

STUCCHI SERVIZI ECOLOGICI S.R.L.

Impianto Cambiago

Progetto Definitivo Relazione tecnica

1	03/11/25	Seconda Emissione per commenti	LS	SV	MF
0	10/10/25	Prima Emissione per commenti	LS	SV	MF
Rev.	Data	Descrizione	By	Chk	App



INDICE

1	INTRODUZIONE	5
2	EXECUTIVE SUMMARY	6
2.1	<i>Scopo dello studio</i>	6
2.2	<i>Stato di fatto</i>	6
2.3	<i>Basi di progetto</i>	6
2.4	<i>Descrizione del progetto</i>	6
2.5	<i>Costi di investimento e operativi</i>	6
3	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO ESISTENTE	8
4	BASI DI PROGETTO	10
4.1	<i>Flussi destinati alla digestione anaerobica</i>	10
4.1.1	<i>Portate dei flussi destinati alla digestione anaerobica</i>	10
4.1.2	<i>Caratterizzazione dei flussi destinati alla digestione anaerobica</i>	11
4.2	<i>Reflui provenienti dall'impianto biologico in condizioni future</i>	11
4.2.1	<i>Portata del surnatante da trattamento biologico</i>	11
4.2.2	<i>Caratterizzazione del surnatante da trattamento biologico</i>	12
4.3	<i>Parametri di design</i>	12
4.4	<i>Obiettivi di trattamento</i>	14
4.5	<i>Individuazione e caratteristiche delle utilities</i>	14
4.5.1	<i>Acqua industriale</i>	14
4.5.2	<i>Energia elettrica</i>	14
4.6	<i>Individuazione degli spazi disponibili</i>	15
5	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO	16
6	DIMENSIONAMENTO DELLE SEZIONI PRINCIPALI	18
6.1	<i>Digestione anaerobica</i>	18
6.1.1	<i>Caratterizzazione del refluo</i>	18
6.1.2	<i>Dimensionamento del volume di digestione</i>	18
6.1.3	<i>Rese di rimozione e produzione di fango</i>	19
6.1.4	<i>Produzione di metano</i>	19
6.2	<i>Comparto biologico SBR nitrificazione / denitrificazione</i>	20
6.2.1	<i>Caratterizzazione del refluo</i>	21
6.2.2	<i>Dimensionamento del volume di nitrificazione</i>	22
6.2.3	<i>Dimensionamento del volume di denitrificazione</i>	22
6.2.4	<i>Dimensionamento del sistema di aerazione</i>	22
6.2.5	<i>Dati di dimensionamento del trattamento biologico I stadio</i>	24
6.3	<i>Comparto biologico di finissaggio MBR</i>	26



6.3.1	Caratterizzazione del refluo	26
6.3.2	Dimensionamento del volume di nitrificazione	27
6.3.3	Dimensionamento del reattore di post-denitrificazione	27
6.3.4	Dimensionamento del reattore di post-aerazione	27
6.3.5	Dimensionamento del sistema di aerazione	27
6.3.6	Dati di dimensionamento del trattamento biologico II stadio	28
7	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	29
7.1	<i>Considerazioni preliminari e filosofia di ridondanza</i>	<i>29</i>
7.2	<i>La linea di trattamento</i>	<i>29</i>
7.2.1	Ricezione, sollevamento, stoccaggio ed equalizzazione rifiuti	29
7.2.2	Digestione anaerobica	30
7.2.3	Linea biologica SBR di nitrificazione/denitrificazione	30
7.2.4	Linea biologica esistente	31
7.2.5	Linea biologica di finissaggio	31
7.2.6	Trattamento ad ozono	32
7.2.7	Linea fanghi	32
7.2.8	Sezione di trattamento odori	33
7.3	<i>Sezioni di trattamento e apparecchiature elettromeccaniche</i>	<i>33</i>
7.3.1	Ricezione e stoccaggio rifiuti liquidi	33
7.3.2	Ricezione e stoccaggio rifiuti fangosi	36
7.3.3	Ricezione rifiuti grassi / odorigeni	38
7.3.4	Equalizzazione iniziale	39
7.3.5	Digestione anaerobica	40
7.3.6	Post ispessimento fanghi digeriti	42
7.3.7	Linea biogas e centrale termica	43
7.3.8	Linea biologica SBR di nitrificazione/denitrificazione	46
7.3.9	Rimozione fosforo	50
7.3.10	Linea biologica esistente	51
7.3.11	Grigliatura fine	52
7.3.12	Linea biologica di finissaggio MBR	55
7.3.13	Filtrazione a carboni attivi	59
7.3.14	Trattamento ad ozono	60
7.3.15	Linea fanghi	62
7.3.16	Dosaggio chemicals	69
7.3.17	Sezione di trattamento odori	75
7.4	<i>Profilo idraulico</i>	<i>78</i>
7.5	<i>Layout</i>	<i>80</i>
8	SUDDIVISIONE IN LOTTI	81



8.1	<i>Obiettivi e filosofia della sequenza in Lotti</i>	81
8.2	<i>Descrizione dei lotti</i>	81
8.3	<i>Criteri di sequenziamento</i>	83
8.4	<i>Carichi massimi ammissibili al biologico di finissaggio MBR</i>	83
9	STIMA DEI COSTI	85
9.1	<i>Stima dei costi di investimento - CAPEX</i>	85
9.2	<i>Stima dei costi di operativi – OPEX</i>	86
9.3	<i>Analisi costi / benefici</i>	87



1 INTRODUZIONE

La presente relazione è relativa alla progettazione definitiva commissionata da Stucchi Servizi Ecologici S.r.l. (di seguito SSE o Committente) per la progettazione di un impianto di trattamento rifiuti liquidi e fanghi con digestione anaerobica presso Cambiago (MI).

All'interno del documento saranno definite le basi di progetto utilizzate per i calcoli di dimensionamento eseguiti, sarà descritto il layout d'impianto proposto e riportato il pre-dimensionamento delle principali apparecchiature necessarie.

2 EXECUTIVE SUMMARY

2.1 Scopo dello studio

L'obiettivo dello studio è la progettazione definitiva di nuove sezioni di trattamento presso l'impianto di Cambiago (MI) di Stucchi Servizi Ecologici S.r.l., con integrazione di una linea di digestione anaerobica (DA) per rifiuti liquidi e fangosi e di una filiera di trattamento biologico a servizio sia dei surnatanti DA sia delle linee biologiche esistenti. Lo scopo è incrementare la capacità di trattamento, valorizzare energeticamente il biogas prodotto e garantire la conformità allo scarico in rete fognaria secondo D.Lgs. 152/06.

2.2 Stato di fatto

L'impianto esistente comprende un comparto chimico-fisico per la rimozione di metalli/inquinanti inerti e un comparto biologico a fanghi attivi articolato in due linee (una ad aria, una a ossigeno), con sezioni di nitrificazione/denitrificazione e sedimentazione finale. I fanghi di supero sono ispessiti e disidratati, con ricircolo dei surnatanti a monte. Attualmente sono trattati circa 150.000–200.000 t/anno di rifiuti su un'autorizzazione massima di 300.000 t/anno. L'incremento atteso dei conferimenti motiva l'inserimento della nuova linea di digestione anaerobica.

2.3 Basi di progetto

Nello studio sono definite le basi di progetto, sia in termini di portate dei flussi in ingresso alle nuove sezioni di impianto sia in termini di concentrazioni di inquinanti:

I flussi in ingresso alla digestione anaerobica sono riassunti come segue:

- rifiuti liquidi ad alto COD e basso TSS
- rifiuti fangosi da fosse settiche
- fanghi biologici dalla linea esistente

Il surnatante della linea biologica esistente (ad aria e ossigeno) è invece previsto in ingresso alla linea di trattamento biologico di finissaggio MBR.

Gli obiettivi di qualità allo scarico sono quelli della Tabella 3, Allegato 5, Parte III del D.Lgs. 152/06.

2.4 Descrizione del progetto

La linea di trattamento prevista nel progetto comprende:

- Ricezione, sollevamento, stoccaggio ed equalizzazione dei rifiuti (linee dedicate a liquidi, fangosi, grassi/odorigeni).
- Linea di digestione anaerobica mesofila (4 reattori CSTR) con post-ispessimento fanghi, produzione e valorizzazione del biogas tramite microturbina e centrale termica, gasometro e torcia di emergenza.
- I stadio biologico SBR di nitrificazione/denitrificazione per "sgrossaggio" del carico di azoto nei surnatanti da digestione anaerobica, con ridotta richiesta di O₂ e carbonio esterno rispetto al processo via nitrato di nitrificazione/denitrificazione.
- Rimozione chimica del fosforo a valle del I stadio biologico.
- Il stadio biologico di finissaggio MBR per i reflui in uscita dal I stadio e dalle linee biologiche esistenti.
- Trattamenti avanzati: carboni attivi e ozono (opzionali) per COD refrattario/PFAS, colore e biodegradabilità residua.
- Linea fanghi (pre/post-ispessimento, disidratazione con centrifuga/pressa a vite, essiccamento termico).
- Trattamento odori con scrubber doppio stadio e biotrickling.

2.5 Costi di investimento e operativi

I costi di investimento e operativi sono stimati come segue:



CAPEX	OPEX
31,9 – 35,3 M€	3,1 – 3,4 M€

Questi costi includono le apparecchiature, il montaggio, le opere elettriche e civili, i costi per l'ingegneria e la sicurezza, oltre a una contingenza del 10%. Gli OPEX (costi operativi) includono i costi energetici (al netto dell'autoconsumo), dei reagenti chimici, dello smaltimento dei fanghi, del consumo di gas metano e della manutenzione.

3 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO ESISTENTE

L'impianto esistente si compone di una sezione di trattamento chimico-fisico, finalizzato alla rimozione dei metalli e altri inquinanti dai rifiuti conferiti in stabilimento, e da una sezione di trattamento biologico che opera la degradazione degli inquinanti organici e dell'azoto ivi contenuti mediante ossidazione biologica, nitrificazione e denitrificazione.

Attualmente, il trattamento biologico risulta costituito da due linee biologiche a fanghi attivi, una operata con aria e una operata con ossigeno. Ogni linea è provvista di una zona di ossidazione (vasca di nitrificazione) dove avvengono la rimozione dell'inquinante organico biodegradabile e la nitrificazione dell'ammoniaca, e di una zona anossica (vasca di denitrificazione) dove avvengono contemporaneamente riduzione dei nitrati e degradazione di parte della sostanza organica rapidamente biodegradabile. La linea del biologico ad aria, si compone nello specifico di un trattamento di pre-denitrificazione, nitrificazione, post-denitrificazione e uno step finale di riaerazione.

I flussi in ingresso al trattamento biologico sono sia i rifiuti conferiti in impianto che non necessitano di un previo trattamento chimico-fisico, sia i surnatanti provenienti da quest'ultimo. I rifiuti inviati direttamente a trattamento biologico sono sottoposti ad una staccatura iniziale per rimuovere gli elementi più grossolani che potrebbero esservi presenti, quindi sono successivamente accumulati insieme ai surnatanti provenienti dal trattamento chimico-fisico.

Dalla vasca di accumulo, una parte dei reflui (circa 13 m³/h) viene inviata alla linea di trattamento biologico ad ossigeno puro e la rimanente parte dei reflui (circa 14 m³/h) viene invece inviata alla linea di trattamento biologico ad aria. Il sistema dato dai due impianti lavora sia in serie che in parallelo, ovvero una quota dei reflui destinati all'impianto ad ossigeno (ca. 5.5 m³/h) viene rilanciata in vasca di nitrificazione.

A valle del sistema biologico si trovano due sedimentatori secondari che attraverso l'aggiunta di polielettrolita permettono la chiarificazione dell'acqua, che viene riciclata in testa alla rispettiva sezione biologica, sedimentando il fango biologico (5 m³/h dall'impianto ad ossigeno e 3.5 m³/h dal biologico ad aria).

Il surnatante, ovvero l'acqua chiarificata e depurata, viene inviato ad accumulo finale prima dello scarico in fognatura. L'effluente della linea biologica ad ossigeno puro può essere alternativamente inviato alla vasca di pre-denitrificazione per ulteriore trattamento.

Il processo di depurazione biologica delle acque produce un solo rifiuto denominato fango biologico di supero, che viene accumulato in un ispessitore e da qui periodicamente estratto e disidratato mediante una centrifuga al fine di ridurre il volume complessivo da inviarsi a smaltimento. I surnatanti del trattamento fanghi sono riciclati in testa all'impianto, nella vasca di accumulo iniziale.

Lo schema di trattamento biologico esistente è illustrato in Figura 3-1.

SCHEMA A - RIFUTI DA SOTTOPORRE A TRATTAMENTO BIOLOGICO

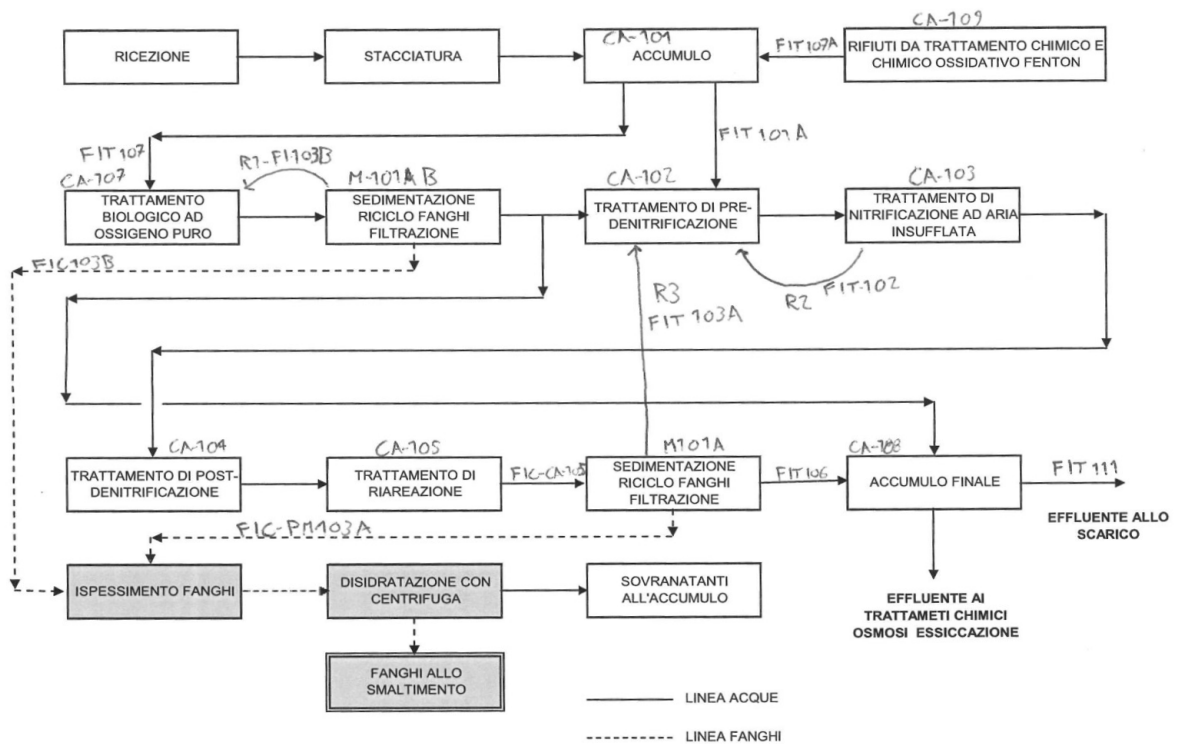


Figura 3-1. Schema di flusso linea biologica aerobica esistente

4 BASI DI PROGETTO

L'impianto esistente, dedicato al trattamento di rifiuti liquidi conferiti tramite autobotte ed autorizzato per un quantitativo massimo di 300.000 t/anno, risulta costituito da una sezione di trattamento chimico-fisico e da una sezione di trattamento biologico a fanghi attivi, così come descritto dettagliatamente nel paragrafo 2.

L'impianto è poi completo di una linea fanghi finalizzata alla riduzione volumetrica (ispessimento e disidratazione) dei fanghi chimici e biologici prodotti, per il loro successivo smaltimento.

L'impianto biologico esistente viene alimentato con la totalità dei surnatanti provenienti dal trattamento chimico-fisico e con rifiuti in ingresso con caratteristiche compatibili con un trattamento biologico diretto.

Nell'ottica di un futuro incremento dei rifiuti conferiti in impianto, la Committente ha in progetto la realizzazione di una nuova linea di trattamento tramite digestione anaerobica (D.A.). I flussi per i quali è prevista la digestione anaerobica sono suddivisibili nelle seguenti macrocategorie (caratterizzate dai parametri indicati nel paragrafo 4.1):

- RIFIUTI LIQUIDI: rifiuti caratterizzati da valori di COD elevati (≥ 6.000 mg/l) e di TSS bassi (≤ 10.000 mg/l)
- RIFIUTI DA FOSSE SETTICHE: rifiuti fangosi provenienti da fosse settiche, attualmente destinati al biologico esistente, e caratterizzati da valori di TSS elevati (> 10.000 mg/l)
- FANGHI BIOLOGICI (da biologico esistente): provenienti dall'ispessimento dei fanghi biologici prodotti nel trattamento biologico esistente

Una parte dei rifiuti attualmente inviati direttamente al trattamento biologico esistente potranno essere destinati a digestione anaerobica, a seconda del carico di COD e TSS che li caratterizzano. L'invio dei surnatanti del trattamento chimico fisico sarà invece mantenuto per la sua totalità al trattamento biologico esistente.

Del quantitativo massimo annuale autorizzato d'impianto, pari a 300.000 t/anno, circa 150.000-200.000 t/anno sono attualmente trattati nell'impianto esistente e circa 70.000-100.00 t/anno la Committente intende ritirarli in futuro per trattarli nel nuovo impianto di digestione anaerobica.

A valle dell'identificazione dei quantitativi e delle caratteristiche dei flussi destinati alla linea di digestione anaerobica, si definiscono nel paragrafo 4.3 i parametri di design sulla base dei quali verrà sviluppato il processo di trattamento e il dimensionamento delle apparecchiature, per il raggiungimento dei limiti allo scarico in fognatura, riportati nel paragrafo 4.4.

Vengono infine individuati gli spazi dello stabilimento disponibili ad ospitare l'installazione delle nuove apparecchiature d'impianto, come illustrato nel paragrafo 4.6.

Il ciclo produttivo della filiera è di 24 h/giorno per 365 giorni/anno.

