	allacciati
	Alassio	11.004	27.369	non allacciati
	Albenga	23.568	7.003	
	Arnasco	624	189	
	Casanova Lerrone	739	422	
	Castelbianco	322	83	
	Castelvecchio di Rocca Barbena	169	92	
	Cisano sul Neva	1.968	568	
	Erli	260	128	
	Garlenda	1.213	1.520	
	Laigueglia	1.789	13.074	
	Nasino	216	113	
	Onzo	235	99	
	Ortovero	1.585	126	
	Vendone	397	159	
	Villanova d'Albenga	2.540	988	
	Zuccarello	319	92	

<b>Totale</b>	<b>90.637</b>	<b>187.636</b>
---------------	---------------	----------------

CARICO MEDIO			
Residenti (03/10/12-12/10/12)	Abitanti	Portate	Dotazione idrica (all'impianto)
Levante	27.776	6.704	241
Ponente	5.807	1.588	273
<b>Totale (Ingresso impianto)</b>	<b>33.583</b>	<b>8.292</b>	<b>247</b>

CARICO DI PUNTA			
Residenti+Fluttuanti (10/08/12-20/08/12)	Abitanti	Portate	Dotazione idrica
Levante	109.007	13.313	122
Ponente	29.937	4.101	137
<b>Totale (Ingresso impianto)</b>	<b>138.944</b>	<b>17.413</b>	<b>125</b>

AE-Futuro

Comuni	RESIDENTI	FLUTTUANTI
	Attuale +15%	Attuale +15%
Balestrino	698	566
Boissano	2.788	523
Borghetto Santo Spirito	5.900	37.551
Giustenice	1.084	227
Loano	13.249	38.300
Magliolo	1.060	767
Toirano	3.048	2.027
Tovo San Giacomo	2.855	844
Borgio Verezzi	2.668	6.585
Pietra Ligure	10.214	40.814
Ceriale	6.678	27.750
Alassio	12.655	31.474
Albenga	27.103	8.053
Arnasco	718	217
Casanova Lerrone	850	485
Castelbianco	370	95
Castelvecchio di Rocca Barbena	194	106
Cisano sul Neva	2.263	653
Erli	299	147
Garlenda	1.395	1.748
Laigueglia	2.057	15.035
Nasino	248	130
Onzo	270	114
Ortovero	1.823	145
Vendone	457	183
Villanova d'Albenga	2.921	1.136
Zuccarello	367	106
<b>Totale</b>	<b>104.233</b>	<b>215.781</b>

CARICO MEDIO				Coeff. Afflusso
Residenti	Abitanti	Dotazione idrica	Portate	0,8
Levante	43.564	300	10.455	
Ponente	60.668	300	14.560	
<b>Totale (Ingresso impianto)</b>	<b>104.233</b>	<b>300</b>	<b>25.016</b>	

CARICO DI PUNTA			
Residenti+Fluttuanti	Abitanti	Dotazione idrica	Portate
Levante	171.767	200	27.483
Ponente	148.247	200	23.719
<b>Totale (Ingresso impianto)</b>	<b>320.014</b>	<b>200</b>	<b>51.202</b>