4.1 Flussi destinati alla digestione anaerobica

4.1.1 *Portate dei flussi destinati alla digestione anaerobica*

In Tabella 4-1 si riportano le portate dei diversi flussi che SSE prevede di poter destinare alla digestione anaerobica, distinti per macrocategoria. Si considerano le seguenti tipologie di flussi:

- RIFIUTI LIQUIDI: rifiuti caratterizzati da valori di COD elevati (≥ 6.000 mg/l) e di TSS bassi (≤ 10.000 mg/l)
- RIFIUTI DA FOSSE SETTICHE: rifiuti fangosi provenienti da fosse settiche, attualmente destinati al biologico esistente, e caratterizzati da valori di TSS elevati (> 10.000 mg/l)
- FANGHI BIOLOGICI (da biologico esistente): provenienti dall'ispessimento dei fanghi biologici prodotti nel trattamento biologico esistente

Tabella 4-1. Portate dei flussi destinati alla digestione anaerobica

Flusso	Portata annuale [m³/anno]	Portata giornaliera media [m³/giorno]
RIFIUTI LIQUIDI	60.955	167
RIFIUTI DA FOSSE SETTICHE	29.200	80
FANGHI BIOLOGICI (DA BIOLOGICO ESISTENTE)	32.850	90

In Tabella 4-1 sono riportati i soli flussi in ingresso alla digestione anaerobica provenienti da conferimento esterno dei rifiuti o in uscita dall'impianto biologico esistente. Non sono invece inclusi i dati relativi ai flussi riciclati internamente nelle nuove sezioni dell'impianto, che saranno oggetto di analisi e quantificazione in fase di progettazione.

4.1.2 Caratterizzazione dei flussi destinati alla digestione anaerobica

Per un corretto sviluppo dello studio è stato necessario caratterizzare in termini di COD, BOD, TSS, N e P i flussi destinati al trattamento di digestione anaerobica. A tal fine la Committente ha reso disponibili i dati dei rifiuti ritirati e che risultano rappresentativi dei rifiuti conferibili all'impianto in futuro. In Tabella 4-2 si riportano i dati relativi alle varie tipologie di reflui in ingresso:

Tabella 4-2. Caratteristiche dei flussi destinati alla digestione anaerobica

Flusso	COD [mg/L]	BOD5 [mg/L]	TSS [mg/L]	Azoto totale [mg/L]	Azoto ammoniacale (NH ₄ -N) [mg/L]	P totale [mg/L]
RIFIUTI LIQUIDI	52.000	13.500	180	2.000	1.500 (1929 mg _{NH4} /l)	153
RIFIUTI DA FOSSE SETTICHE	65.000	60.000	NOTA 1	3.772	86 (110 mg _{NH4} /l)	1.018
FANGHI BIOLOGICI (DA BIOLOGICO ESISTENTE)	68.300	25.581 NOTA 3	NOTA 1	3.764	78 (100 mg _{NH4} /l)	828

NOTA 1: Flusso al 4% di secco.

NOTA 2: Per la speciazione delle forme disciolte e particolate di COD/N/P si considera la composizione tipica delle cellule batteriche (C₆₀H₈₇O₂₃N₁₂P). Il rapporto COD/VSS è assunto pari a 1,42, la %N_{ORG} sui VSS presenti è pari al 12,2% in peso e quella del P è pari al 2,2%. Per i VSS si considera un rapporto percentuale tipico VSS/TSS del 75%. Eventuali altre forme di azoto organico non legate ai VSS saranno quantificate per differenza.

NOTA 3: Calcolato considerando un rapporto tipico COD/BOD5 = 2,67 nel fango proveniente da trattamento biologico.

4.2 Reflui provenienti dall'impianto biologico in condizioni future

SSE prevede un potenziale aumento dei carichi anche per l'impianto biologico esistente. Di seguito si riporta la caratterizzazione delle portate e concentrazioni del surnatante del trattamento biologico esistente nella sua nuova configurazione, per cui potrà essere previsto un trattamento di finissaggio all'interno della progettazione della linea di digestione anaerobica.

4.2.1 Portata del surnatante da trattamento biologico

In Tabella 4-3 si riportano i quantitativi del surnatante da trattamento biologico.

Tabella 4-3. Portata surnatante da trattamento biologico esistente

Flusso	Portata annuale [m ³ /anno]	Portata giornaliera media [m ³ /giorno]
SURNATANTE DA TRATTAMENTO BIOLOGICO	200.000	700

4.2.2 Caratterizzazione del surnatante da trattamento biologico

La Committente ha fornito i dati disponibili relativi al surnatante da trattamento biologico. In Tabella 4-4 si riportano i dati relativi al surnatante.

Tabella 4-4. Caratteristiche surnatante da trattamento biologico

Flusso	COD [mg/L]	BOD5 [mg/L]	TSS [mg/L]	Azoto totale [mg/L]	Azoto ammoniacale (NH ₄ -N) [mg/L]	Azoto nitrico (NO ₃ -N) [mg/L]	P totale [mg/L]
SURNATANTE TRATTAMENTO BIOLOGICO	1160	410	150	200	150	36	7,5

4.3 Parametri di design

Per il design dell'impianto di Digestione Anaerobica, in accordo alla Committente, saranno considerati i quantitativi e le caratteristiche di progetto indicate in Tabella 4-5.

Tabella 4-5. Parametri di design – ingresso linea Digestione Anaerobica

Parametro	Unità di misura	RIFIUTI LIQUIDI	RIFIUTI DA FOSSE SETTICHE	FANGHI BIOLOGICI (DA BIOLOGICO ESISTENTE)
Portata annuale	m ³ /anno	60.955	29.200	32.850
Giorni lavorativi annui	giorni	365	365	365
Portata giornaliera media	m ³ /giorno	167	80	90
Portata oraria media	m ³ /h	6,97	3,33	3,75
COD	mg/L	52.000	65.000	68.300
BOD5	mg/L	13.500	60.000	25.581
TSS	mg/L	180	NOTA 1	NOTA 1
Azoto totale	mg/L	2.000	3.772	3.764
Azoto ammoniacale (come NH ₄ -N)	mg/L	1.500 (1929 mg-NH ₄ /l)	86 (110 mg-NH ₄ /l)	78 (100 mg-NH ₄ /l)
Fosforo totale (come P)	mg/L	153	1.018	828

NOTA 1: Flusso al 4% di secco.

Per il design dell'impianto di un eventuale finissaggio del surnatante della linea biologica esistente, in accordo alla Committente, saranno considerati i quantitativi e le caratteristiche di progetto indicate in Tabella 4-6.

Tabella 4-6. Parametri di design – surnatante linea biologica

Parametro	Unità di misura	SURNATANTE BIOLOGICO ESISTENTE
Portata annuale	m ³ /anno	200.000
Giorni lavorativi annui	giorni	365
Portata giornaliera media	m ³ /giorno	700
Portata oraria media	m ³ /h	29,17
COD	mg/L	1.160
BOD5	mg/L	410
TSS	mg/L	150
Azoto totale	mg/L	200
Azoto ammoniacale (NH ₄ -N)	mg/L	150
Azoto nitrico (NO ₃ -N)	mg/L	36
Fosforo totale (come P)	mg/L	7,5

4.4 **Obiettivi di trattamento**

L'impianto sarà dimensionato per raggiungere i limiti di scarico in rete fognaria previsti dalla Tabella 3, Allegato 5, Parte III, D.Lgs 152/06. La seguente Tabella 4-7 riporta i limiti allo scarico che saranno obiettivo di trattamento.

Tabella 4-7. Limiti allo scarico da Tabella 3 Allegato 5 alla parte terza del D. Lgs. 152/06

Parametro	Unità di misura	Limite scarico in rete fognaria
pH	-	5,5 – 9,5
COD (come O ₂)	mg/L	500
BOD5 (come O ₂)	mg/L	250
Solidi sospesi totali	mg/L	200
Azoto ammoniacale (NH ₄ -N)	mg/L	30
Azoto nitroso (come N)	mg/L	0,6
Azoto nitrico (come N)	mg/L	30
Fosforo totale (come P)	mg/L	10

4.5 **Individuazione e caratteristiche delle utilities**

4.5.1 *Acqua industriale*

Pressione al limite batteria, min-norm-max. bar_a (Nota 1)

Temperatura al limite batteria, min-norm-max °C (Nota 1)

Caratteristiche chimiche-fisiche: (Nota 1)

Nota 1: da concordare con la Committente nelle successive fasi dell'ingegneria

4.5.2 *Energia elettrica*

È disponibile energia elettrica in bassa tensione;

Tensione, V 380 ± 10%

Frequenza, Hz 50 ± 1%

Fasi 3

Potenza disponibile kW (Nota 1)

Nota 1: da concordare con la Committente nelle successive fasi dell'ingegneria

4.6 **Individuazione degli spazi disponibili**

In Figura 4-1 si riporta l'area disponibile, attualmente area verde, per la realizzazione delle opere oggetto dell'intervento.



Figura 4-1. Area disponibile per la realizzazione delle nuove sezioni di impianto

5 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO

Il presente studio si basa su quanto già sviluppato in un precedente studio di fattibilità del 2023 (rif. relazione S476GE05001 Relazione Tecnica R1 e relativi documenti allegati), sviluppata per identificare la soluzione più idonea per la realizzazione della nuova linea di digestione anaerobica dell'impianto di Cambiago. Nel presente capitolo si descrive quanto sviluppato a partire dalla filiera proposta nello studio di fattibilità.

In breve, sono previste le seguenti nuove sezioni di impianto:

- **Ricezione, sollevamento, stoccaggio ed equalizzazione rifiuti conferiti da enti terzi** articolata in:
 - 3 stazioni di ricezione, sollevamento e stoccaggio rifiuti dedicate a:
 - rifiuti liquidi;
 - rifiuti fangosi;
 - rifiuti grassi / odorigeni (alimentati direttamente alla digestione, senza stoccaggio ed equalizzazione);
 - due vasche di equalizzazione per garantire l'alimentazione di un reflujo omogeneizzato a monte della digestione anaerobica.
- **Nuova linea di digestione anaerobica**, dedicata ai rifiuti caratterizzati da alto carico organico/TSS composta da:
 - 4 reattori di digestione anaerobica;
 - sezione di post-ispessimento dei fanghi digeriti, con rilancio del chiarificato alle nuove linee biologiche e del fango ispessito alla disidratazione;
 - sezione di valorizzazione del biogas prodotto per la generazione di energia elettrica e termica;
- **Linea biologica SBR di nitrificazione / denitrificazione** destinata al trattamento preliminare ("sgrossaggio") dei surnatanti provenienti dalla digestione anaerobica.
- **Sezione di rimozione chimica del fosforo** del reflujo in uscita dal primo stadio di trattamento biologico.
- **Linea biologica di finissaggio MBR**, dedicata al finissaggio dei surnatanti in uscita dal primo stadio di trattamento biologico e del reflujo proveniente dalle linee biologiche esistenti (denominate biologico ad aria e biologico ad ossigeno).
- **Sezione di trattamento a carboni attivi** per l'eventuale rimozione di composti recalcitranti e PFAS.
- **Sezione di trattamento ad ozono** con duplice finalità:
 - rendere biodegradabile l'eventuale COD refrattario del reflujo in uscita dal biologico SBR o dalle linee esistenti (aria/ossigeno);
 - in alternativa, rimuovere colore o abbattere COD refrattario in uscita dal biologico di finissaggio.
- **Linea fanghi** composta dalle seguenti sezioni:
 - Pre-ispessimento statico e ispessimento dinamico dei fanghi di supero provenienti dal I e II stadio di trattamento biologico e delle linee esistenti (aria e ossigeno);
 - Disidratazione dei fanghi digeriti, rilanciati dal post-ispessitore, e dei fanghi chimici mediante centrifuga o, in alternativa, pressa a vite;
 - Essiccamento termico dei fanghi disidratati.
- **Trattamento emissioni odorigene** composto da scrubber doppio stadio e biotrickling posti in serie.

Lo schema di flusso delle nuove sezioni di impianto è riportato in Figura 5-1.

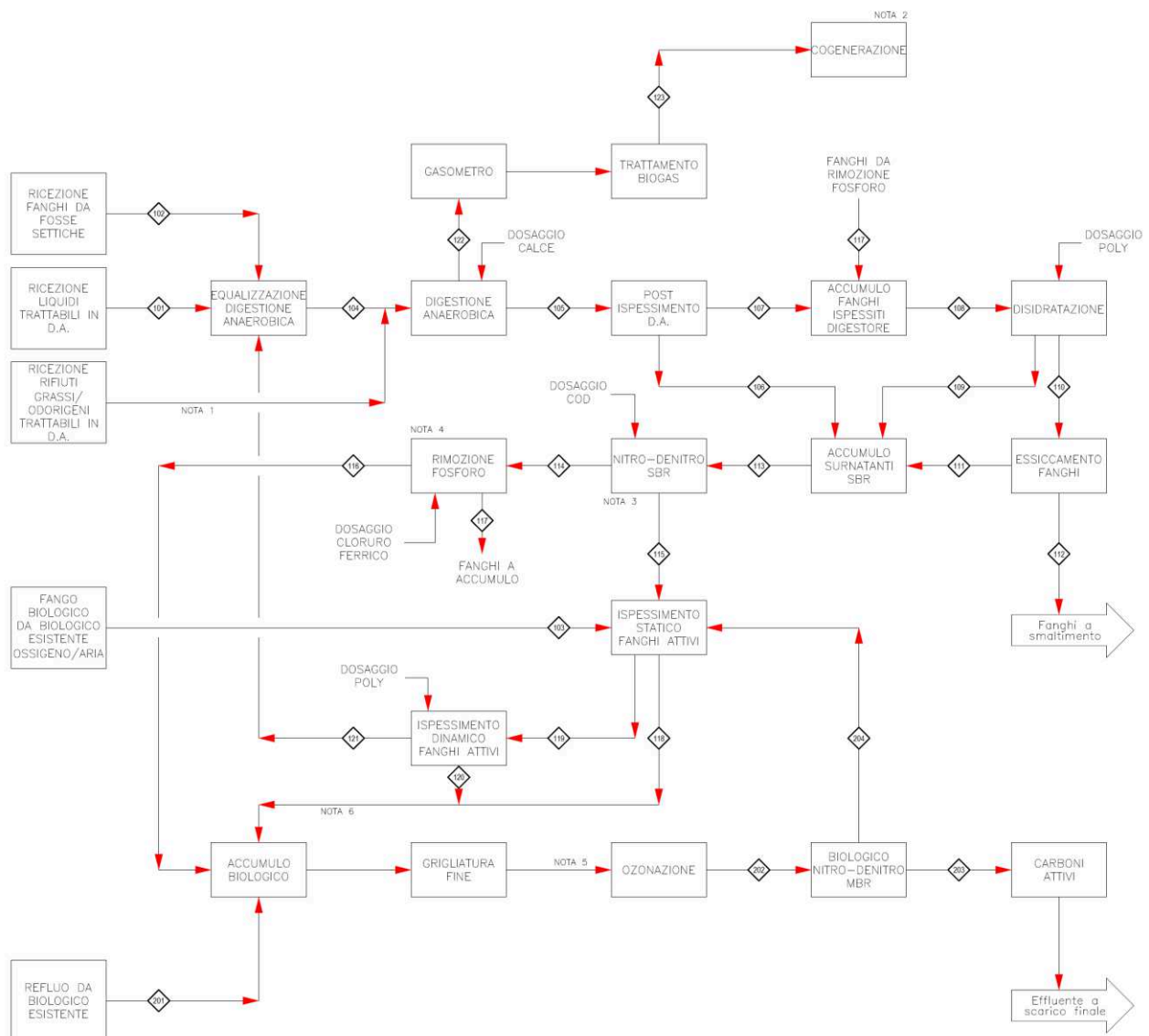


Figura 5-1 Schema di flusso delle nuove sezioni di trattamento dell'impianto di Cambiagio

Per le caratteristiche tecniche delle apparecchiature descritte nel presente capitolo e una maggior comprensione del processo si rimanda ai documenti:

- S538GE09001 *Planimetria generale*
- S538PR06001 *Elenco principali apparecchiature*
- S538PR08001 *Bilancio di massa*
- S538PR30001 *Schema a blocchi*
- S538PR30002 *Process Flow Diagram*
- S538PR09001 *Profilo idraulico*
- S538PR05001 *Lista utilities*
- S538PR05002 *Lista reagenti e smaltimenti*
- S538PI09001 *Planimetria con percorso tubazioni*
- S538CI09001 *Piante e sezioni*
- S538ME05001 *Selezione materiali*
- S538EL05001 *Elenco carichi elettrici*

6 DIMENSIONAMENTO DELLE SEZIONI PRINCIPALI

Nel presente capitolo si riportano alcune considerazioni relativamente al dimensionamento di processo delle principali sezioni di impianto: digestione anaerobica, comparto SBR di nitrificazione/denitrificazione, comparti biologico di finissaggio MBR. Per le altre sezioni si rimanda a quanto indicato in capitolo 7.

6.1 Digestione anaerobica

La sezione di digestione anaerobica è finalizzata al trattamento dei rifiuti liquidi e alla stabilizzazione dei rifiuti fangosi ricevuti in impianto con contestuale produzione di biogas. Per il dimensionamento si considera un reattore continuo completamente miscelato (CSTR) in regime mesofilo con alimentazione continua. Le ipotesi e la sequenza di calcolo corrispondono alla procedura di calcolo desunta dal *Metcalf & Eddy* (IV edizione).

6.1.1 Caratterizzazione del refluo

Per il dimensionamento della digestione anaerobica sono state prese in esame le concentrazioni e i carichi in ingresso alla sezione come riportati nel documento "S538PR08001 Bilancio di massa"..

Tabella 6-1: Caratteristiche del refluo in ingresso alla digestione anaerobica

Parametro	Valore	u.d.m.
Portata	332,5	m ³ /d
	13,8	m ³ /h
Temperatura	38,0	° C
Carico COD _{tot}	772,1	kg/h
Concentrazione COD _{tot}	55.756	mg/l
Carico COD _{sol}	437,5	kg/h
Concentrazione COD _{sol}	31.593	mg/l
Carico TSS	314,2	kg/h
Concentrazione TSS	22.688	mg/l
Carico VSS	235,6	kg/h
Concentrazione VSS	17.016	mg/l

6.1.2 Dimensionamento del volume di digestione

Per il dimensionamento del volume di digestione si considera un tempo di ritenzione del fango (SRT) pari a 20 giorni (tipico 15-30 giorni), tipico per una sezione di digestione anaerobica mesofila.

Tabella 6-2: Volume del comparto di digestione anaerobica

Parametro	Valore	u.d.m.
SRT	20	d
Volume totale (calcolato)	6.647	m ³
Carico COD (calcolato)	2,8	kg _{COD} /m ³ /d

Il carico di COD calcolato risulta in linea con digestori anaerobici mesofili con miscelazione completa (tipico 1 – 5 kg_{COD}/m³/d). In fase di esercizio, sarà necessario ottimizzare il carico effettivo anche in relazione alla natura dei rifiuti ritirati, con carichi maggiori in caso di reflui facilmente biodegradabili tramite digestione anaerobica e, viceversa, carichi minori in caso di reflui più difficilmente trattabili.

6.1.3 Rese di rimozione e produzione di fango

Le rese di rimozione assunte per il dimensionamento della sezione di digestione anaerobica per i parametri VSS e COD sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 6-3: Rese nella digestione anaerobica

Parametro	Valore	u.d.m.
Resa distruzione VSS	40	%
Resa distruzione COD _{sol}	80	%
COD _{sol} rimosso	350,0	kg _{COD} /h
VSS rimossi	94,3	kg _{VSS} /h
COD/VSS fanghi	1,42	g _{COD} /g _{VSS}
COD _{part} rimosso	133,8	kg _{COD} /h
COD _{tot} rimosso	483,9	kg _{COD} /h

La produzione di fango nella sezione è calcolata come segue:

$$P_x = \frac{YQ \times (S_0 - S)}{1 + b(SRT)} = 581 \text{ kg}_{SST}/d$$

Dove:

- Y è il coefficiente di resa (assunto = 0,08 kg_{VSS}/kg_{COD})
- b è il coefficiente endogeno (assunto = 0,03 d⁻¹).
- SRT è il tempo di ritenzione del fango (= 20 d)
- $S_0 - S$ indica la rimozione di substrato organico nel comparto di digestione anaerobica

6.1.4 Produzione di metano

La produzione di metano nel comparto di digestione anaerobica è calcolata come segue:

$$Q_{CH_4} = k \times [(S_0 - S) \times Q - 1,42 \times P_x] = 4.315 \text{ Nm}^3/d$$

Dove:

- Q_{CH_4} portata di produzione di metano in condizioni standard (0 °C e 1 atm) (m³/d)
- k fattore di conversione del metano prodotto (assunto = 0,40 m³_{CH₄}/kg_{COD}/d)

Tabella 6-4: Rese di produzione di metano

Parametro	Valore	u.d.m.
Portata di metano prodotto	4.315	Nm ³ /d
	179,8	Nm ³ /h
Rapporto CH ₄ /biogas	60	%

Parametro	Valore	u.d.m.
Portata di biogas prodotto	7.192	Nm ³ /d
	299,7	Nm ³ /h
Contenuto energetico	8.570	kcal/Nm ³ _{CH4}
	9,96	kW/Nm ³ _{CH4}
Energia oraria disponibile	1.791	kWh/h

6.2 Comparto biologico SBR nitrificazione / denitrificazione

Il I stadio del comparto biologico è stato dimensionato considerando una sezione di trattamento con processo di Nitrificazione / Denitrificazione in reattori SBR. I vantaggi della rimozione dell'azoto via nitrito si possono riassumere come segue:

- cinetica più veloce rispetto a quella della rimozione via nitrato;
- minor richiesta di ossigeno (circa -25/35%) per l'ossidazione dell'ammoniaca rispetto al processo di nitrificazione completo;
- minor richiesta di substrato organico rapidamente biodegradabile (circa -30/40%) rispetto al processo di denitrificazione.

L'ossidazione parziale ad azoto nitroso per mezzo dei batteri ammonio ossidanti (AOB) è ottenuto deprimendo la velocità di crescita dei batteri nitrito ossidanti (NOB) mediante il mantenimento di condizioni di processo ad essi sfavorevoli (basso ossigeno disciolto, < 0,5 ppm, temperatura elevata > 28 °C; pH > 7,2).

L'adozione di un I stadio di trattamento di questo tipo consente di ridurre considerevolmente le concentrazioni di azoto senza adottare tempi di residenza del fango elevati (con conseguenti riduzioni nei volumi del comparto), rimandando al II stadio biologico la funzione di affinamento del refluo. Le temperature elevate richieste per il processo ben si adattano al tipo di refluo oggetto dello studio, costituito principalmente da digestato caldo.

La procedura di dimensionamento dei volumi è stata eseguita considerando un processo convenzionale di nitrificazione / denitrificazione, con alcuni accorgimenti e modifiche nei parametri per adeguare il dimensionamento al processo di nitrificazione / denitrificazione e per garantire la scalabilità dal processo in continuo ad una configurazione batch.

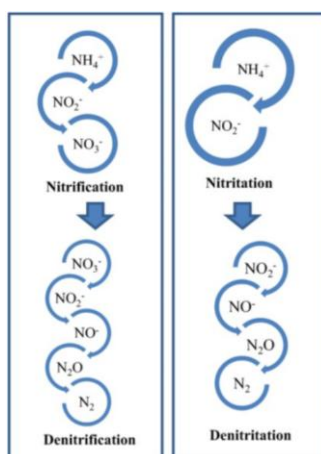


Figura 6-1: Schema di un sistema di trattamento di nitrificazione / denitrificazione confrontato con un processo tradizionale di nitrificazione / denitrificazione

6.2.1 Caratterizzazione del refluo

Per il dimensionamento della sezione biologica sono state prese in esame le concentrazioni e i carichi in ingresso alla sezione biologica come riportati nel documento “S538PR08001 Bilancio di massa”, che comprendono sia i flussi in uscita dalla sezione di post-ispessimento dei fanghi digeriti che i surnatanti della linea fanghi riciclati.

Tabella 6-5: Caratteristiche del refluo in ingresso alla sezione biologica SBR (I stadio)

Parametro	Valore	u.d.m.
Portata	358,2	m ³ /d
Carico COD	94,1	kg/h
Concentrazione COD	6.307	mg/l
Carico N _{TOT}	23,5	kg/h
Concentrazione N _{TOT}	1.577	mg/l
Carico SST	7,5	kg/h
Concentrazione SST	500,0	mg/l
Carico P totale	4,9	kg/h
Concentrazione P totale	325,7	mg/l

Stabilita la portata di progetto, vengono stimate le concentrazioni di COD biodegradabile (bCOD), assunto come parametro dimensionante S_0 , e COD non biodegradabile (nbCOD). Il valore di COD biodegradabile deve tenere in considerazione l'eventuale dosaggio di carbonio esterno necessario per la fase di denitrificazione.

Ai fini del dimensionamento, è stato considerato che il COD non biodegradabile sia trascurabile (nbCOD < 250 mg/l) rispetto ai valori di COD totale in ingresso. Questa assunzione permette di dimensionare il comparto biologico (inteso come somma di primo e secondo stadio) con caratteristiche idonee al raggiungimento dei limiti allo scarico. Qualora il refluo in uscita dal I stadio risulti avere concentrazioni di nbCOD > 250 mg/l, il rispetto dei limiti allo scarico potrà essere garantito grazie alla sezione di trattamento ad ozono o dei carboni attivi.

Le concentrazioni degli inquinanti attese nell'effluente sono quelle indicate in Tabella 6-6.

Tabella 6-6: Concentrazioni di inquinanti attese in uscita dal I stadio di trattamento biologico

Parametro	Valore	u.d.m.
COD	500,0	mg/l
NH ₄ -N	77,8	mg/l
NO _x -N (Nota 1)	130,0	mg/l
N _{TOT}	217,0	mg/l
SST	100,0	mg/l
P totale	277,2	mg/l

Nota 1: Si assume che parte dell'ammonio possa comunque essere ossidato completamente ad azoto nitrico.

Le fasi di dimensionamento del comparto SBR di nitrificazione / denitrificazione sono elencate di seguito e corrispondono alla procedura di calcolo desunta dal *Metcalf & Eddy* (IV edizione), opportunamente adeguata alla configurazione proposta.

6.2.2 Dimensionamento del volume di nitrificazione

Le fasi del dimensionamento del reattore di nitrificazione sono elencate di seguito:

1. Stabilire la portata e le caratteristiche del refluo influente e le concentrazioni da raggiungere nell'effluente;
2. Selezionare la concentrazione minima di ossigeno disciolto DO per la miscela liquida MLSS nella vasca di aerazione (valore pari a 0,5 mg/l per la nitrificazione);
3. Definire il valore dell'SRT necessario per la nitrificazione, che consente di conseguire il limite imposto sulla concentrazione di azoto ammoniacale $N-NH_4$ nell'effluente;
4. Determinare il coefficiente di sicurezza, ricavato in questo caso come rapporto tra il valore dell'SRT di progetto, imposto dal volume del reattore esistente, e l'SRT di cui al punto 4;
5. Calcolare la produzione di biomassa;
6. Eseguire un bilancio di materia dell'azoto al fine di determinare la concentrazione di azoto ossidato;
7. Calcolare la massa di VSS e TSS nel bacino di aerazione;
8. Selezionare la concentrazione di MLSS di progetto e determinare il tempo di residenza idraulica;
9. Determinare la produzione complessiva di fango e il rendimento osservato della crescita;
10. Determinare la concentrazione di biomassa MLSS sulla base del dimensionamento della nitrificazione.

6.2.3 Dimensionamento del volume di denitrificazione

Le fasi del dimensionamento del reattore di denitrificazione sono elencate di seguito:

1. Determinare la concentrazione desiderata di nitriti / nitrati nell'effluente (si veda Tabella 6-6);
2. Calcolare la quantità di nitriti / nitrati da rimuovere;
3. Calcolare la velocità di rimozione dei nitriti / nitrati e la biomassa denitritante / denitrificante;
4. Calcolare il volume necessario per la denitrificazione e il tempo di residenza idraulico;
5. Verificare se il BOD disponibile in ingresso è sufficiente per la denitrificazione e calcolare l'eventuale dosaggio di COD esterno (necessario per il calcolo del bCOD al paragrafo 6.2.1), considerando un dosaggio di 3,5 mgbCOD/mgNOx-N per garantire la denitrificazione.

6.2.4 Dimensionamento del sistema di aerazione

Il dimensionamento del sistema di aerazione deve essere tale da consentire il trattamento del bCOD nel refluo da trattare, soddisfare la respirazione endogena della biomassa, soddisfare la richiesta di ossigeno per la nitrificazione, assicurare una miscelazione adeguata e mantenere una concentrazione minima di ossigeno disciolto in tutta la vasca di aerazione. Esso dovrebbe essere dimensionato in modo da essere in grado di assicurare una concentrazione residua di ossigeno disciolto (OD) nella vasca di aerazione di 0,5 mg/l nelle condizioni di carico medio, con opportuni margini operativi per gestire le condizioni di punta. Per cui, il sistema di aerazione deve essere sufficientemente flessibile da soddisfare la richiesta minima di ossigeno, evitare un'aerazione eccessiva (consentendo quindi il risparmio di energia) e soddisfare la domanda massima di ossigeno.

6.2.4.1 Calcolo della richiesta di ossigeno

La quantità di ossigeno richiesta giornalmente dal processo (R_0) deve essere calcolata prendendo in considerazione l'ossigeno richiesto per la biodegradazione del substrato carbonioso (COD biodegradabile rimosso – COD fango spurgato) e per il processo di nitrificazione / nitrificazione; a questa quantità va sottratto l'ossigeno rilasciato dal processo di denitrificazione / denitrificazione. La relazione seguente permette di calcolare la richiesta di ossigeno:

$$R_0 = \text{OTR} = \underbrace{Q \cdot (S_0 - S)}_{\text{Ossigeno necessario per la biodegradazione del substrato carbonioso}} - \underbrace{1,42 \cdot P_{X,\text{bio}} + 4,57 \cdot Q \cdot \text{NO}_x}_{\text{Ossigeno necessario per la nitrificazione / nitrificazione}} - \underbrace{2,86 \cdot Q \cdot (\text{NO}_x - (\text{NO}_3\text{-N})_e)}_{\text{Ossigeno rilasciato da denitrificazione / denitrificazione}}$$

Nei processi biologici aerobici, il fabbisogno di ossigeno del metabolismo batterico (R_0) corrisponde alla capacità di trasferimento OTR (Oxygen Transfer Rate). L'OTR è la massa di ossigeno trasferita (solubilizzata) in un dato volume da un sistema di aerazione nell'unità di tempo (in condizioni di esercizio). Per cui:

$$R_0 \equiv \text{OTR}$$

6.2.4.2 Calcolo del SOTR

Per consentire confronti omogenei tra diversi sistemi di aerazione in fase di selezione degli stessi, viene definito l'SOTR (Standard OTR), ovvero la capacità di trasferimento in condizioni standard:

- Acqua pulita, bassa salinità (< 0.5 g/L), senza TSS;
- $T = 20^\circ\text{C}$;
- $\text{DO} = 0 \text{ mg/L}$;
- $P = 1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa}$;
- Umidità relativa = 100%.

L'SOTR è calcolato dalla seguente relazione:

$$\text{SOTR} = \left(\frac{\text{OTR}}{\alpha \times F} \right) \times \left(\frac{C_{\infty 20}}{\beta \times \left(\frac{C_{st}}{C_{s20}} \right) \times \left(\frac{Pb}{Pa} \right) \times C_{\infty 20} - C} \right) \times 1.024^{20-T}$$

Dove:

- α : fattore di correzione del trasferimento dell'ossigeno che tiene conto della composizione del refluo (rapporto tra il coefficiente di trasferimento del refluo in condizioni operative e quello relativo alle condizioni standard (tipicamente $0,4 \div 0,8$ per sistemi a bolle fini);
- F : fattore di sporco, generalmente variabile tra 0,65 e 0,9 (pari a 1 per aeratori a turbina);
- β : fattore di correzione per salinità e tensione superficiale (rapporto tra la concentrazione a saturazione dell'ossigeno nel liquame rispetto alla concentrazione dell'ossigeno in acqua pulita, in generiche condizioni di temperatura e pressione). Tipicamente $0,95 \div 0,98$;
- $1,024^{(20-T)}$: fattore di correzione della temperatura;
- C : concentrazione operativa media di ossigeno disciolto in vasca;
- C_{s20} : concentrazione di saturazione superficiale dell'ossigeno disciolto in acqua a livello del mare a 20°C ;
- C_{st} : concentrazione di saturazione superficiale dell'ossigeno disciolto in acqua a livello del mare alla T operativa;
- (C_{st}/C_{s20}) : fattore di correzione della temperatura;
- $C_{\infty 20}$: concentrazione di saturazione dell'ossigeno disciolto a livello del mare a 20°C per l'aerazione a diffusione. È più alta rispetto a C_{s20} poiché è influenzata dal trasferimento di ossigeno dalle bolle sotto la pressione aggiuntiva della colonna d'acqua sopra i diffusori. Il valore può essere calcolato come segue:

$$C_{\infty 20} = C_{s20} \times \left[1 + d_e \times \left(\frac{D_f}{P_a} \right) \right]$$

- d_e : fattore di correzione di profondità (tipicamente compreso tra 0,25 e 0,45);
- D_r : profondità d'installazione dei diffusori;
- P_a : pressione atmosferica a livello del mare (1 atm);
- (P_b/P_a) : fattore di correzione della pressione per la quota, calcolabile come:

$$\left(\frac{P_b}{P_a}\right) = \exp\left[-\frac{gM(z_b - z_a)}{RT}\right]$$

- P_b : pressione barometrica operativa del sito;
- g : costante gravitazionale;
- M : peso molecolare aria;
- R : costante universale dei gas;
- z_a : quota livello del mare;
- z_b : quota impianto sul livello del mare.

6.2.4.3 Calcolo della portata di aria

I cataloghi dei costruttori riportano, per condizioni standard, il rendimento di solubilizzazione, η_o (Standard Oxygen Transfer Efficiency, SOTE), inteso come rapporto tra la quantità di ossigeno solubilizzata e quella immessa. Esso è funzione della portata specifica d'aria alimentata attraverso ciascun diffusore: quando essa aumenta, cresce l'importanza dei fenomeni di agglomerazione tra le bolle nell'acqua, con perdite in termini di superficie specifica.

Viene calcolata la densità dell'aria alla temperatura di esercizio secondo la formula:

$$\rho_a = \frac{[P \cdot M]}{[R \cdot T]}$$

Fissata la percentuale in peso di ossigeno contenuto nell'aria ($\text{kg } O_2 / \text{kg aria}$), si ricava il valore di kg di ossigeno contenuti in 1 m^3 di aria come:

$$\text{kg } O_2 / \text{m}^3 \text{ aria} = \rho_a \cdot (\text{kg } O_2 / \text{kg aria})$$

Definito il rendimento di solubilizzazione, si ricava la portata di aria secondo la formula:

$$Q_{ARIA} = SOTR / [\eta_o \cdot (\text{kg } O_2 / \text{m}^3 \text{ aria})]$$

Applicando un fattore di picco, viene definita la portata di aria di progetto:

$$Q_{ARIA,PROGETTO} = FS \cdot Q_{ARIA}$$

6.2.5 Dati di dimensionamento del trattamento biologico I stadio

In Tabella 6-7 sono riportati i dati di dimensionamento del trattamento biologico calcolati come descritto nei paragrafi precedenti.

Tabella 6-7: Dati di dimensionamento del comparto biologico I stadio

Parametro	Valore	u.d.m.
Concentrazione MLSS	6,0	$\text{kg}_{\text{TSS}}/\text{m}^3$

Parametro	Valore	u.d.m.
Concentrazione MLVSS	4,7	kg _{VSS} /m ³
Volume nitrificazione	1.200	m ³
Volume denitrificazione	850	m ³
Volume totale	2.050	m ³
Dosaggio COD esterno	830,0 ^{Nota 1}	kg/d
Fanghi prodotti	706,4	kg _{TSS} /d
SRT	17,4	d
Portata d'aria	72.000 ^{Nota 2}	Nm ³ /d

Nota 1: il dosaggio di COD è calcolato considerando un processo interamente di nitrificazione/denitrificazione. Qualora il trattamento biologico sia effettuato completamente via nitrato, il valore è incrementato del 40-45%.

Nota 2: la portata d'aria è calcolata considerando un processo interamente di nitrificazione/denitrificazione. Qualora il trattamento biologico sia effettuato completamente via nitrato, il valore è incrementato del 30-40%.

Il dimensionamento del sistema e delle relative apparecchiature accessorie è stato effettuato considerando opportuni margini di sicurezza tali per cui, con adeguata modifica dei parametri operativi di processo, sarà possibile operare i reattori anche in configurazione tradizionale nitrificazione / denitrificazione.

Il volume totale del comparto biologico è calcolato sommando le volumetrie dei processi di nitrificazione e denitrificazione, scalate sui tempi di ciclo dei reattori SBR ipotizzati in fase di dimensionamento. In Tabella 6-8 si riportano i tempi di ciclo previsti in condizioni normali di processo.

Tabella 6-8: Durata delle fasi dei cicli nel comparto di nitrificazione / denitrificazione

Parametri comparto biologico	Unità di misura	Valore
Durata fase di carico	ore	1,0
Durata fase di aerazione	ore	3,0
Durata fase anossica	ore	2,0
Durata fase post-aerazione	ore	0,25 ^{Nota 1}
Durata fase di sedimentazione	ore	0,75
Durata fase di scarico	ore	1,0
Durata ciclo totale	ore	8,0

Nota 1: considerando la presenza di un II stadio biologico di finissaggio, la fase di post-aerazione è considerata opzionale.

L'effettiva durata delle diverse fasi dovrà essere adattata durante le fasi di start-up dell'impianto e potrà essere regolata sulla base della qualità dei rifiuti effettivamente conferiti in impianto.