# Allegato 2

Calcoli dimensionamento vasche biologico

# Scenario Media invernale

Dati Progetto

Dati di progetto							
Abitanti equivalenti	AE	105.000	ab	Portata media bottini	Qd	0	m3/d
Coefficiente di afflusso		0,80		Portata media reflui industriali	Qd	0	m3/d
Dotazione idrica	DI	300	l/ab*d				
Fattore di punta		3,0		Stagione	inverno		
Portata media giornaliera	Qd	25.200	m3/d	Temperatura	12		
Portata media oraria	Qm	1.050	m3/h				
Portata di punta	Qp	3.150	m3/h				
				Metodo di inserimento concentrazioni:			
				(solo per i liquami civili)			
Valori limite di progetto				inserire una x nello spazio giallo oppure rimuoverla per scegliere la seconda opzione			
BOD	BOD(out)	25	mg/l		mg/l		
SST	SST(out)	35	mg/l		g/ab*d	x	
N organico e ammoniacale	TKN(out)	5	mg/l				
N nitrico	NO3(out)	10	mg/l				
Carico medio liquame affluente				Carico medio bottini			
Concentrazione BOD	BOD	250	mg/l				
BOD totale	kgBOD	6.300	kg/d	BOD totale	kgBOD(bott)	-	kg/d
BOD specifico (54-70 g/ab*d)	BOD(s)	60	g/ab*d	Concentrazione BOD	BOD(bott)		mg/l
Concentrazione SST	SST	292	mg/l				
SST totale	kgSST	7.350	kg/d	SST totale	kgSST(bott)	-	kg/d
SST specifico (60 - 90 g/ab*d)	SST(s)	70	g/ab*d	Concentrazione SST	SST(bott)		mg/l
Concentrazione TKN	TKN	50	mg/l				
TKN totale	kgTKN	1.260	kg/d	TKN totale	kgTKN(bott)	-	kg/d
TKN specifico (12 - 13 g/ab*d)	TKN(s)	12	g/ab*d	Concentrazione TKN	TKN(bott)		mg/l
Concentrazione N nitrico	N-NO3	-	mg/l				
N nitrico totale	kg N-NO3	-	kg/d	N nitrico totale	kg N-NO3	-	kg/d
N nitrico specifico	N-NO3(s)	-	g/ab*d	Concentrazione N nitrico	N-NO3		mg/l
Carico medio reflui industriali				Carico medio totale			
BOD totale	kgBOD(ri)	-	kg/d	BOD totale	kgBOD(in)	6.300	kg/d
Concentrazione BOD	BOD(ri)	-	mg/l	Concentrazione BOD	BOD(in)	250	mg/l
SST totale	kgSST(ri)	-	kg/d	SST totale	kgSST(in)	7.350	kg/d
Concentrazione SST	SST(ri)		mg/l	Concentrazione SST	SST(in)	292	mg/l
TKN totale	kgTKN(ri)	-	kg/d	TKN totale	kgTKN(in)	1.260	kg/d
Concentrazione TKN	TKN(ri)		mg/l	Concentrazione TKN	TKN(in)	50	mg/l
N nitrico totale	kg N-NO3	-	kg/d	N nitrico totale	kg N-NO3	-	kg/d
Concentrazione N nitrico	N-NO3		mg/l	Concentrazione N nitrico	N-NO3	-	mg/l

# Scenario Media invernale

## Trattamenti primari

Trattamento primario			
BOD totale in entrata al biologico	kgBOD(b)	kg/d	4.410
<b>Concentrazione BOD in entrata al biologico</b>	<b>BOD(b)</b>	<b>mg/l</b>	<b>175</b>
Riduzione % primario adottata	BODxp%		30
BOD eliminato	BODxp	kg/d	1.890
SST totale in entrata al biologico	kgSST(b)	kg/d	2.940
<b>Concentrazione SST in entrata al biologico</b>	<b>SST(b)</b>	<b>mg/l</b>	<b>117</b>
Riduzione % primario adottata	SSTxp%		60
SST eliminati	SSTxp	kg/d	4.410
TKN totale in entrata al biologico	kgTKN(b)	kg/d	1.109
<b>Concentrazione TKN in entrata al biologico</b>	<b>TKN(b)</b>	<b>mg/l</b>	<b>44</b>
Riduzione % primario adottata	TKNxp%		12
TKN eliminato	TKNxp	kg/d	151
N nitrico in entrata al biologico	kgN-NO3(b)	kg/d	-
<b>Concentrazione N nitrico in entrata al biologico</b>	<b>N-NO3(b)</b>	<b>mg/l</b>	<b>-</b>
Riduzione % primario adottata	N-NO3xp%		-
N nitrico eliminato	N-NO3xp	kg/d	-

# Scenario Media invernale

Ossidazione-nitrificazione

## Calcolo velocità di nitrificazione

$$VN(T) = VN(20) \frac{TKN(out)}{K(TKN) + TKN(out)} * \frac{OD}{K(O) + OD} * W^{T-20}$$

Velocità massima di nitrificazione in assenza di fattori limitanti alla T=20°	VN(20)	80	g TKN/kgSSV*h
Concentrazione di azoto organico ed ammoniacale nel comparto ossidativo (Cautelativamente si assume il valore in uscita anziché quello medio)	TKN(out)	5	mg/l TKN
Concentrazione di ossigeno disciolto in vasca	OD	2,0	mg/l
Costante di semisaturazione relativa all'ammoniaca	K(TKN)	1,0	mg/l TKN
Costante di semisaturazione relativa all'ossigeno	K(O)	1,0	mg/l O2
Temperatura effettiva di esercizio	T	12	°C
Coefficiente di correzione relativo alla temperatura	W	1,12	
<b>Velocità di nitrificazione</b>	<b>VN(T) =</b>	<b>17,95</b>	<b>g TKN/kgSSV*h</b>

## Calcolo frazione batteri nitrificanti

$$F = 1 / 1 + \frac{Y}{Y(N)} * \frac{BOD(b) - BOD(out)}{TKN(b) - TKN(out)}$$

Rapporto tra coefficiente di crescita microrganismi eterotrofi e coefficiente di crescita batteri nitrificanti	Y / Y(N)	3,6	[(gSSV/gBOD)/(gSSV/gTKN)]
Concentrazione BOD in ingresso alla fase biologica	BOD(b)	175	mgBOD/l
Concentrazione BOD in uscita dalla fase biologica	BOD(out)	25	mgBOD/l
Concentrazione N organico e ammoniacale in ingresso alla fase biologica	TKN(b)	44	mgTKN/l
Concentrazione N organico e ammoniacale in uscita dalla fase biologica	TKN(out)	5	mgTKN/l
<b>Frazione batteri nitrificanti</b>	<b>F =</b>	<b>0,067</b>	
<b>Azoto da nitrificare</b> [=TKN(b) - TKN(out) - 0,05(BOD(b) - BOD(out))]	Nnit	31,5	mg/l
	Nnit(k)	33,1	kg/h
		793,8	kg/d

## Calcolo della biomassa necessaria al processo di nitrificazione

$$X(N) = \frac{K * Qm * [TKN(b) - TKN(out) - 0.05 * (BOD(b) - BOD(out))]}{f * VN(T)}$$

Fattore di sicurezza che tiene conto delle punte di carico inquinante	K	1,0	
Portata media	Qm	1.050	m3/h
<b>Flora batterica necessaria al processo di nitrificazione</b>	<b>X(N) =</b>	<b>27.355</b>	<b>kg SSV</b>

## Calcolo del volume teorico della vasca

Rapporto massa fanghi volatile / massa fanghi totale (SSV/SST)	V/T	0,8	kg SSV/kg SST
BOD totale in ingresso alla fase biologica	kg BOD(b)	4.410	kg BOD/d
Carico del fango: [kgBOD(b) / X(N)]	CF(ox)	0,16	kg BOD/kg SSV*d
Concentrazione di fango attivo in vasca ipotizzata pari a:	FA	10,0	kg SST/m3
Concentrazione di fango attivo in vasca normalizzata alla frazione volatile:	FAv	8,0	kg SSV/m3
Carico volumetrico teorico: [CF(ox) * FA]	CV	1,29	kg BOD/m3*d
<b>Volume teorico ossidazione/nitrificazione: [kgBOD(b) / CV] o [X(N) / FAv]</b>	<b>Vox =</b>	<b>3.419</b>	<b>m3</b>
		<b>3.419</b>	<b>m3</b>
Volume effettivo ossidazione / nitrificazione	V'ox	10.500	m3

## Calcolo della concentrazione del fango in vasca conoscendo il volume della vasca

<b>Concentrazione di fango attivo necessario in vasca</b>	<b>FA(ox) ef</b>	<b>2,605</b>	<b>kg SSV/m3</b>
---	------------------	--------------	------------------



# Scenario Media invernale

Denitrificazione

## Calcolo velocità di denitrificazione

$$VD(T) = VD(20) * KD^{T-20}$$

Temperatura effettiva di esercizio	T	12	°C
Velocità di denitrificazione alla T=20°C	VD(20)	3,00	g(N-NO <sub>3</sub> )/kgSSV*h
Coefficiente di correzione relativo alla temperatura	KD	1,12	
<b>velocità di denitrificazione</b> $VD(T) = VD(20) * KD^{(T-20)}$	<b>VD(T) =</b>	<b>1,212</b>	<b>g(N-NO<sub>3</sub>)/kgSSV*h</b>