Il volume equivalente del comparto biologico in modalità batch è scalato considerando i tempi delle fasi di carico, aerazione, anossica e post-aerazione, senza includere il tempo necessario alla sedimentazione della biomassa e allo scarico, considerando la fase di carico come tempo utile per la reazione (eventuale pre-denitrificazione o estensione fase di aerazione).

$$V_{SBR} = \frac{V_{tot} \times t_{ciclo}}{t_{carico} + t_{aerazione} + t_{anossica} + t_{post-aerazione}} \approx 2.800 \text{ m}^3$$

Il volume del comparto è poi suddiviso su un totale di 4 reattori SBR, ciascuno di 700 m³.

Analogamente, la portata d'aria è calcolata con un fattore di picco per considerare che il tempo di aerazione è solo una frazione del ciclo e deve tener conto della necessità di aerare almeno due reattori in contemporanea.

La Tabella 6-9 mostra i dati di dimensionamento del comparto biologico.

Tabella 6-9: Dati di dimensionamento della sezione di nitrificazione / denitrificazione

Parametri comparto biologico	Unità di misura	Valore
Numero di reattori	-	4
Numero cicli totale	-	12
Volume utile totale	m ³	2.900
Volume utile reattore SBR	m ³	725
Portata d'aria di design	Nm ³ /h	3.700

6.3 Comparto biologico di finissaggio MBR

Il II stadio di trattamento biologico è stato dimensionato considerando una sezione di ossidazione / nitrificazione, allo scopo di ossidare l'azoto residuo in uscita dal I stadio SBR e dalla linea biologica esistente e una sezione di post-denitrificazione per la riduzione delle concentrazioni di nitriti (in uscita dal I stadio) e dell'azoto nitrico (in uscita dal I stadio e dal volume di nitrificazione del II stadio). Il comparto prevede inoltre una sezione di post-aerazione, per garantire la completa ossidazione della sostanza organica dosata in post-denitrificazione, e una sezione di ultrafiltrazione MBR.

6.3.1 Caratterizzazione del refluo

Per il dimensionamento della sezione biologica di finissaggio sono state prese in esame le concentrazioni e i carichi in ingresso alla sezione come riportati nel documento "S538PR08001 Bilancio di massa".

Tabella 6-10. Caratteristiche del refluo in ingresso alla sezione biologica (II stadio)

Parametro	Valore	u.d.m.
Portata	1.232,7	m ³ /d
Carico COD	51,5	kg/h
Concentrazione COD	1.002,7	mg/l
Carico N _{TOT}	9,5	kg/h
Concentrazione N _{TOT}	186,7	mg/l
Carico SST	8,2	kg/h
Concentrazione SST	158,9	mg/l
Carico P totale	2,3	kg/h
Concentrazione P totale	45,0	mg/l

Le concentrazioni degli inquinanti nell'effluente in uscita dalla sezione di ultrafiltrazione MBR da garantire sono quelle indicate in Tabella 4-7.

6.3.2 Dimensionamento del volume di nitrificazione

Le fasi di dimensionamento del reattore per la rimozione della sostanza organica e di nitrificazione sono elencate di seguito e corrispondono alla procedura di calcolo desunta dal *Metcalfe & Eddy* (IV edizione):

1. Stabilire la portata e le caratteristiche del refluo influente e le concentrazioni da raggiungere nell'effluente;
2. Selezionare la concentrazione minima di ossigeno disciolto DO per la miscela liquida MLSS nella vasca di aerazione (pari a 2 mg/l);
3. Calcolare il tasso massimo di crescita della biomassa nitrificante ($\mu_{N,max}$) sulla base del valore effettivo di temperatura e di concentrazione di DO nel bacino di aerazione;
4. Calcolare il tasso netto di crescita della biomassa nitrificante μ' e il corrispondente valore dell'SRT, che consente di conseguire il limite imposto sulla concentrazione di azoto ammoniacale $N-NH_4$ nell'effluente;
5. Determinare il coefficiente di sicurezza, ricavato in questo caso come rapporto tra il valore dell'SRT di progetto, imposto dal volume del reattore esistente, e l'SRT di cui al punto 4;
6. Calcolare la produzione di biomassa;
7. Eseguire un bilancio di materia dell'azoto al fine di determinare la concentrazione di nitrati e nitriti, ossia l'azoto ossidato;
8. Calcolare la massa di VSS e TSS nel bacino di aerazione;
9. Selezionare la concentrazione di MLSS di progetto e determinare il tempo di residenza idraulica;
10. Determinare la produzione complessiva di fango e il rendimento osservato della crescita;
11. Determinare la concentrazione di biomassa MLSS sulla base del dimensionamento della nitrificazione.

6.3.3 Dimensionamento del reattore di post-denitrificazione

Le fasi del dimensionamento del reattore di post-denitrificazione sono elencate di seguito:

1. Calcolare la quantità di nitrati/nitriti da rimuovere in post-denitro (considerando quanto prodotto nel I stadio del biologico e nella sezione di nitrificazione del II stadio), tenendo conto della portata di fango ricircolata dalla sezione di ultrafiltrazione (impostata pari a 4 volte la portata in ingresso);
2. Determinare il volume di post-denitro:
 - a. Determinando la concentrazione residua di bCOD e calcolando il dosaggio di substrato carbonioso esterno necessario (4,5 mgbCOD/mgNO₃-N).
 - b. Calcolando la produzione di biomassa considerando l'aumento della sostanza organica dovuta al substrato esterno aggiunto e, di conseguenza, la concentrazione MLSS e MLVSS.
 - c. Dimensionando il volume del bacino con un SRT di progetto di 20 d.
3. Calcolo della variazione di concentrazione di NH₄-N, dovuta all'ammonificazione dell'azoto organico cellulare rilasciato come NH₄-N durante la lisi cellulare della biomassa;
4. Verifica della velocità di denitrificazione osservata.

6.3.4 Dimensionamento del reattore di post-aerazione

Il reattore di post-aerazione è dimensionato considerando un tempo di residenza pari a 1 h, mentre la richiesta di ossigeno della sezione è calcolata considerando $1 \text{ m}^3/\text{h}_{aria} / \text{m}^3_{vasca}$.

6.3.5 Dimensionamento del sistema di aerazione

Il dimensionamento del sistema di aerazione è effettuato mediante il medesimo procedimento descritto al paragrafo 6.2.4.

6.3.6 Dati di dimensionamento del trattamento biologico II stadio

In Tabella 6-7 sono riportati i dati di dimensionamento del trattamento biologico calcolati come descritto nei paragrafi precedenti.

Tabella 6-11: Dati di dimensionamento del comparto biologico II stadio

Parametro	Valore	u.d.m.
Concentrazione MLSS	6,5	kg _{TSS} /m ³
Concentrazione MLVSS	5,0	kg _{VSS} /m ³
Volume nitrificazione	1.200	m ³
Volume post-denitrificazione	400	m ³
Volume post-aerazione	150	m ³
Volume totale	1.750	m ³
Dosaggio COD esterno	790,4	kg/d
Fanghi prodotti	516,6	kg _{TSS} /d
SRT	22,0	d
Portata d'aria	3.300	Nm ³ /h

7 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

7.1 Considerazioni preliminari e filosofia di ridondanza

Come regola generale, il progetto è stato sviluppato considerando la seguente filosofia di ridondanza:

- “N+1” sulle soffianti a servizio del comparto biologico e su tutte le pompe principali per garantire la continuità operativa e minimizzare il rischio di guasti o malfunzionamenti. La ridondanza consente, in caso un'apparecchiatura dovesse fallire, di rendere immediatamente disponibile la riserva per prenderne il posto senza interrompere il servizio.
- I miscelatori sono stati considerati senza riserva installata, potrà essere considerata una riserva a magazzino per minimizzare i tempi di fermo in caso di malfunzionamenti, specialmente qualora i tempi di consegna previsti per un'eventuale sostituzione siano lunghi.
- “N+1” per ispessitore dinamico e centrifuga fanghi per garantire la continuità operativa nell'alimentazione della digestione anaerobica e dell'essiccatore fanghi in caso di malfunzionamento di un'apparecchiatura.
- Le apparecchiature con costi di investimento e spazio occupato più significativi (stoccaggio/preparazione reagenti, grigliatura fine per la sezione biologica di finissaggio, essiccatore fanghi, microturbina, scambiatori di calore, ecc.) sono stati considerati senza riserva (1 apparecchiatura al 100%).
- La sezione di trattamento biologico MBR è progettata considerando 2 linee al 50%, mentre la sezione di nitrificazione-denitrificazione SBR considerando una linea con 4 reattori al 25%.

Le tipologie di apparecchiature selezionate nel presente studio sono preliminari e potranno essere rivalutate nelle successive fasi di ingegneria, in accordo con la Committente, qualora ritenute migliorative da un punto di vista tecnico/economico. Il dimensionamento qui dettagliato è da intendersi come preliminare e dovrà essere meglio dettagliato nella fase di ingegneria esecutiva.

7.2 La linea di trattamento

7.2.1 *Ricezione, sollevamento, stoccaggio ed equalizzazione rifiuti*

La sezione di accettazione rifiuti ed equalizzazione è destinata alla gestione dei reflui liquidi e fangosi conferiti da autobotti, nonché dei rifiuti grassi/odorigeni inviati direttamente in digestione. La sezione si articola come segue:

Accettazione rifiuti liquidi

- Una stazione di ricezione con grigliatura preliminare (STO-PK-250) o, in alternativa, cestello manuale (STO-F-250), per i rifiuti liquidi conferiti tramite autobotte, per separare le componenti più grossolane dei rifiuti.
- Due pozzetti di sollevamento iniziale per i rifiuti liquidi (STO-CA-250/251) per il sollevamento dei reflui grigliati, mediante le pompe STO-P-250/251, ai serbatoi di stoccaggio.
- Dieci serbatoi di stoccaggio rifiuti liquidi (STO-S-22÷31) dotati di miscelatori (STO-ME-22÷31) per evitare depositi solidi.
- Un trituratore in linea (STO-T-251) a protezione delle pompe di alimentazione delle vasche di equalizzazione (STO-P-252 A/B).

Accettazione rifiuti fangosi

- Una stazione di ricezione con grigliatura preliminare (DIG-PK-251) per i rifiuti fangosi conferiti tramite autobotte, per separare le componenti più grossolane dei rifiuti che vengono successivamente alimentate ad un compattatore per ridurne il volume prima dello smaltimento.
- Una buca di lavaggio (DIG-CA-254) per il lavaggio delle autobotti da parte degli operatori, con sollevamento dei reflui ai pozzetti di sollevamento mediante una pompa di rilancio (DIG-P-253).
- Un doppio pozzetto di sollevamento iniziale per i rifiuti fangosi (DIG-CA-252/253), che raccoglie i reflui grigliati e/o dissabbiati, e le relative pompe (DIG-P-254/255) che li alimentano ai serbatoi di stoccaggio.
- Un classificatore sabbie (DIG-CS-251) per la separazione delle sabbie contenute nei rifiuti in ingresso.



- Due serbatoi di stoccaggio rifiuti fangosi (DIG-S-32/33) dotati di miscelatori (DIG-ME-32/33) per evitare depositi solidi.
- Un tritratore in linea (DIG-T-252) a protezione delle pompe di alimentazione delle vasche di equalizzazione (DIG-P-256 A/B).

Accettazione rifiuti grassi/odorigeni

- Una stazione di ricezione con cestello manuale (DIG-F-251/252) per i rifiuti grassi/odorigeni conferiti tramite autobotte, per separare le componenti più grossolane.
- Un tritratore in linea (DIG-T-253) a protezione delle pompe di alimentazione dei digestori (DIG-P-257/258).

Equalizzazione iniziale

- Due vasche di equalizzazione iniziale (DIG-CA-350/351) dotate di miscelatori sommersi (DIG-ME-350/351) per garantire che i reflui inviati al processo di digestione siano omogenei in termini di composizione e carico.
- Sistema di pompaggio (DIG-P-350÷351 A/B/C) per alimentare i digestori anaerobici.
- Dosaggio di calce dal package DOS-PK-159 per garantire correzione del pH / alcalinità nei digestori, cruciale per mantenere un ambiente stabile durante il processo di digestione anaerobica.

7.2.2 Digestione anaerobica

Le utenze relative alla nuova linea di digestione anaerobica sono costituite da:

Digestione anaerobica

- Quattro digestori anaerobici mesofili (DIG-TK-350÷353), dotati di pompe per la miscelazione (DIG-P-352÷355 A/B) e pompe per il ricircolo dei fanghi (DIG-P-356÷359 A/B) al sistema di riscaldamento tramite scambiatori di calore (DIG-E-350 A÷D).
- Package di dosaggio cloruro ferrico (DOS-PK-356), dosato nel fango di digestione, qualora si renda necessario ridurre la concentrazione di H₂S nel biogas in ingresso alla microturbina, prevenendo la corrosione e migliorando la qualità del biogas prodotto.
- Quattro post-ispessitori dei fanghi digeriti (DIG-CA-352÷355) con relativo carroponete (DIG-PK-355÷358), pompe di estrazione chiarificato (DIG-P-361 A/B) per il sollevamento dal relativo pozzetto (DIG-CA-356) al trattamento biologico SBR e pompe di rilancio del fango ispessito alla linea fanghi (DIG-P-360 A÷D).
- Package di dosaggio polielettrolita (DOS-PK-652) per garantire adeguate efficienza di ispessimento del fango.

Centrale termica

- Un gasometro (CT-PK-350) per lo stoccaggio temporaneo del biogas prodotto e successivo invio alla linea di valorizzazione.
- Una linea di valorizzazione dei biogas prodotto in digestione anaerobica composta da un sistema di trattamento biogas (CT-PK-353) e una microturbina di cogenerazione (CT-PK-354) per la produzione di energia elettrica e termica. È prevista anche l'installazione di una caldaia a metano per gestire le fasi di avviamento/manutenzione.
- Una torcia di emergenza (CT-PK-352), nel caso in cui il cogeneratore non sia in grado per qualsiasi motivo di convertire il biogas prodotto.

7.2.3 Linea biologica SBR di nitrificazione/denitrificazione

Le utenze relative alla linea biologica SBR di nitrificazione/denitrificazione sono costituite da:

Linea biologica SBR

- Due vasche di accumulo/omogeneizzazione dei surnatanti provenienti dalle fasi di post-ispessimento e di disidratazione / essiccamento dei fanghi (SBR-CA-150/151), dotate di miscelatori (SBR-ME-150/151) per prevenire sedimentazioni e garantire omogeneità nel carico. L'alimentazione del refluo

alle vasche SBR è effettuata con carico in sequenza dei reattori mediante pompe esterne (SBR-P-150 A÷C).

- Quattro reattori SBR (Sequence Batch Reactor) di nitrificazione/denitrificazione (SBR-CA-152 A÷D) per il trattamento biologico in sequenza di fasi (tipicamente carico, reazione aerata/anossica, sedimentazione del fango e scarico del chiarificato). I reattori sono mantenuti in miscelazione mediante un sistema paraboloidale (SBR-A-150 A÷D) che favorisce anche l'ossigenazione delle vasche grazie all'aria fornita dalle soffianti (SBR-C-150 A÷C). L'estrazione del chiarificato dalle vasche è effettuata tramite un sistema di scarico brandeggiante (SBR-PK-150 A÷D), che consente un'estrazione continua e regolata del refluo trattato. Il fango di supero viene estratto dalle vasche mediante pompe monovite (SBR-P-151 A÷C) per l'invio alla sezione di pre-ispessimento statico (SUR-TK-650 A÷D)
- Una vasca di sollevamento del refluo trattato (SBR-CA-153) per il rilancio, mediante pompa sommergibile (SBR-P-152 A/B), verso il trattamento di precipitazione chimica del fosforo o, in alternativa, verso la vasca di accumulo effluente SBR (BIO-CA-154) per il successivo stadio di finissaggio biologico.
- Un package di dosaggio di COD esterno come supporto al processo di denitrificazione/denitrificazione (DOS-PK-153).

Precipitazione chimica del fosforo

- Tre reattori batch con fondo tronco conico (SUR-TK-850 A/B/C) per la rimozione del fosforo con processo di coagulazione/flocculazione/sedimentazione tramite dosaggio di cloruro ferrico (DOS-PK-850) e polielettrolita (DOS-PK-851). I reattori sono miscelati mediante un agitatore verticale (SUR-AG-850 A/B/C) dotato di inverter per garantire miscelazione veloce nella prima fase di coagulazione e miscelazione lenta nella fase di flocculazione. Le pompe SUR-P-850 A÷D consentono il rilancio del fango alla fase di disidratazione, mentre le pompe SUR-P-851 A÷D consentono il ricircolo del chiarificato alla linea biologica di finissaggio.

7.2.4 Linea biologica esistente

La linea biologica esistente è soggetta ad ammodernamento nel comparto di sedimentazione secondaria per migliorare l'efficienza complessiva del trattamento:

- Costruzione di un nuovo sedimentatore a pianta circolare destinato al fango biologico ad aria, dotato di pompa di rilancio del fango (BIO-P-161 A/B) per l'invio alla sezione di pre-ispessimento statico. Il chiarificato è alimentato a gravità alla grigliatura fine della linea biologica di finissaggio MBR.
- Spostamento dei due sedimentatori a pacchi lamellari esistenti nella nuova area di impianto ad uso esclusivo del fango biologico della linea ad ossigeno, dotati di pompa di rilancio del fango (BIO-P-162 A÷D) alla sezione di pre-ispessimento statico. Il chiarificato è alimentato a gravità alla grigliatura fine della linea biologica di finissaggio.

Entrambe le sezioni di sedimentazione sono alimentate a gravità dalle vasche biologiche esistenti.

7.2.5 Linea biologica di finissaggio

Le utenze relative alla nuova linea biologica di finissaggio sono costituite da:

Accumulo e grigliatura

- Una vasca di accumulo (BIO-CA-154) dotata di miscelatore (BIO-ME-152) e pompe di rilancio (BIO-P-153 A/B) che raccoglie il refluo in uscita dalla linea biologica SBR di nitrificazione/denitrificazione e i surnatanti riciclati dalle sezioni di ispessimento statico e dinamico.
- Due package di grigliatura fine (BIO-PK-151 A/B), per la grigliatura del refluo in uscita dalla linea biologica SBR e dalla sezione biologica esistente (aria e ossigeno), con sollevamento dai relativi pozzetti (BIO-CA-155/156) mediante pompa sommergibile (BIO-P-154 A/B / BIO-P-155 A/B).
- Una seconda vasca di accumulo e equalizzazione (BIO-CA-157) dotata di miscelatore (BIO-ME-153) e pompe di rilancio (BIO-P-156 A÷C) alla linea biologica di finissaggio.