## Calcolo quantità di azoto da denitrificare

$$N_{den} = TKN(b) + NO_3(b) - TKN(out) - 0.05 * [BOD(b) - BOD(out)] - NO_3(out)$$

Concentrazione N nitrico in ingresso alla fase biologica	NO <sub>3</sub> (b)	-	mg/l
Concentrazione N nitrico in uscita dalla fase biologica	NO <sub>3</sub> (out)	10	mg/l
Concentrazione BOD in ingresso alla fase biologica	BOD(b)	175	mg/l
Concentrazione BOD in uscita dalla fase biologica	BOD(out)	25	mg/l
Concentrazione N organico e ammoniacale in ingresso alla fase biologica	TKN(b)	44	mg/l
Concentrazione N organico e ammoniacale in uscita dalla fase biologica	TKN(out)	5	mg/l
<b>Azoto specifico da denitrificare</b>	<b>Nden=</b>	<b>21,50</b>	<b>mg/l</b>
<b>Azoto totale da denitrificare</b>	<b>Nden(kh)=</b>	<b>22,58</b>	<b>kg/h</b>
	<b>Nden(k)=</b>	<b>541,8</b>	<b>kg/d</b>

## Calcolo della flora batterica necessaria alla denitrificazione

$$X_{den} = \frac{1000 * N_{den}(k) * K}{VD(T) * 24}$$

Fattore di sicurezza che tiene conto delle punte di carico inquinante	K	1,0	
<b>Flora batterica necessaria alla denitrificazione</b>	<b>Xden=</b>	<b>18.632</b>	<b>kg SSV</b>

## Calcolo del volume teorico della vasca

Concentrazione di fango attivo in vasca normalizzata alla frazione volatile:	FAv	8,0	kg SSV/m <sup>3</sup>
<b>Volume vasche di denitrificazione necessario: [Xden / FA]</b>	<b>V =</b>	<b>2.329</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Volume effettivo vasche di denitrificazione:	V'den	3.500	m <sup>3</sup>

## Calcolo della concentrazione del fango in vasca conoscendo il volume della vasca

<b>Concentrazione di fango attivo necessario in vasca</b>	<b>FA(den) ef</b>	<b>5,3</b>	<b>kg SSV/m<sup>3</sup></b>
<b>Concentrazione di fango attiva necessaria (valore maggiore tra Ox e denitro)</b>	<b>FA'ef</b>	<b>5,3</b>	<b>kg SSV/m<sup>3</sup></b>

# Scenario Punta estiva

Dati Progetto

Dati di progetto											
Abitanti equivalenti	AE	320.000	ab	Portata media bottini	Qd	0	m3/d				
Coefficiente di afflusso		0,80		Portata media reflui industriali	Qd	0	m3/d				
Dotazione idrica	DI	200	l/ab*d	<div>Stagione estate</div> <div>Temperatura 20</div>							
Fattore di punta		3,0									
Portata media giornaliera	Qd	51.200	m3/d								
Portata media oraria	Qm	2.133	m3/h								
Portata di punta	Qp	6.400	m3/h	<div>Metodo di inserimento concentrazioni:</div> <div>(solo per i liquami civili)</div> <div>inserire una x nello spazio giallo oppure rimuoverla per scegliere la seconda opzione</div> <table><tr><td>mg/l</td><td></td></tr><tr><td>g/ab*d</td><td>x</td></tr></table>				mg/l		g/ab*d	x
mg/l											
g/ab*d	x										