Trattamento biologico MBR

- Le vasche di nitrificazione (BIO-CA-159 A/B) sono dotate di sistemi di aerazione (BIO-A-151 A/B) per fornire ossigeno mediante le soffianti (BIO-C-151 A÷C) e favorire l'ossidazione dell'ammoniaca presente in uscita dalle linee biologiche SBR, ad aria e ossigeno in nitrati.
- Le vasche di denitrificazione (BIO-CA-160 A/B) sono progettate per rimuovere i nitrati prodotti e convertirli in azoto atmosferico (N₂) in condizioni anossiche.
- Le vasche di post-aerazione (BIO-CA-161 A/B) sono utilizzate per fornire un'ulteriore ossigenazione al refluo trattato, completando la stabilizzazione dei composti organici residui e favorendo la decomposizione di materiale organico che potrebbe rimanere nel chiarificato prima della filtrazione MBR.
- Il refluo in uscita dalle vasche di post-aerazione è alimentato in un canale di distribuzione (BIO-CA-162), mediante le pompe RAS (BIO-P-157 A÷D), e successivamente alle vasche MBR (BIO-CA-163 A÷C).
- Le membrane MBR (BIO-PK-153 A/B/C) assicurano un'ottimale filtrazione del chiarificato con basse concentrazioni di solidi sospesi. La linea di filtrazione MBR è servita da soffianti (BIO-C-152 A÷D) e pompe di permeato (BIO-P-158 A÷C), che permettono una separazione efficace dei solidi residui dal liquido e garantiscono anche le operazioni di controlavaggio del sistema. Il permeato è raccolto in un serbatoio di accumulo (BIO-TK-152). Parte del fango viene ricircolato (a gravità) in testa alle vasche di nitrificazione, mentre il fango di supero è inviato alla sezione di pre-ispessimento fanghi con le pompe RAS (BIO-P-159 A/B).

Trattamenti terziari

- Filtrazione a carboni attivi (BIO-PK-154 A/B) per la rimozione di PFAS o composti recalcitranti. L'alimentazione dei filtri è effettuata mediante le pompe (BIO-P-160 A/B). L'acqua trattata è successivamente inviata alla vasche di accumulo (CA-108 A/B) prima dello scarico in fognatura.

7.2.6 *Trattamento ad ozono*

La sezione di trattamento ad ozono è progettata per trattare eventuali composti refrattari ed è composta dalle seguenti apparecchiature:

- Un package di produzione dell'ozono (BIO-PK-155).
- Due serbatoi di contatto ozono (BIO-TK-150 A/B) provvisti di sistema di aerazione sul fondo per garantire un'efficace miscelazione e dosaggio di ozono e un serbatoio di deozonazione (BIO-TK-151) per rimuovere l'ozono residuo dal refluo.
- Un package di distruzione dell'ozono (BIO-PK-156) per la distruzione dell'ozono residuo, bypassato in condizioni normali di esercizio.
- Un compressore (BIO-C-153 A/B) per il dosaggio di ozono residuo alla linea biologica MBR.

Si prevedono le seguenti configurazioni di alimentazione della sezione di trattamento ad ozono:

- ozonazione dell'uscita del biologico esistente e del SBR nitrificazione/denitrificazione;
- ozonazione della sola uscita del biologico esistente;
- ozonazione della sola uscita del SBR nitrificazione/denitrificazione;
- ozonazione della sola uscita del biologico di finissaggio;
- bypass della sezione di ozonazione.

7.2.7 *Linea fanghi*

- Quattro reattori con fondo tronco conico per l'ispessimento statico (SUR-TK-650 A÷D) dei fanghi di supero prodotti nelle nuove linee biologiche SBR di nitrificazione/denitrificazione e finissaggio MBR, e nelle linee esistenti ad aria e ossigeno. Il fango ispessito è alimentato alla successiva sezione di ispessimento dinamico mediante la pompa SUR-P-651 A/B mentre il chiarificato viene raccolto nel pozzetto SUR-CA-650 e trasferito, tramite la pompa SUR-P-650, al trattamento biologico di finissaggio MBR.

- Gli ispessitori dinamici (SUR-PK-552 A/B) sono utilizzati per l'ulteriore ispessimento del fango che, dopo il trattamento, viene accumulato temporaneamente in due vasche (SUR-TK-550/551), miscelate tramite agitatori verticali (SUR-AG-550/551). Dopo l'ispessimento, il fango viene rilanciato alla vasca di equalizzazione mediante le pompe SUR-P-651/652 A/B. Il chiarificato risultante viene raccolto nel pozzetto SUR-CA-550 e trasferito, tramite la pompa SUR-P-551, alla linea biologica di finissaggio MBR.
- I fanghi digeriti e i fanghi chimici derivanti dalla rimozione chimica del fosforo vengono accumulati nelle vasche di accumulo (FAN-TK-552/553) e successivamente sollevati alla disidratazione tramite le pompe FAN-P-553 A/B.
- La disidratazione meccanica dei fanghi avviene attraverso la centrifuga (FAN-PK-550) o, in alternativa, con la pressa a vite (FAN-PK-551).
- I package di dosaggio polielettrolita (DOS-PK-653 e DOS-PK-553) sono utilizzati per garantire adeguata efficienza di ispessimento e disidratazione del fango.
- L'essiccamento termico fanghi (FAN-PK-552) è effettuato mediante sistema a bassa temperatura con alimentazione del fango disidratato mediante coclee (FAN-PK-555 A/B).

7.2.8 Sezione di trattamento odori

È previsto inoltre il trattamento degli odori (ODO-PK-900) delle parti di impianto ad elevato impatto odorigeno mediante trattamento con le seguenti sezioni poste in serie:

- scrubber bi-stadio a lavaggio acido e alcalino/ossidante
- biotrickling con camino di uscita dell'aria trattata dedicato

7.3 Sezioni di trattamento e apparecchiature elettromeccaniche

Nei seguenti capitoli sono descritte le apparecchiature principali e i dati di dimensionamento delle sezioni di impianto.

7.3.1 Ricezione e stoccaggio rifiuti liquidi

I rifiuti liquidi conferiti tramite autobotte sono inizialmente trattati in un sistema di grigliatura (STO-PK-250), che consente la separazione delle componenti più grossolane prima dello stoccaggio e dell'alimentazione alla linea di trattamento. Le caratteristiche della griglia sono riportate in Tabella 7-1. La grigliatura può essere bypassata in caso di manutenzione mediante l'utilizzo di un cestello manuale (STO-F-250), che richiede intervento operativo diretto per la pulizia dei rifiuti accumulati.

Tabella 7-1: Dati di dimensionamento della grigliatura preliminare rifiuti liquidi (STO-PK-250)

Parametro	Unità di misura	Valore
Portata	m ³ /h	100,0
Tipologia	Filtrococlea	
Dimensione apertura	mm	10 mm
Potenza nominale	kW	1,5

Il refluo grigliato viene raccolto nel pozzetto di sollevamento iniziale rifiuti liquidi (STO-CA-250/251), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 7-2.

Tabella 7-2: Dati di dimensionamento del pozzetto di sollevamento iniziale rifiuti liquidi (STO-CA-250/251).

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pozzetti	-	2
Volume utile	m ³	15,0
Volume geometrico	m ³	18,8
Larghezza	m	3,0
Lunghezza	m	2,5
Altezza	m	2,5

I pozzetti di sollevamento sono previsti con copertura mobile dotata di un bocchello per la connessione delle tubazioni aerauliche al sistema di trattamento dell'aria esausta.

I rifiuti liquidi sgrigliati vengono successivamente sollevati mediante la pompa di sollevamento iniziale rifiuti liquidi (STO-P-250/251) ai serbatoi di stoccaggio rifiuti liquidi (STO-S-22+31). Le caratteristiche delle pompe e dei serbatoi di stoccaggio sono riportate rispettivamente in Tabella 7-3 e Tabella 7-4.

Tabella 7-3: Dati di dimensionamento della pompa di sollevamento iniziale rifiuti liquidi (STO-P-250/251).

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	2
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	150,0
Prevalenza	m	10
Potenza nominale	kW	9,2

Tabella 7-4: Dati di dimensionamento dei serbatoi di stoccaggio rifiuti liquidi (STO-S-22÷31)

Parametro	Unità di misura	Valore
STO-S-22/23		
Numero serbatoi	-	2
Volume utile	m ³	200
Diametro	m	6,0
Altezza	m	8,0
STO-S-24/25		
Numero serbatoi	-	2
Volume utile	m ³	85
Diametro	m	4,0
Altezza	m	8,0
STO-S-26÷31		
Numero serbatoi	-	6
Volume utile	m ³	35
Diametro	m	3,0
Altezza	m	5,7
Volume di stoccaggio totale	m³	780
Portata oraria totale rifiuti liquidi in ingresso	m ³ /h	7,0
HRT	d	4,7

Ciascun serbatoio è dotato di miscelatori laterali (STO-ME-22÷31) che garantiscono la continua miscelazione del refluo ed evitano il deposito di solidi.

I serbatoi sono installati all'interno di un bacino di contenimento per garantire l'intercettazione di eventuali spanti o perdite indesiderate, provvisto di due pozzetti più profondi per l'alloggiamento di una pompa di sentina mobile per le operazioni di svuotamento del bacino.

I serbatoi di stoccaggio sono previsti con bocchello per la connessione delle tubazioni aerauliche al sistema di trattamento dell'aria esausta.

Dai serbatoi di stoccaggio, il refluo è successivamente alimentato alla linea di trattamento, attraverso un tritatore (STO-T-251), mediante la pompa di rilancio rifiuti liquidi ad equalizzazione (STO-P-252 A/B), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 7-5.

Tabella 7-5: Dati di dimensionamento della pompa di rilancio rifiuti liquidi ad equalizzazione (STO-P-252 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa centrifuga	
Portata	m ³ /h	50,0
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	5,5

7.3.2 Ricezione e stoccaggio rifiuti fangosi

I rifiuti fangosi, anch'essi conferiti tramite autobotte, sono trattati in un sistema di grigliatura preliminare (DIG-PK-251) per separare le componenti più grossolane dei rifiuti che vengono successivamente alimentate ad un compattatore per ridurne il volume prima dello smaltimento. Le caratteristiche della griglia sono riportate in Tabella 7-6.

Tabella 7-6: Dati di dimensionamento della grigliatura preliminare rifiuti fangosi digestore (DIG-PK-251)

Parametro	Unità di misura	Valore
Grigliatura a tamburo		
Portata	m ³ /h	100,0
Tipologia	Vaglio a tamburo rotante	
Dimensione apertura	mm	10 mm
Potenza nominale	kW	2,3
Compattatore		
Portata	m ³ /h	4,0
Tipologia	Compattatore a coclea	
Grado di compattazione	%	35 – 35
Potenza nominale	kW	4,0

Il refluo grigliato è scaricato nel primo dei pozzetti di sollevamento iniziale rifiuti fangosi (DIG-CA-252) e successivamente alimentato al classificatore sabbie (DIG-CS-251) per la rimozione delle sabbie contenute nei rifiuti, mediante la pompa di sollevamento rifiuti fangosi grigliati (DIG-P-254). Dal classificatore, il refluo è scaricato per gravità nel secondo dei pozzetti di sollevamento (DIG-CA-253) per essere poi rilanciato nei serbatoi di stoccaggio rifiuti fangosi (DIG-S-32/33) con la pompa di sollevamento rifiuti fangosi grigliati e dissabbiati (DIG-P-255). Ciascun serbatoio è dotato di miscelatori laterali (DIG-ME-32/33) che garantiscono la continua miscelazione del refluo ed evitano il deposito di solidi. I serbatoi sono installati all'interno di un bacino di contenimento per garantire l'intercettazione di eventuali spanti o perdite indesiderate.

Le caratteristiche dei pozzetti e delle apparecchiature sono riportate nelle tabelle seguenti.

Tabella 7-7: Dati di dimensionamento del pozzetto di sollevamento iniziale rifiuti fangosi (DIG-CA-252/253)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pozzetti	-	2
Volume utile	m ³	15,0
Volume geometrico	m ³	18,8
Larghezza	m	3,0
Lunghezza	m	2,5
Altezza	m	2,5

Tabella 7-8: Dati di dimensionamento della pompa di sollevamento iniziale rifiuti fangosi grigliati (DIG-P-254)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	100,0
Prevalenza	m	10
Potenza nominale	kW	7,5

Tabella 7-9: Dati di dimensionamento della pompa di sollevamento iniziale rifiuti fangosi grigliati e dissabbiati (DIG-P-255)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	150,0
Prevalenza	m	10
Potenza nominale	kW	9,2

Tabella 7-10: Dati di dimensionamento dei serbatoi di stoccaggio rifiuti fangosi (DIG-S-32/33)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero serbatoi	-	2
Volume utile	m ³	85
Diametro	m	4,0
Altezza	m	8,0
Volume di stoccaggio totale	m³	170
Portata oraria totale rifiuti liquidi in ingresso	m ³ /h	3,3
HRT	d	2,1

Tabella 7-11: Dati di dimensionamento della classifcatore sabbie scarico fanghi digestore (DIG-CS-251)

Parametro	Unità di misura	Valore
Portata	m ³ /h	100,0
Tipologia	Classificatore "Coanda"	
Grado di separazione granulometria > 0,2 mm	%	97
Potenza nominale	kW	1,5

I pozzetti di sollevamento sono previsti con copertura mobile dotata di un bocchello per la connessione delle tubazioni aerauliche al sistema di trattamento dell'aria esausta.

Analogamente, i serbatoi di stoccaggio sono previsti con bocchello per la connessione delle tubazioni aerauliche.

Nella stazione di ricezione è inoltre presente una buca di lavaggio (DIG-CA-254) per il lavaggio delle autobotti da parte degli operatori, con sollevamento del refluo ai pozzetti di sollevamento mediante una pompa di rilancio (DIG-P-253).

Tabella 7-12: Dati di dimensionamento della buca di lavaggio (DIG-CA-254)

Parametro	Unità di misura	Valore
Volume utile	m ³	130,2
Volume geometrico	m ³	153,5
Larghezza	m	3,0
Lunghezza	m	15,5
Altezza	m	3,3

Tabella 7-13: Dati di dimensionamento della pompa di rilancio buca di lavaggio (DIG-P-253)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	30,0
Prevalenza	m	10
Potenza nominale	kW	2,2

Dai serbatoi di stoccaggio, il refluo è successivamente alimentato alla linea di trattamento, attraverso un tritatore (DIG-T-252), mediante la pompa di rilancio rifiuti fangosi ad equalizzazione (DIG-P-256 A/B), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 7-14.

Tabella 7-14: Dati di dimensionamento della pompa di rilancio rifiuti fangosi ad equalizzazione (DIG-P-256 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa centrifuga	
Portata	m ³ /h	50,0
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	5,5

7.3.3 Ricezione rifiuti grassi / odorigeni

I rifiuti grassi o ad alto potenziale odorigeno vengono alimentati direttamente ai digestori anaerobici senza stoccaggio intermedio. È prevista una piazzola di ricezione dotata di cestello manuale (DIG-F-251/252) per la separazione grossolana delle frazioni solide, seguita da tritatori in linea (DIG-T-253) a protezione delle pompe di alimentazione dei digestori (DIG-P-257/258). I dati di dimensionamento delle pompe sono riportati in Tabella 7-15.

Tabella 7-15: Dati di dimensionamento della pompa scarico diretto a digestore (DIG-P-253)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa centrifuga	
Portata	m ³ /h	50,0
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	9,2

7.3.4 Equalizzazione iniziale

Vista l'eterogeneità dei rifiuti, a valle dei serbatoi di stoccaggio sono installate due vasche di equalizzazione (DIG-CA-350/351) dotate di miscelatori sommersi (DIG-ME-350/351) per garantire omogeneità e prevenire sedimentazioni. Dalle vasche, il refluo omogeneizzato è alimentato ai digestori anaerobici tramite pompe centrifughe (DIG-P-350/351 A/B/C). In questa sezione è previsto il dosaggio di calce dal package DOS-PK-159 per garantire il corretto pH e alcalinità, essenziali per mantenere la stabilità del processo anaerobico.

Nelle tabelle seguenti sono riassunti i dati di dimensionamento delle vasche e delle apparecchiature principali.

Tabella 7-16: Dati di dimensionamento della vasca di equalizzazione iniziale (DIG-CA-350/351)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero vasche	-	2
Portata oraria totale	m ³ /h	13,9
HRT totale	ore	28
Volume utile	m ³	200
Volume geometrico	m ³	240
Larghezza	m	5,0
Lunghezza	m	8,0
Altezza	m	6,0

Tabella 7-17: Dati di dimensionamento del mixer equalizzazione iniziale (DIG-ME-350/351)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero mixer	-	2
Tipologia	Miscelatore orizzontale sommerso	
Volume nominale vasca	m ³	200
Potenza nominale	kW	2,2

Le vasche di equalizzazione sono previste con copertura mobile dotata di un bocchello per la connessione delle tubazioni aerauliche al sistema di trattamento dell'aria esausta.

Tabella 7-18: Dati di dimensionamento della pompa di carico digestione anaerobica (DIG-P-350/351 A/B/C)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	4 + 2R
Tipologia	Pompa centrifuga	
Portata	m ³ /h	3,75
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	0,55

7.3.5 Digestione anaerobica

I rifiuti in ingresso e i fanghi ispessiti provenienti dalle sezioni biologica esistente e SBR vengono trattati tramite digestione anaerobica per la rimozione della sostanza organica e l'abbattimento dei solidi sospesi volatili presenti. Il trattamento è previsto in 4 digestori anaerobici mesofili (DIG-TK-350÷353), dotati di pompe per la miscelazione (DIG-P-352÷355 A/B) e pompe per il ricircolo dei fanghi (DIG-P-356÷359 A/B) al sistema di riscaldamento tramite scambiatori di calore (DIG-E-350 A÷D). L'acqua calda usata nello scambiatore di calore è prelevata dal loop di impianto proveniente dalla centrale termica mediante la pompa di rilancio acqua calda a digestione anaerobica (DIG-P-362 A÷F). Per il dimensionamento della sezione di digestione anaerobica si faccia riferimento al capitolo 6.1.

Le caratteristiche dei digestori e delle apparecchiature della sezione sono riportate nelle seguenti tabelle.

Tabella 7-19: Dati di dimensionamento dei reattori di digestione anaerobica (DIG-TK-352÷353)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero reattori	-	4
Materiale	-	Acciaio vetrificato
Portata oraria totale	m ³ /h	13,8
HRT totale	giorni	22
Volume utile	m ³	1.810
Volume geometrico	m ³	2.200
Diametro	m	16,0
Altezza totale	m	11,0
Altezza fuori terra	m	9,0

Tabella 7-20: Dati di dimensionamento della pompa di ricircolo digestione anaerobica (DIG-P-352÷355 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	4 + 4R
Tipologia	Pompa centrifuga	
Portata	m ³ /h	1.800
Prevalenza	m	3
Potenza nominale	kW	30,0

Tabella 7-21: Dati di dimensionamento della pompa di riscaldamento digestione anaerobica (DIG-P-356÷359 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	4 + 4R
Tipologia	Pompa centrifuga	
Portata	m ³ /h	100
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	11,0

Tabella 7-22: Dati di dimensionamento della pompa rilancio acqua calda a digestione anaerobica (DIG-P-362 A÷F)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	4 + 2R
Tipologia	Pompa centrifuga	
Portata	m ³ /h	11,7
Prevalenza	m	5
Potenza nominale	kW	0,37

Tabella 7-23: Dati di dimensionamento dello scambiatore digestione anaerobica (DIG-E-350 A÷D)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero scambiatori	-	4
Tipologia	Scambiatore a tubi concentrici controcorrente	
Portata fango	m ³ /h	100
Delta termico fango	°C	38,0 / 39,1
Portata acqua	m ³ /h	11
Delta termico acqua	°C	85 / 75
Potenza termica	kWh _f /h	125

È inoltre prevista l'installazione di un package di dosaggio cloruro ferrico (DOS-PK-356) qualora si renda necessario ridurre la concentrazione di H₂S nel biogas in ingresso alla microturbina. Il dosaggio del reagente potrà essere previsto o con alimento diretto nel digestore o prevedendo una *tee* sulla tubazione di uscita del fango dagli scambiatori di calore.

I reattori sono previsti con fondo conico rovesciato per garantire assenza di depositi nel centro.

I digestori anaerobici saranno provvisti di scale e passerella di accesso alla sommità dei reattori per garantire il monitoraggio della strumentazione e apparecchiature presenti, quali valvole di respiro o valvole telescopiche.

Gli scambiatori di calore, le pompe di riscaldamento del fango e le pompe di rilancio acqua calda sono previste installate in un locale chiuso.

7.3.6 Post ispessimento fanghi digeriti

I fanghi digeriti sono alimentati a gravità a 4 post-ispessitori (DIG-CA-352÷355) che consentono l'ispessimento del fango mediante la lenta rotazione di un carro ponte (DIG-PK-355÷358). Il processo è coadiuvato dal dosaggio di flocculante dal package di dosaggio polielettrolita (DOS-PK-652) per garantire adeguate efficienze di separazione e ispessimento del fango. Il fango ispessito è alimentato alla sezione di disidratazione tramite le pompe di rilancio del fango (DIG-P-360 A÷D). Il chiarificato è invece raccolto per gravità in un pozzetto di sollevamento (DIG-CA-356) e successivamente inviato al trattamento biologico SBR mediante le pompe di estrazione chiarificato (DIG-P-361 A/B).

Le caratteristiche dei post-ispessitori e delle apparecchiature della sezione sono riportate nelle seguenti tabelle.

Tabella 7-24: Dati di dimensionamento del postispessitore digestore (DIG-CA-352÷355)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero vasche	-	4
Portata oraria totale	m ³ /h	3,8
HRT totale	ore	22
Volume utile	m ³	85
Volume geometrico	m ³	113
Diametro	m	6,0
Altezza	m	4,0

Tabella 7-25: Dati di dimensionamento della pompa di supero ispessitori digestore (DIG-P-360 A÷D)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	4
Tipologia	Pompa monovite	
Portata	m ³ /h	19,0
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	3,0

Tabella 7-26: Dati di dimensionamento del pozzetto di sollevamento chiarificato postispessitore (DIG-CA-356)

Parametro	Unità di misura	Valore
Volume utile	m ³	8,0
Volume geometrico	m ³	10,0
Larghezza	m	2,0
Lunghezza	m	2,0
Altezza	m	2,5

Tabella 7-27: Dati di dimensionamento della pompa di rilancio chiarificato postispessitore a SBR (DIG-P-361 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	8,7
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	0,37

I post-ispessitori sono previsti con copertura mobile dotata di un bocchello per la connessione delle tubazioni aerauliche al sistema di trattamento dell'aria esausta.

Nella successiva fase di ingegneria esecutiva potrà essere valutata la possibilità di utilizzare post-ispessitori statici.

7.3.7 Linea biogas e centrale termica

Il biogas prodotto dalla digestione anaerobica viene stoccato temporaneamente in un gasometro (CT-PK-350), provvisto di ventilatore per garantire il mantenimento di pressione costante all'interno della membrana. Il biogas è poi inviato al package di trattamento del biogas (CT-PK-353), composto da filtro a condensazione, filtro a ghiaia, filtro a candele, e filtro a carbone attivo per la rimozione dei silossani.

Tabella 7-28: Dati di dimensionamento del gasometro (CT-PK-350)

Parametro	Unità di misura	Valore
Tipologia	Gasometro a 3 membrane $\frac{3}{4}$ sfera	
Portata biogas	Nm ³ /h	300 @ 60% CH ₄
HRT	ore	3
Volume utile	m ³	1000,0
Diametro	m	13,5
Altezza	m	10,4
Pressione	mbar	25

Tabella 7-29: Dati di dimensionamento del package trattamento biogas (CT-PK-353)

Parametro	Unità di misura	Valore
Filtro a condensazione		
Portata biogas	Nm ³ /h	300 @ 60% CH ₄
Diametro	mm	300
Pressione max	mbar	50
Filtro a ghiaia		
Portata biogas	Nm ³ /h	300 @ 60% CH ₄
Diametro	mm	300
Altezza	mm	1.600
Pressione max	mbar	50
Filtro a candele		
Portata biogas	Nm ³ /h	300 @ 60% CH ₄
Diametro	mm	300
Altezza	mm	1.600
Pressione max	mbar	50
Filtro a carboni attivi		
Numero filtri	-	2
Portata biogas	Nm ³ /h	300 @ 60% CH ₄
Diametro	mm	1.000
Altezza	mm	1.500

Nelle successive fasi di ingegneria dovrà essere valutata la possibilità di installare un desolforatore per la rimozione di H₂S nel biogas prima dell'invio in cogenerazione.

Successivamente il biogas è inviato, mediante la soffiante CT-C-350 A/B, alla sezione di valorizzazione in microturbina (CT-PK-354) per la produzione di energia elettrica e termica. Dalla centrale termica viene prodotta acqua calda che è rilanciata dalle pompe di ricircolo (CT-P-363 A/B) in un loop interno all'impianto per l'utilizzo nelle sezioni di digestione anaerobica ed essiccamento termico.

Tabella 7-30: Dati di dimensionamento della soffiante biogas turbina (CT-C-350 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero soffianti	-	1 + 1R
Tipologia	Soffiante a canale laterale antideflagrante	
Portata	Nm ³ /h	300,0 @ 60% CH ₄
Pressione	mbar	100
Potenza nominale	kW	4,0

Tabella 7-31: Dati di dimensionamento del package microturbina (CT-PK-354)

Parametro	Unità di misura	Valore
Tipologia	Sistema cogenerativo a turbina	
Portata biogas	Nm ³ /h	300,0 @ 60% CH ₄
Concentrazione metano nel biogas	%	60
Potenza elettrica necessaria	kW _e	47
Potenza elettrica prodotta	kW _e	600
Potenza termica prodotta	kW _t	877
Pressione	barg	4,8
Temperatura acqua	°C	85 / 75
Portata acqua calda	m ³ /h	77,9

Tabella 7-32: Dati di dimensionamento della pompa di ricircolo acqua calda / fredda centrale termica (CT-P-363 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa centrifuga	
Portata	m ³ /h	111,2
Prevalenza	m	5
Potenza nominale	kW	7,2

È prevista anche l'installazione di una caldaia a metano (CT-PK-355), installata in locale chiuso, per gestire le fasi di avviamento/manutenzione e garantire la potenza termica necessaria alle utenze anche nel periodo invernale.

Tabella 7-33: Dati di dimensionamento della caldaia biogas (CT-PK-355)

Parametro	Unità di misura	Valore
Tipologia	Caldaia a condensazione	
Potenza termica nominale (MAX) ^{Nota 1}	kWh/h	1.185
Consumo metano nominale (MAX) ^{Nota 1}	Nm ³ /h	130,0
Consumo biogas nominale (MAX) ^{Nota 1}	Nm ³ /h	215,0 @ 60% CH ₄
Potenza termica necessaria in INVERNO ^{Nota 2}	kWh/h	305,5
Consumo metano in INVERNO ^{Nota 2}	Nm ³ /h	33,4
Temperatura acqua	°C	85 / 75

Nota 1: caso in cui la microturbina sia fuori servizio e tutto il calore debba essere fornito dalla caldaia.

Nota 2: caso normale in inverno per garantire la potenza termica necessaria all'impianto

Si prevede inoltre l'installazione di una torcia di emergenza (CT-PK-352), preceduta in linea da uno scaricatore di condense (CT-PK-351), nel caso in cui il cogeneratore non sia in grado di convertire tutto il biogas prodotto.

Tabella 7-34: Dati di dimensionamento della torcia di emergenza (CT-PK-352)

Parametro	Unità di misura	Valore
Tipo di fiamma	Interamente contenuta ad alta temperatura	
Temperatura di combustione	°C	> 1.000
Potenza bruciatore	kW _t	1.800
Portata biogas	Nm³/h	300,0 @ 60% CH ₄
Tempo permanenza fumi	s	≥ 0,3
Ossigeno residuo	%	≥ 6%
Pressione di alimentazione	mbar	20
Diametro	mm	700
Altezza	mm	5.000

7.3.8 Linea biologica SBR di nitrificazione/denitrificazione

A monte del I stadio di trattamento biologico sono previste due vasche di accumulo/omogeneizzazione dei surnatanti provenienti dalle fasi di post-ispessimento e di disidratazione / essiccamento dei fanghi (SBR-CA-150/151), dotate di miscelatori (SBR-ME-150/151) per prevenire sedimentazioni e garantire omogeneità nel carico. L'alimentazione del refluo alle vasche SBR è effettuata con carico in sequenza dei reattori mediante pompe esterne (SBR-P-150 A÷C).

Nelle tabelle seguenti sono riassunti i dati di dimensionamento delle vasche e delle apparecchiature principali.

Tabella 7-35: Dati di dimensionamento della vasca di accumulo surnatanti, omogeneizzazione SBR (SBR-CA-150/151)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero vasche	-	2
Portata oraria totale	m³/h	14,9
HRT totale	ore	16
Volume utile	m³	118
Volume geometrico	m³	137
Larghezza	m	3,5
Lunghezza	m	5,6
Altezza totale	m	7,0
Altezza fuori terra	M	5,0

Tabella 7-36: Dati di dimensionamento del mixer accumulo surnatanti, omogeneizzazione SBR (SBR-ME-150/151)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero mixer	-	2
Tipologia	Miscelatore orizzontale sommerso	
Volume nominale vasca	m ³	120
Potenza nominale	kW	1,5

Tabella 7-37: Dati di dimensionamento della pompa di alimentazione SBR (SBR-P-150 A÷C)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	2 + 1R
Tipologia	Pompa centrifuga	
Portata	m ³ /h	32,3
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	3,0

Per il trattamento dei surnatanti è prevista la realizzazione di un sistema SBR (*Sequencing Batch Reactor*). Il sistema batch (discontinuo) di nitrificazione / denitrificazione permette di avere volumi più contenuti, maggiore flessibilità gestionale e una riduzione dei consumi energetici che può arrivare anche fino a un terzo rispetto ad un sistema tradizionale.

La configurazione impiantistica selezionata prevede di adottare 4 vasche con una fase di carico sequenziale tra un reattore e il successivo, con una fase intermedia di pausa nella fase di alimento con conseguente accumulo nelle vasche a monte.

Date le elevate concentrazioni di azoto in ingresso trattamento, contrapposte da ridotte concentrazioni di COD rapidamente biodegradabile nel digestato, si prevede dosaggio di sostanza organica esterna.

Tabella 7-38: Dati di dimensionamento dei reattori di nitro-denitro SBR (SBR-CA-152 A÷D)

Parametri comparto biologico	Unità di misura	Valore
Portata media oraria	m ³ /h	14,9
Numero di reattori	-	4
TSS in vasca	kg _{TSS} /m ³	6,0
SRT	giorni	17,0
Volume utile totale	m ³	2.900
Volume utile reattore	m ³	725
Volume geometrico reattore	m ³	850
Lunghezza	m	11,0
Larghezza	m	11,0
Altezza totale	m	7,0
Altezza fuori terra	m	5,0

La rimozione dell'azoto avverrà, regolando opportunamente la durata delle fasi, la concentrazione di ossigeno disciolto e il dosaggio di COD esterno, mediante package di dosaggio dedicato (DOS-PK-153). In fase operativa la Committente potrà valutare se effettuare un trattamento SBR di tipo nitrificazione / denitrificazione o di tipo nitrificazione / denitrificazione. Il dimensionamento del sistema prevede di poter operare in entrambe le configurazioni con opportuni accorgimenti gestionali.

All'interno dei reattori SBR sono installati 4 sistemi di miscelazione / aerazione combinati (SBR-A-150 A÷D), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 7-39.

Tabella 7-39: Dati di dimensionamento mixer SBR nitrificazione/denitrificazione (MX-102 A/B/C/D)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero mixer / reattore	-	1
Tipologia	Sistema di miscelazione / aerazione combinato	
Volume nominale vasca	m ³	725
Altezza liquido min / max	m	5,75 / 6,0
SOTR max	kgO ₂ /h	185 <small>Nota 1</small>
SOTE	%	35%
Massima portata d'aria	Nm ³ /h	1.760 <small>Nota 1</small>
Potenza nominale	kW	37,0

Nota 1: il valore di SOTR max tiene conto di un fattore di sicurezza per garantire un eventuale aumento della portata d'aria che permette di effettuare il processo con nitrificazione completa.

L'aerazione nei reattori biologici durante la fase di nitrificazione è effettuata mediante la soffiante SBR (SBR-C-150 A÷C), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 7-40.

Tabella 7-40: Dati di dimensionamento della soffiante SBR (SBR-C-150 A÷C)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	2W + 1R
Tipologia	Soffiante a vite	
Portata	m ³ /h	1.850
Prevalenza	mbar	650
Potenza nominale	kW	55

L'estrazione del chiarificato dalle vasche è effettuata tramite un sistema di scarico brandeggiante (SBR-PK-150 A÷D), che consente un'estrazione regolata del refluo trattato. Il fango di supero viene estratto dalle vasche mediante pompe monovite (SBR-P-151 A÷C) per l'invio alla sezione di pre-ispessimento statico (SUR-TK-650 A÷D).

Tabella 7-41: Dati di dimensionamento del sistema di estrazione chiarificato SBR (SBR-PK-150 A÷D)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero sistemi	-	4
Portata	m ³ /h	30,0
Durata fase di scarico chiarificato	min	60
Potenza nominale	kW	0,25

Tabella 7-42: Dati di dimensionamento della pompa fango supero SBR (SBR-P-151 A÷C)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	2 + 1R
Tipologia	Pompa monovite	
Portata	m ³ /h	18,0
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	3,0

Il refluo trattato nella sezione biologica è successivamente alimentato alla vasca di sollevamento del refluo trattato (SBR-CA-153) per il rilancio, mediante pompa sommergibile (SBR-P-152 A/B), verso il trattamento di precipitazione chimica del fosforo o, in alternativa, verso la vasca di accumulo effluente SBR (BIO-CA-154) per il successivo stadio di finissaggio biologico.

Tabella 7-43: Dati di dimensionamento della vasca di sollevamento chiarificato SBR (SBR-CA-153)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero vasche	-	1
Portata oraria totale	m ³ /h	29,9
HRT totale	ore	1,2
Volume utile	m ³	36
Volume geometrico	m ³	45
Larghezza	m	3,5
Lunghezza	m	5,1
Altezza	m	2,5

Tabella 7-44: Dati di dimensionamento della pompa di rilancio sollevamento SBR (SBR-P-152 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	55,6
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	5,5

7.3.9 Rimozione fosforo

Il refluo trattato nel biologico SBR presenta concentrazioni di fosforo ancora significative e non compatibili per una rimozione adeguata nel II stadio biologico a valle per raggiungere i valori richiesti allo scarico in fognatura. La rimozione di fosforo è conseguita attraverso un trattamento di coagulazione, flocculazione e sedimentazione effettuato in 3 reattori batch con fondo tronco conico (SUR-TK-850 A÷C). Il processo è coadiuvato da dosaggio di cloruro ferrico (DOS-PK-850) e polielettrolita (DOS-PK-851). I reattori sono miscelati mediante un agitatore verticale (SUR-AG-850 A÷C) dotato di inverter per garantire miscelazione veloce nella prima fase di coagulazione e miscelazione lenta nella fase di flocculazione. Le pompe SUR-P-850 A÷D consentono il rilancio del fango precipitato sul fondo del reattore alla fase di disidratazione, mentre le pompe SUR-P-851 A÷D consentono il ricircolo del chiarificato alla linea biologica di finissaggio MBR.

Tabella 7-45: Dati di dimensionamento del reattore rimozione fosforo (SUR-TK-850 A÷C)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero reattori	-	3
Materiale	-	PRFV
Portata oraria media	m ³ /h	12,8
Portata oraria istantanea	m ³ /h	56,5
Carico idraulico	m ³ /m ² h	1,4
Volume utile	m ³	30
Larghezza	m	3,0
Lunghezza	m	3,0
Altezza cono	m	3,0
Altezza cilindro	m	6,8

Tabella 7-46: Dati di dimensionamento del miscelatore rimozione fosforo (SUR-ME-850 A÷C)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero mixer	-	3
Tipologia	Agitatore verticale	
Volume nominale reattore	m ³	30
Potenza nominale	kW	15

Tabella 7-47: Dati di dimensionamento della pompa fanghi rimozione fosforo (SUR-P-850 A÷D)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	3 + 1R
Tipologia	Pompa monovite	
Portata	m ³ /h	11,0
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	1,5

Tabella 7-48: Dati di dimensionamento della pompa chiarificato rimozione fosforo (SUR-P-851 A÷D)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	3 + 1R
Tipologia	Pompa centrifuga	
Portata	m ³ /h	50,1
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	5,5

La sezione è installata all'interno del capannone fanghi. I reattori sono previsti con bocchello per la connessione delle tubazioni aerauliche al sistema di trattamento dell'aria esausta.

7.3.10 Linea biologica esistente

La linea biologica esistente viene adattata nel comparto di sedimentazione secondaria per migliorare l'efficienza complessiva del trattamento. È prevista la costruzione di un nuovo sedimentatore a pianta circolare destinato al fango biologico ad aria, dotato di pompa di rilancio del fango (BIO-P-161 A/B) per l'invio alla sezione di pre-ispessimento statico. Il chiarificato è alimentato a gravità alla grigliatura fine della linea biologica di finissaggio MBR.

Tabella 7-49: Dati di dimensionamento del sedimentatore secondario biologico ad aria (BIO-CA-158)

Parametro	Unità di misura	Valore
Portata oraria totale	m ³ /h	40,0
HRT totale	ore	4,0
Flusso solido	kg _{ss} /m ² /h	5,2
Carico idraulico	m/h	1,0
Volume utile	m ³	160
Diametro	m	7,0
Altezza	m	4,5

Tabella 7-50: Dati di dimensionamento della pompa fango di supero biologico ad aria (BIO-P-161 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa monovite	
Portata	m ³ /h	5,7
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

Inoltre, si prevede lo spostamento dei due sedimentatori a pacchi lamellari esistenti (BIO-TK-153 A/B) nella nuova area di impianto ad uso esclusivo del fango biologico della linea ad ossigeno, dotati di pompa di rilancio del fango (BIO-P-162 A÷D) alla sezione di pre-ispessimento statico. Il chiarificato è alimentato a gravità alla grigliatura fine della linea biologica di finissaggio.