# Scenario Punta estiva

Trattamenti primari

Trattamento primario			
BOD totale in entrata al biologico	kgBOD(b)	kg/d	13.440
<b>Concentrazione BOD in entrata al biologico</b>	<b>BOD(b)</b>	<b>mg/l</b>	<b>263</b>
Riduzione % primario adottata	BODxp%		30
BOD eliminato	BODxp	kg/d	5.760
SST totale in entrata al biologico	kgSST(b)	kg/d	8.960
<b>Concentrazione SST in entrata al biologico</b>	<b>SST(b)</b>	<b>mg/l</b>	<b>175</b>
Riduzione % primario adottata	SSTxp%		60
SST eliminati	SSTxp	kg/d	13.440
TKN totale in entrata al biologico	kgTKN(b)	kg/d	3.379
<b>Concentrazione TKN in entrata al biologico</b>	<b>TKN(b)</b>	<b>mg/l</b>	<b>66</b>
Riduzione % primario adottata	TKNxp%		12
TKN eliminato	TKNxp	kg/d	461
N nitrico in entrata al biologico	kgN-NO3(b)	kg/d	-
<b>Concentrazione N nitrico in entrata al biologico</b>	<b>N-NO3(b)</b>	<b>mg/l</b>	<b>-</b>
Riduzione % primario adottata (8-12)	N-NO3xp%		-
N nitrico eliminato	N-NO3xp	kg/d	-

# Scenario Punta estiva

Ossidazione-nitrificazione

## Calcolo velocità di nitrificazione

$$VN(T) = VN(20) \frac{TKN(out)}{K(TKN) + TKN(out)} * \frac{OD}{K(O) + OD} * W^{T-20}$$

Velocità massima di nitrificazione in assenza di fattori limitanti alla T=20°	VN(20)	80	g TKN/kgSSV*h
Concentrazione di azoto organico ed ammoniacale nel comparto ossidativo (Cautelativamente si assume il valore in uscita anziché quello medio)	TKN(out)	5	mg/l TKN
Concentrazione di ossigeno disciolto in vasca	OD	2,0	mg/l
Costante di semisaturazione relativa all'ammoniaca	K(TKN)	1,0	mg/l TKN
Costante di semisaturazione relativa all'ossigeno	K(O)	1,0	mg/l O2
Temperatura effettiva di esercizio	T	20	°C
Coefficiente di correzione relativo alla temperatura	W	1,12	
<b>Velocità di nitrificazione</b>	<b>VN(T) =</b>	<b>44,44</b>	<b>g TKN/kgSSV*h</b>

## Calcolo frazione batteri nitrificanti

$$F = 1 / 1 + \frac{Y}{Y(N)} * \frac{BOD(b) - BOD(out)}{TKN(b) - TKN(out)}$$

Rapporto tra coefficiente di crescita microrganismi eterotrofi e coefficiente di crescita batteri nitrificanti	Y / Y(N)	3,6	[(gSSV/gBOD)/(gSSV/gTKN)]
Concentrazione BOD in ingresso alla fase biologica	BOD(b)	263	mgBOD/l
Concentrazione BOD in uscita dalla fase biologica	BOD(out)	25	mgBOD/l
Concentrazione N organico e ammoniacale in ingresso alla fase biologica	TKN(b)	66	mgTKN/l
Concentrazione N organico e ammoniacale in uscita dalla fase biologica	TKN(out)	5	mgTKN/l
<b>Frazione batteri nitrificanti</b>	<b>F =</b>	<b>0,067</b>	
<b>Azoto da nitrificare</b> [=TKN(b) - TKN(out) - 0,05(BOD(b) - BOD(out))]	Nnit	49,1	mg/l
	Nnit(k)	104,8	kg/h
		2515,2	kg/d

## Calcolo della biomassa necessaria al processo di nitrificazione

$$X(N) = \frac{K * Qm * [TKN(b) - TKN(out) - 0.05 * (BOD(b) - BOD(out))]}{f * VN(T)}$$

Fattore di sicurezza che tiene conto delle punte di carico inquinante	K	1,0	
Portata media	Qm	2.133	m3/h
<b>Flora batterica necessaria al processo di nitrificazione</b>	<b>X(N) =</b>	<b>35.409</b>	<b>kg SSV</b>