Tabella 7-51: Dati di dimensionamento della pompa fango di supero biologico ad ossigeno impianto esistente (BIO-P-162 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	2 + 2R
Tipologia	Pompa monovite	
Portata	m ³ /h	2,9
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

Entrambe le sezioni di sedimentazione sono alimentate a gravità dalle vasche biologiche ad aria e ossigeno e sono posizionate in un'area di impianto ribassata (piano campagna ribassato di circa 0,5 m) rispetto alle altre nuove sezioni per garantire l'alimentazione a gravità. Nella successiva fase di ingegneria esecutiva dovranno essere verificate le quote effettive del piano campagna dell'impianto esistente e dell'area dedicata alle nuove sezioni.

7.3.11 Grigliatura fine

Il chiarificato in uscita dalla sezione di rimozione chimica del fosforo e i surnatanti ricircolati dalle sezioni di ispessimento statico e dinamico sono raccolti in una vasca di accumulo (BIO-CA-154) provvista di miscelatore (BIO-ME-152).

Tabella 7-52: Dati di dimensionamento della vasca di accumulo effluente SBR (BIO-CA-154)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero vasche	-	1
Portata oraria totale	m ³ /h	22,2
HRT totale	ore	8,0
Volume utile	m ³	162
Volume geometrico	m ³	190
Larghezza	m	6,0
Lunghezza	m	4,5
Altezza	m	7,0

Tabella 7-53: Dati di dimensionamento del mixer accumulo effluente SBR (BIO-ME-152)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero mixer	-	1
Tipologia	Miscelatore orizzontale sommerso	
Volume nominale vasca	m ³	160
Potenza nominale	kW	2,2

Il refluo è successivamente alimentato, mediante le pompe di rilancio (BIO-P-153 A/B), alla sezione di grigliatura fine (BIO-PK-151 A/B) per la rimozione dei solidi a protezione delle membrane MBR del biologico

di finissaggio. Alla sezione di grigliatura fine viene alimentato per gravità anche il chiarificato della sedimentazione secondaria del biologico esistente (aria e ossigeno).

Tabella 7-54: Dati di dimensionamento della pompa di rilancio sollevamento SBR (SBR-P-152 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	23,6
Prevalenza	m	10
Potenza nominale	kW	1,5

Tabella 7-55: Dati di dimensionamento della stazione grigliatura fine (BIO-PK-151 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero apparecchiature	-	2
Portata	m ³ /h	30,0
Tipologia	Filtrocclea	
Dimensione apertura	mm	< 1,5 mm
Potenza nominale	kW	0,75

Il refluo in uscita dalla sezione di grigliatura è raccolto per gravità nei pozzetti BIO-CA-155/156 e successivamente rilanciato alla vasca di equalizzazione mediante le pompe BIO-P-154 A/B e BIO-P-155 A/B.

Tabella 7-56: Dati di dimensionamento del pozzetto di sollevamento grigliatura fine (BIO-CA-155 / 156)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pozzetti	-	2
Volume utile	m ³	10
Volume geometrico	m ³	13
Larghezza	m	2,0
Lunghezza	m	2,5
Altezza	m	2,5

Tabella 7-57: Dati di dimensionamento della pompa di sollevamento grigliatura fine (BIO-P-154 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	23,6
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	2,2

Tabella 7-58: Dati di dimensionamento della pompa di sollevamento grigliatura fine (BIO-P-155 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	32,1
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	3,0

La vasca di equalizzazione biologico di finissaggio (BIO-CA-157) è mantenuta in miscelazione mediante mixer sommerso (BIO-ME-153). Il refluo omogeneizzato viene successivamente inviato alla linea biologica di finissaggio MBR mediante le pompe sommergibili BIO-P-156 A÷C.

Tabella 7-59: Dati di dimensionamento della vasca di equalizzazione biologico di finissaggio (BIO-CA-157)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero vasche	-	1
Portata oraria totale	m ³ /h	51,4
HRT totale	ore	3,0
Volume utile	m ³	162
Volume geometrico	m ³	190
Larghezza	m	6,0
Lunghezza	m	4,5
Altezza	m	7,0

Tabella 7-60: Dati di dimensionamento del mixer equalizzazione biologico finissaggio (BIO-ME-153)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero mixer	-	1
Tipologia	Miscelatore orizzontale sommerso	
Volume nominale vasca	m ³	160
Potenza nominale	kW	2,2

Tabella 7-61: Dati di dimensionamento della pompa di rilancio sollevamento SBR (SBR-P-156 A÷C)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	2 + 1R
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	27,9
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	3,0

7.3.12 Linea biologica di finissaggio MBR

La sezione di trattamento biologico è composta da due linee di trattamento in parallelo che includono una vasca di nitrificazione (BIO-CA-159 A/B), una vasca di post-denitrificazione (BIO-CA-160 A/B) e una vasca di post-aerazione (BIO-CA-161 A/B).

La rimozione dell'azoto nella sezione biologica avviene regolando opportunamente la concentrazione di ossigeno disciolto nella vasca di nitrificazione e con un'opportuna gestione dei ricircoli di fango dalla sezione di ultrafiltrazione MBR.

Tabella 7-62: Dati di dimensionamento della sezione di trattamento biologico di finissaggio MBR

Parametri comparto biologico	Unità di misura	Valore
Portata oraria	m ³ /h	51,4
TSS in vasca	kg _{TSS} /m ³	6,5
SRT ⁽¹⁾	giorni	22
Numero linee	-	2 @ 50%
VASCA DI NITRIFICAZIONE ⁽²⁾		
Volume utile	m ³	610
Volume geometrico	m ³	714
Lunghezza	m	17,0
Larghezza	m	6,0
Altezza	m	7,0
VASCA DI POST-DENITRIFICAZIONE ⁽²⁾		
Volume utile	m ³	215
Volume geometrico	m ³	252
Lunghezza	m	6,0
Larghezza	m	6,0
Altezza	m	7,0
VASCA DI POST-AERAZIONE ⁽²⁾		
Volume utile	m ³	90
Volume geometrico	m ³	105
Lunghezza	m	2,5
Larghezza	m	6,0
Altezza	m	7,0

NOTA 1: Complessivo dei comparti di nitrificazione e denitrificazione

NOTA 2: I volumi e le dimensioni delle vasche sono riferiti alla singola linea di trattamento

All'interno delle due linee di nitrificazione sono installati 2 sistemi di aerazione a bolle fini (BIO-A-151 A/B), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 7-63.

Tabella 7-63: Dati di dimensionamento del sistema di aerazione nitrificazione/denitrificazione (BIO-A-151 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Tipologia	Diffusore a disco bolle fini	
Altezza liquido	m	6,0
SOTR max	kgO ₂ /h	156
SOTE	%	35%
Massima portata d'aria	Nm ³ /h	1.650

L'aerazione nelle vasche di nitrificazione è effettuata mediante la soffiante trattamento biologico (BIO-C-151 A÷C), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 7-64.

Tabella 7-64: Dati di dimensionamento della soffiante trattamento biologico (BIO-C-151 A÷C)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	2W + 1R
Tipologia	Soffiante a vite	
Portata	m ³ /h	1.700
Prevalenza	mbar	650
Potenza nominale	kW	45

All'interno delle due linee di post-denitrificazione sono installati 2 miscelatori sommersi (BIO-ME-154 A/B), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 7-65.

Tabella 7-65: Dati di dimensionamento mixer vasca di denitrificazione finissaggio (BIO-ME-154 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero mixer / linea	-	1
Tipologia	Miscelatore orizzontale sommerso	
Volume nominale vasca	m ³	215
Potenza nominale	kW	2,2

All'interno delle due linee di post-aerazione sono installati 2 sistemi di aerazione a bolle fini (BIO-A-152 A/B), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 7-66.

Tabella 7-66: Dati di dimensionamento del sistema di aerazione vasca di post-aerazione finissaggio (BIO-A-152 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Tipologia	Diffusore a disco bolle fini	
Altezza liquido	m	6,0
SOTR max	kgO ₂ /h	1 – 15
SOTE	%	35%
Massima portata d'aria	Nm ³ /h	41

Il refluo in uscita dalle vasche di post-aerazione è alimentato in un canale di distribuzione (BIO-CA-162), mediante le pompe RAS (BIO-P-157 A÷D) in modalità *pump-to*, e successivamente alle vasche MBR (BIO-CA-163 A÷C).

Tabella 7-67: Dati di dimensionamento della pompa RAS, alimentazione vasca MBR (BIO-P-157 A÷D)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	3 +1R
Tipologia	Pompa centrifuga	
Portata	m ³ /h	126,5
Prevalenza	m	2
Potenza nominale	kW	2,2

Tabella 7-68: Dati di dimensionamento del manufatto con alloggiamento delle membrane MBR

Parametri comparto biologico	Unità di misura	Valore
CANALE DI DISTRIBUZIONE VASCA MBR		
Lunghezza	m	0,75
Larghezza	m	8,7
Altezza	m	1,0
VASCA MBR FINISSAGGIO		
Numero linee	-	3 @ 33%
Volume utile	m ³	19,0
Volume geometrico	m ³	24,5
Lunghezza	m	2,55
Larghezza	m	2,7
Altezza	m	3,55
CANALE RACCOLTA USCITA MBR		
Lunghezza	Lunghezza	0,75
Larghezza	Larghezza	8,7
Altezza	Altezza	3,55

Le membrane MBR a fibra cava (BIO-PK-153 A/B/C) assicurano un'ottimale filtrazione del chiarificato con basse concentrazioni di solidi sospesi. La linea di filtrazione MBR è servita da soffianti (BIO-C-152 A÷D), che garantiscono l'*air scouring* delle membrane, e pompe di permeato (BIO-P-158 A÷C), che permettono una separazione efficace dei solidi residui dal liquido e garantiscono anche le operazioni di controlavaggio del sistema.

Tabella 7-69: Dati di dimensionamento del package MBR (BIO-PK-153 A÷C)

Parametro	Unità di misura	Valore
Portata permeato oraria (N treni)	m ³ /h	49,6
Numero linee	-	3
Numero cassette per linea	-	1
Numero moduli per cassetta	-	56
Superficie totale di filtrazione	m ²	7.000
Flusso di permeazione (N treni)	L/m ² /h	7,0
Flusso di permeazione (N-1 treni)	L/m ² /h	10,5

Tabella 7-70: Dati di dimensionamento della pompa permeato MBR (BIO-P-158 A÷C)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	3W
Tipologia	Pompa a lobi reversibile	
Portata in permeazione	m ³ /h	23,0
Portata in backpulse	m ³ /h	81,0
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	7,5

Tabella 7-71: Dati di dimensionamento della soffiante vasca MBR finissaggio (BIO-C-152 A÷D)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	3W + 1R
Tipologia	Soffiante a lobi	
Portata	m ³ /h	360
Prevalenza	mbar	350
Potenza nominale	kW	7,5

Parte del fango viene ricircolato (a gravità) in testa alle vasche di nitrificazione, mentre il fango di supero è inviato alla sezione di pre-ispessimento fanghi con le pompe RAS (BIO-P-159 A/B).

Tabella 7-72: Dati di dimensionamento della pompa WAS, supero fanghi (BIO-P-159 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa centrifuga autoadescante a secco	
Portata	m ³ /h	4,3
Prevalenza	m	10
Potenza nominale	kW	0,37

Il permeato prodotto è temporaneamente raccolto nel serbatoio di accumulo filtrazione carboni attivi (BIO-TK-152) e può essere utilizzato per effettuare in modalità automatica il controlavaggio delle membrane.

La pulizia di mantenimento (*maintenance cleaning*) è un'operazione breve e ricorrente che integra i cicli di controlavaggio per contenere il fouling delle membrane MBR e stabilizzare la permeabilità delle membrane. Per questa fase si impiegano soluzioni a bassa concentrazione, tipicamente a base di ipoclorito per il biofouling organico e di acido citrico per incrostazioni leggere, con tempi di contatto ridotti così da non interrompere a lungo l'esercizio.

La pulizia di recupero (*recovery cleaning*) è invece un intervento straordinario necessario quando la TMP (pressione transmembrana) o la permeabilità superano soglie di allarme. Questa fase prevede ammoli con soluzioni più concentrate, ad esempio ipoclorito per depositi organici e acido citrico o cloridrico per incrostazioni inorganiche, e sequenze di lavaggio con risciacqui e neutralizzazioni, mirate a riportare le prestazioni delle membrane il più possibile vicino ai valori iniziali.

Si prevede pertanto un sistema di lavaggio chimico delle membrane MBR mediante dosaggio dei reagenti dal package di dosaggio ipoclorito di sodio (DOS-PK-157), dal package di dosaggio acido citrico (DOS-PK-158) e dal package di dosaggio acido cloridrico (DOS-PK-159).

Tabella 7-73: Dati di dimensionamento del serbatoio di accumulo filtrazione carboni attivi (BIO-TK-152)

Parametro	Unità di misura	Valore
Portata	m ³ /h	49,6
Materiale serbatoio	-	PRFV
Volume utile serbatoio	m ³	33,0
Diametro	m	2,5
Altezza	m	7,4

7.3.13 Filtrazione a carboni attivi

A valle del II stadio di trattamento biologico è previsto un sistema di filtrazione a carboni attivi (BIO-PK-154 A/B) per la rimozione di PFAS o composti recalcitranti. L'alimentazione dei filtri è effettuata mediante le pompe (BIO-P-160 A/B). L'acqua trattata è successivamente inviata alla vasche di accumulo esistenti (CA-108 A/B), fuori dai limiti di batteria dello studio, prima dello scarico in fognatura.

Tabella 7-74: Dati di dimensionamento della pompa carboni attivi (BIO-P-160 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa centrifuga	
Portata	m ³ /h	54,6
Prevalenza	m	25
Potenza nominale	kW	9,2

Tabella 7-75: Dati di dimensionamento del package filtro a carboni attivi (BIO-PK-154 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero filtri	-	2 in serie
Portata	m ³ /h	49,6
Volume utile serbatoio	m ³	6,2
Diametro	m	2,5
Altezza	m	3,1

7.3.14 Trattamento ad ozono

La sezione di trattamento ad ozono è progettata per i seguenti scopi:

- rendere biodegradabile l'eventuale COD refrattario del refluo in uscita dal biologico SBR o dalle linee biologiche esistenti (aria/ossigeno);
- rimuovere colore o abbattere COD refrattario in uscita dal biologico di finissaggio.

Di conseguenza, si prevedono le seguenti opzioni di processo, garantite da adeguato percorso tubazioni e valvole di sezionamento:

- ozonazione con uscita del biologico esistente e del SBR nitrificazione/denitrificazione;
- ozonazione con sola uscita del biologico esistente;
- ozonazione con sola uscita del SBR nitrificazione/denitrificazione;
- ozonazione con sola uscita del biologico di finissaggio;
- bypass della sezione di ozonazione.

L'ossigeno necessario per il processo di generazione ad ozono è prelevato dal package di stoccaggio ossigeno liquido esistente (DOS-PK-163), ubicato in prossimità del comparto biologico ad ossigeno. L'ozono è generato in un package di produzione dell'ozono (BIO-PK-155).

Il package di produzione dell'ozono include un sistema di raffreddamento chiller per garantire la continua produzione di acqua di raffreddamento a 15 °C.

Il dosaggio viene effettuato in due serbatoi di contatto (BIO-TK-150 A/B) provvisti di sistema di aerazione sul fondo per garantire un'efficace miscelazione e dosaggio di ozono. Nel serbatoio di deozonazione (BIO-TK-151) si prevede la rimozione dell'ozono residuo dal refluo, mentre un package di distruzione (BIO-PK-156) garantisce la distruzione dell'ozono residuo. Quest'ultima apparecchiatura è tuttavia bypassata in condizioni normali di esercizio in quanto si prevede l'utilizzo di un compressore (BIO-C-153 A/B) per il dosaggio di ozono residuo alla linea biologica MBR in modo da riciclare l'ossigeno e ridurre pertanto l'intervento delle soffianti della sezione.

Tabella 7-76: Dati di dimensionamento del package produzione ozono (BIO-PK-155)

Parametro	Unità di misura	Valore
Portata refluo	m ³ /h	51,4
Portata ozono	kg _{O₃} /h	15,0
Dose specifica ozono	g _{O₃} /g _{COD}	0,5
COD totale in ingresso	kg/h	29,2
Potenza specifica produzione 1 kg _{O₃} /h	kW/kg _{O₃} /h	8,5
Potenza installata generatore	kW	125
Temperatura acqua fredda chiller	°C	15
Potenza termica di design chiller	kW _t	230
Potenza installata chiller	kW	75

Tabella 7-77: Dati di dimensionamento del serbatoio di contatto ozono (BIO-TK-150 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero serbatoi	-	2
Portata	m ³ /h	51,4
Materiale serbatoio	-	AISI 316
Volume utile serbatoio	m ³	20,0
Diametro	m	1,8
Altezza	m	8,0

Tabella 7-78: Dati di dimensionamento del serbatoio di deozonazione (BIO-TK-151)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero serbatoi	-	1
Portata	m ³ /h	51,4
Materiale serbatoio	-	AISI 316
Volume utile serbatoio	m ³	20,0
Diametro	m	1,8
Altezza	m	8,0

Tabella 7-79: Dati di dimensionamento del package distruzione ozono (BIO-PK-156)

Parametro	Unità di misura	Valore
Portata gas	Nm ³ /h	110
Prevalenza	mbar	650
Potenza nominale	kW	2,2

Tabella 7-80: Dati di dimensionamento del compressore ozono residuo (BIO-C-153 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1W + 1R
Tipologia	Soffiante a vite	
Portata	m ³ /h	110
Prevalenza	mbar	650
Potenza nominale	kW	4,0

7.3.15 Linea fanghi

La linea di trattamento dei fanghi è posizionata all'interno del capannone di impianto. I reattori e le vasche installate nel locale sono previsti con bocchello per la connessione delle tubazioni aerauliche al sistema di trattamento dell'aria esausta.

7.3.15.1 Pre-ispessimento statico

I fanghi di supero delle linea esistente ad aria e ossigeno, il fango di supero della linea SBR e del biologico di finissaggio MBR sono alimentati in 4 reattori con fondo tronco conico per l'ispessimento statico (SUR-TK-650 A+D). Il fango ispessito è alimentato alla successiva sezione di ispessimento dinamico mediante la pompa SUR-P-651 A/B mentre il chiarificato viene raccolto nel pozzetto SUR-CA-650 e trasferito, tramite la pompa SUR-P-650, al trattamento biologico di finissaggio MBR.