## Calcolo del volume teorico della vasca

Rapporto massa fanghi volatile / massa fanghi totale (SSV/SST)	V/T	0,8	kg SSV/kg SST
BOD totale in ingresso alla fase biologica	kg BOD(b)	13.440	kg BOD/d
Carico del fango: [kgBOD(b) / X(N)]	CF(ox)	0,38	kg BOD/kg SSV*d
Concentrazione di fango attivo in vasca ipotizzata pari a:	FA	10,0	kg SST/m3
Concentrazione di fango attivo in vasca normalizzata alla frazione volatile:	FAv	8,0	kg SSV/m3
Carico volumetrico teorico: [CF(ox) * FA]	CV	3,04	kg BOD/m3*d
<b>Volume teorico ossidazione/nitrificazione: [kgBOD(b) / CV] o [X(N) / FAv]</b>	<b>Vox =</b>	<b>4.426</b>	<b>m3</b>
		<b>4.426</b>	<b>m3</b>
Volume effettivo ossidazione / nitrificazione	V'ox	10.500	m3

## Calcolo della concentrazione del fango in vasca conoscendo il volume della vasca

<b>Concentrazione di fango attivo necessario in vasca</b>	<b>FA(ox) ef</b>	<b>3,372</b>	<b>kg SSV/m3</b>
---	------------------	--------------	------------------

# Scenario Punta estiva

Denitrificazione

## Calcolo velocità di denitrificazione

$$VD(T) = VD(20) * KD^{T-20}$$

Temperatura effettiva di esercizio	T	20	°C
Velocità di denitrificazione alla T=20°C	VD(20)	3,00	g(N-NO <sub>3</sub> )/kgSSV*h
Coefficiente di correzione relativo alla temperatura	KD	1,12	
<b>velocità di denitrificazione</b> $VD(T) = VD(20) * KD^{(T-20)}$	<b>VD(T) =</b>	<b>3,000</b>	<b>g(N-NO<sub>3</sub>)/kgSSV*h</b>

## Calcolo quantità di azoto da denitrificare

$$N_{den} = TKN(b) + NO_3(b) - TKN(out) - 0.05 * [BOD(b) - BOD(out)] - NO_3(out)$$

Concentrazione N nitrico in ingresso alla fase biologica	NO <sub>3</sub> (b)	-	mg/l
Concentrazione N nitrico in uscita dalla fase biologica	NO <sub>3</sub> (out)	10	mg/l
Concentrazione BOD in ingresso alla fase biologica	BOD(b)	263	mg/l
Concentrazione BOD in uscita dalla fase biologica	BOD(out)	25	mg/l
Concentrazione N organico e ammoniacale in ingresso alla fase biologica	TKN(b)	66	mg/l
Concentrazione N organico e ammoniacale in uscita dalla fase biologica	TKN(out)	5	mg/l
<b>Azoto specifico da denitrificare</b>	<b>Nden=</b>	<b>39,13</b>	<b>mg/l</b>
<b>Azoto totale da denitrificare</b>	<b>Nden(kh)=</b>	<b>83,47</b>	<b>kg/h</b>
	<b>Nden(k)=</b>	<b>2.003,2</b>	<b>kg/d</b>

## Calcolo della flora batterica necessaria alla denitrificazione

$$X_{den} = \frac{1000 * N_{den}(k) * K}{VD(T) * 24}$$

Fattore di sicurezza che tiene conto delle punte di carico inquinante	K	1,0	
<b>Flora batterica necessaria alla denitrificazione</b>	<b>Xden=</b>	<b>27.822</b>	<b>kg SSV</b>

## Calcolo del volume teorico della vasca

Concentrazione di fango attivo in vasca normalizzata alla frazione volatile:	FAv	8,0	kg SSV/m <sup>3</sup>
<b>Volume vasche di denitrificazione necessario: [Xden / FA]</b>	<b>V =</b>	<b>3.478</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Volume effettivo vasche di denitrificazione:	V'den	3.500	m <sup>3</sup>

## Calcolo della concentrazione del fango in vasca conoscendo il volume della vasca

<b>Concentrazione di fango attivo necessario in vasca</b>	<b>FA(den) ef</b>	<b>7,9</b>	<b>kg SSV/m<sup>3</sup></b>
<b>Concentrazione di fango attiva necessaria (valore maggiore tra Ox e denitro)</b>	<b>FA'ef</b>	<b>7,9</b>	<b>kg SSV/m<sup>3</sup></b>

# Allegato 3

Planimetria indicativa dello scenario futuro  
(opzione 2)