Tabella 7-81: Dati di dimensionamento dell'ispessitore statico biologico fanghi attivi (SUR-TK-650 A+D)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero reattori	-	4
Materiale	-	PRFV
Portata oraria media	m ³ /h	14,2
Concentrazione TSS in ingresso	%	1,2
Concentrazione TSS in uscita	%	2,5
Volume utile	m ³	35
Diametro	m	3,0
Altezza cono	m	2,0
Altezza cilindro	m	4,0

Tabella 7-82: Dati di dimensionamento della pompa fanghi ispessiti uscita ispessitore statico (SUR-P-651 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa monovite	
Portata	m ³ /h	3,3
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	0,55

Tabella 7-83: Dati di dimensionamento del pozzetto di sollevamento chiariti ispessitori statici (BIO-CA-650)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pozzetti	-	1
Volume utile	m ³	3,4
Volume geometrico	m ³	4,5
Larghezza	m	1,5
Lunghezza	m	1,5
Altezza	m	2,0

Tabella 7-84: Dati di dimensionamento della pompa sollevamento chiariti ispessitori statici (SUR-P-650)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1W
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	22,2
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	2,2

7.3.15.2 Ispessimento dinamico

Il fango ispessito staticamente viene alimentato agli ispessitori dinamici (SUR-PK-552 A/B) per garantire un'ulteriore riduzione del volume di fango alimentato ai digestori anaerobici.

Il package di dosaggio polielettrolita (DOS-PK-653) è utilizzato per garantire adeguata efficienza di ispessimento del fango.

Tabella 7-85: Dati di dimensionamento dell'ispessitore dinamico (SUR-PK-552 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero ispessitori	-	1 +1R
Numero ore di lavoro al giorno	h/d	24
Portata in ingresso	m ³ /h	7,2
Carico di fango secco in ingresso	kg _{TSS} /h	180
Concentrazione fango in ingresso	-	2,5%
Concentrazione attesa fango in uscita	-	5,0%
Dosaggio di polielettrolita (dose al 45%)	kg/h	2,0
Lunghezza ingombro	m	4,7
Larghezza ingombro	m	1,4
Altezza ingombro	m	2,1
Potenza nominale	kW	1,1

L'effettivo dosaggio di polielettrolita potrà essere validato solo mediante test di laboratorio specifici in fase di avvio impianto (quali jar test) per garantire le efficienze di ispessimento e di cattura dei solidi.

La macchina è prevista installata su una struttura metallica rialzata. Dopo il trattamento, il fango è raccolto temporaneamente in due vasche di stoccaggio (SUR-TK-550/551).

Tabella 7-86: Dati di dimensionamento della vasca di accumulo fanghi attivi ispessiti (SUR-TK-550/551)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero vasche	-	2
Portata oraria totale	m ³ /h	3,6
HRT	ore	16
Volume utile	m ³	27,0
Volume geometrico	m ³	31,5
Larghezza	m	3,0
Lunghezza	m	3,0
Altezza	m	3,5

All'interno della vasca di accumulo fanghi è installato 1 miscelatore sommerso (SUR-AG-550/551), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 7-87.

Tabella 7-87: Dati di dimensionamento del mixer accumulo fanghi attivi ispessiti (SUR-AG-550/551)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero mixer	-	1
Tipologia	Agitatore verticale	
Volume nominale vasca	m ³	27,0
Potenza nominale	kW	2,2

I fanghi sono alimentati all'equalizzazione iniziale mediante la pompa fanghi ispessiti biox esistente, SBR e MBR (SUR-P-652 A/B), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 7-88.

Tabella 7-88: Dati di dimensionamento della pompa di ispessimento dinamico (P-108)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa monovite	
Portata	m ³ /h	3,6
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	0,55

Il chiarificato dell'ispessimento dinamico viene raccolto nel pozzetto SUR-CA-550 e trasferito, tramite la pompa SUR-P-551, alla linea biologica di finissaggio MBR.

Tabella 7-89: Dati di dimensionamento del pozzetto di rilancio surnatanti ispessimento dinamico (SUR-CA-550)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pozzetti	-	1
Volume utile	m ³	3,4
Volume geometrico	m ³	4,5
Larghezza	m	1,5
Lunghezza	m	1,5
Altezza	m	2,0

Tabella 7-90: Dati di dimensionamento della pompa rilancio surnatanti ispessimento dinamico (SUR-P-551)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1W
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	11,2
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	1,1

7.3.15.3 Disidratazione fango

I fanghi digeriti e i fanghi chimici derivanti dalla rimozione chimica del fosforo vengono accumulati nelle vasche di accumulo (FAN-TK-552/553) e successivamente sollevati alla disidratazione tramite le pompe FAN-P-553 A/B.

Tabella 7-91: Dati di dimensionamento della vasca di accumulo fanghi ispessiti digestore (FAN-TK-552/553)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero vasche	-	2
Portata oraria totale	m ³ /h	7,2
HRT	ore	16
Volume utile	m ³	56,0
Volume geometrico	m ³	64,0
Larghezza	m	4,0
Lunghezza	m	4,0
Altezza	m	4,0

All'interno della vasca di accumulo fanghi ispessiti è installato un agitatore verticale (FAN-AG-552/553), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 7-92.

Tabella 7-92: Dati di dimensionamento del mixer accumulo fanghi ispessiti (FAN-AG-552/553)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero mixer	-	1
Tipologia	Agitatore verticale	
Volume nominale vasca	m ³	56
Potenza nominale	kW	5,5

I fanghi ispessiti e i fanghi chimici sono successivamente alimentati alla disidratazione meccanica mediante le pompe FAN-P-553 A/B, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 7-93.

Tabella 7-93: Dati di dimensionamento della pompa fanghi ispessiti (FAN-P-553 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa monovite	
Portata	m ³ /h	7,7
Prevalenza	m	10
Potenza nominale	kW	0,55

La disidratazione meccanica dei fanghi avviene attraverso la centrifuga (FAN-PK-550) o, in alternativa, con la pressa a vite (FAN-PK-551).

In Tabella 7-94 e Tabella 7-95 sono riportati rispettivamente i dati di dimensionamento della centrifuga fanghi (FAN-PK-550) e della pressa a vite (FAN-PK-551).

Tabella 7-94: Dati di dimensionamento della centrifuga fanghi (FAN-PK-550)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero ore di lavoro al giorno	h/d	24
Portata in ingresso	m ³ /h	7,2
Carico di fango secco in ingresso	kg _{TSS} /h	259
Concentrazione fango in ingresso	-	3,6%
Concentrazione attesa fango in uscita	-	25,0%
Dosaggio di polielettrolita (dose al 45%)	kg/h	4,0
Lunghezza ingombro	m	3,7
Larghezza ingombro	m	1,5
Altezza ingombro	m	1,1
Potenza nominale	kW	48

Tabella 7-95: Dati di dimensionamento della pressa a vite fanghi (FAN-PK-551)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero ore di lavoro al giorno	h/d	24
Portata in ingresso	m ³ /h	7,2
Carico di fango secco in ingresso	kg _{TSS} /h	259
Concentrazione fango in ingresso	-	3,6%
Concentrazione attesa fango in uscita	-	25,0%
Dosaggio di polielettrolita (dose al 45%)	kg/h	Nota 1
Potenza nominale	kW	2,3

Nota 1: l'effettivo dosaggio di polielettrolita con la pressa a vite è teoricamente maggiore di quanto necessario per la centrifuga. I dimensionamenti delle sezioni sono effettuati considerando la pressa a vite come back-up della centrifuga.

Il package di dosaggio polielettrolita (DOS-PK-553) è utilizzato per garantire adeguata efficienza di disidratazione del fango. L'effettivo dosaggio di polielettrolita potrà essere validato solo mediante test di laboratorio specifici in fase di avvio impianto (quali jar test) per garantire le efficienze di disidratazione e di cattura dei solidi.

Le macchine sono previste installate al piano superiore del capannone fanghi, con scarico diretto al piano inferiore all'interno di un cassone scarrabile.

Il surnatante della disidratazione e dell'essiccamento termico dei fanghi viene raccolto nel pozzetto FAN-CA-551 e trasferito, tramite la pompa FAN-P-552, alla linea biologica SBR di nitrificazione / denitrificazione.

Tabella 7-96: Dati di dimensionamento del pozzetto di rilancio surnatanti disidratazione/essiccamento (FAN-CA-551)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pozzetti	-	1
Volume utile	m ³	3,4
Volume geometrico	m ³	4,5
Larghezza	m	1,5
Lunghezza	m	1,5
Altezza	m	2,0

Tabella 7-97: Dati di dimensionamento della pompa di rilancio surnatanti disidratazione/essiccamento (FAN-P-552)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1W
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	22,2
Prevalenza	m	10
Potenza nominale	kW	2,2

7.3.15.4 Essiccamento fanghi

I fanghi disidratati vengono sottoposti a operazioni di essiccamento mediante sistema a bassa temperatura (FAN-PK-552) al fine di minimizzare i fanghi prodotti e i conseguenti costi di smaltimento, che rappresentano una parte consistente dei costi operativi d'impianto. Il fango è caricato nella sezione di essiccamento mediante coclee di trasporto (FAN-PK-555 A/B).

L'essiccamento a nastro è un processo a bassa temperatura ($\approx 80\text{ }^{\circ}\text{C}$) e consente di ottenere il contatto tra fango e gas attraverso un nastro trasportatore su cui viene disposto il fango, esposto così alla temperatura di essiccazione mediante la movimentazione effettuata dal nastro. Il fango umido viene distribuito sul nastro per estrusione ed è trasportato in una o più camere di essiccamento.

Tabella 7-98: Dati di dimensionamento dell'essiccatore fanghi (FAN-PK-552)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero ore di lavoro al giorno	h/d	24
Portata in ingresso	m ³ /h	0,9
Carico di fango secco in ingresso	kg _{TSS} /h	250
Concentrazione fango in ingresso	-	25%
Concentrazione attesa fango in uscita	-	90%
Portata acqua evaporata	kg/h	739
Consumo energia termica	kWh/h	670
Temperatura acqua calda / fredda	°C	85 / 75
Potenza nominale del package	kW	138

Il riscaldamento della corrente fluida è effettuato mediante l'uso di scambiatori con recupero di calore dal circuito di acqua calda presente in impianto, con prelievo dal loop interno mediante la pompa di rilancio acqua calda a essiccatore (FAN-P-554 A/B).

Tabella 7-99: Dati di dimensionamento della pompa di rilancio acqua calda a essiccatore (FAN-P-554 A/B)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa centrifuga	
Portata	m ³ /h	66,0
Prevalenza	m	5,0
Potenza nominale	kW	2,2

Si prevede il riutilizzo dell'aria saturata a valle del processo, con invio ad una torre di condensazione (FAN-PK-554). L'aria secca in uscita dalla torre di condensazione è recuperata e inviata al circuito di riscaldamento per essere immessa nuovamente nel sistema di essiccamento.

Il processo di condensazione è garantito mediante un flusso continuo di acqua fredda. Poiché non si garantisce la piena disponibilità della portata di acqua fredda alla temperatura richiesta nel package di condensazione, si prevede l'installazione di una torre evaporativa (FAN-PK-553). L'acqua fredda in ingresso alla torre evaporativa, al fine di mantenere le condizioni ottimali del processo, dovrà avere una temperatura compresa tra i 19 °C e i 28°C, a seconda del fornitore dell'essiccatore selezionato.



I package di condensazione e della torre evaporativa sono previsti forniti insieme al package di essiccamento fanghi, essendo il relativo funzionamento strettamente connesso col funzionamento dell'essiccamento stesso.

7.3.16 Dosaggio chemicals

7.3.16.1 Dosaggio COD

Per il dosaggio di COD esterno al comparto biologico SBR di nitrificazione / denitrificazione è prevista l'installazione di un package di dosaggio COD esterno (DOS-PK-161), che include un serbatoio di stoccaggio del volume utile di 15 m³ allo scopo di garantire circa 1 settimana di stoccaggio del reagente.

Tabella 7-100: Dati di dimensionamento del serbatoio di stoccaggio COD SBR (DOS-PK-161)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero serbatoi	-	1
HRT	giorni	7
Volume utile serbatoio	m ³	15
Diametro	m	2,5
Altezza	m	3,7

Il dosaggio di COD esterno al I stadio di trattamento biologico è previsto mediante due pompe di dosaggio a membrana.

Tabella 7-101: Dati di dimensionamento della pompa di dosaggio COD SBR (DOS-PK-161)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa a membrana meccanica	
Portata	L/h	86,5
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

Per il dosaggio di COD esterno al comparto biologico di finissaggio MBR è prevista l'installazione di un package di dosaggio COD esterno (DOS-PK-162), che include un serbatoio di stoccaggio del volume utile di 15 m³ allo scopo di garantire circa 1 settimana di stoccaggio del reagente.

Tabella 7-102: Dati di dimensionamento del serbatoio di stoccaggio COD finissaggio MBR (DOS-PK-162)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero serbatoi	-	1
HRT	giorni	7
Volume utile serbatoio	m ³	15
Diametro	m	2,5
Altezza	m	3,7

Il dosaggio di COD esterno al II stadio di trattamento biologico è previsto mediante due pompe di dosaggio a membrana.

Tabella 7-103: Dati di dimensionamento della pompa di dosaggio COD finissaggio MBR (DOS-PK-162)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa a membrana meccanica	
Portata	L/h	82,3
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

7.3.16.2 Dosaggio reagenti precipitazione chimica del fosforo

Il dosaggio di reagenti necessario per la precipitazione chimica del fosforo è previsto mediante la stazione di dosaggio poli flocculazione rimozione fosforo (DOS-PK-851) e la stazione di dosaggio cloruro ferrico rimozione fosforo (DOS-PK-850).

Lo stoccaggio del polielettrolita commerciale è previsto in cisternette IBC, mentre si prevede preparazione del reagente alla concentrazione desiderata mediante diluizione e miscelazione con acqua di rete all'interno di un polipreparatore in acciaio, provvisto di miscelatore verticale e pompa di alimentazione dedicata.

Lo stoccaggio del coagulante (FeCl_3 @ 40%) è previsto in un serbatoio in PRFV da 15 m³ (valore da confermare a valle dei test di laboratorio a seconda della tipologia di coagulante, del dosaggio e del prodotto commerciale selezionato).

Il dosaggio di polimero e coagulante alla sezione di rimozione chimica del fosforo è previsto mediante le pompe descritte in Tabella 7-104 e Tabella 7-105.

Tabella 7-104: Dati di dimensionamento della pompa di dosaggio poli flocculazione rimozione fosforo (DOS-PK-851)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa a membrana meccanica	
Concentrazione soluzione	%	0,2 – 0,5
Portata	L/h	13 - 32
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

Tabella 7-105: Dati di dimensionamento della pompa di dosaggio cloruro ferrico rimozione fosforo (DOS-PK-850)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa a membrana meccanica	
Concentrazione soluzione	%	40
Portata	L/h	1 – 20
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

7.3.16.3 Dosaggio polimero linea fanghi

Il dosaggio di polimero al post-ispessimento fanghi digeriti è previsto mediante la stazione di dosaggio poli post-ispessitore DA (DOS-PK-652).

Lo stoccaggio del polielettrolita commerciale è previsto in cisternette IBC, mentre si prevede preparazione del reagente alla concentrazione desiderata mediante diluizione e miscelazione con acqua di rete all'interno di un polipreparatore in acciaio, provvisto di miscelatore verticale e pompa di alimentazione dedicata.

Il dosaggio di polimero alla linea fanghi è previsto mediante le pompe descritte in Tabella 7-108.

Tabella 7-106: Dati di dimensionamento della pompa di dosaggio poli post-ispessitore DA (DOS-PK-652)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa a membrana meccanica	
Concentrazione soluzione	%	0,2 – 0,5
Portata	L/h	245 – 610
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

Il dosaggio di polimero all'ispessitore dinamico è previsto mediante la stazione di dosaggio poli ispessitore SBR+MBR (DOS-PK-653).

Lo stoccaggio del polielettrolita commerciale è previsto in cisternette IBC, mentre si prevede preparazione del reagente alla concentrazione desiderata mediante diluizione e miscelazione con acqua di rete all'interno di un polipreparatore in acciaio, provvisto di miscelatore verticale e pompa di alimentazione dedicata.

Il dosaggio di polimero alla linea fanghi è previsto mediante le pompe descritte in Tabella 7-107.

Tabella 7-107: Dati di dimensionamento della pompa di dosaggio poli ispessitore SBR+MBR (DOS-PK-653)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa a membrana meccanica	
Concentrazione soluzione	%	0,2 – 0,5
Portata	L/h	180 – 450
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

Il dosaggio di polimero alla disidratazione è previsto mediante la stazione di dosaggio poli disidratazione fanghi (DOS-PK-553).

Lo stoccaggio del polielettrolita commerciale è previsto in cisternette IBC, mentre si prevede preparazione del reagente alla concentrazione desiderata mediante diluizione e miscelazione con acqua di rete all'interno di un polipreparatore in acciaio, provvisto di miscelatore verticale e pompa di alimentazione dedicata.

Il dosaggio di polimero alla linea fanghi è previsto mediante le pompe descritte in Tabella 7-108.

Tabella 7-108: Dati di dimensionamento della pompa di dosaggio poli disidratazione fanghi (DOS-PK-553)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa a membrana meccanica	
Concentrazione soluzione	%	0,2 – 0,5
Portata	L/h	355 – 890
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

7.3.16.4 Dosaggio reagenti lavaggio membrane

Il lavaggio periodico delle membrane a fibra cava (*Maintenance Cleaning* e *Recovery Cleaning*) è previsto mediante dosaggio di ipoclorito di sodio (DOS-PK-157), acido citrico (DOS-PK-158) e acido cloridrico (DOS-PK-159).

La Tabella 7-109, la Tabella 7-110 e la Tabella 7-111 riportano i dati di dimensionamento della pompa di dosaggio ipoclorito di sodio, acido citrico e acido cloridrico.

Tabella 7-109: Dati di dimensionamento della pompa di dosaggio ipoclorito di sodio (DOS-PK-157)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa a membrana meccanica	
Concentrazione soluzione	%	12
Portata	L/h	170 - 485
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

Tabella 7-110: Dati di dimensionamento della pompa di dosaggio acido citrico (DOS-PK-158)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa a membrana meccanica	
Concentrazione soluzione	%	50
Portata	L/h	130 - 230
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

Tabella 7-111: Dati di dimensionamento della pompa di dosaggio acido cloridrico (DOS-PK-159)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1 + 1R
Tipologia	Pompa a membrana meccanica	
Concentrazione soluzione	%	30
Portata	L/h	10 - 20
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

Lo stoccaggio dei reagenti commerciali è previsto in cisternette IBC.

7.3.16.5 Dosaggio calce

Per il dosaggio di latte di calce alle vasche di equalizzazione iniziale è prevista l'installazione di un package di dosaggio latte di calce (DOS-PK-160), che include un serbatoio di stoccaggio del volume utile di 30 m³ allo scopo di garantire circa 2 settimane di stoccaggio del reagente.

Tabella 7-112: Dati di dimensionamento del serbatoio di stoccaggio latte di calce (DOS-PK-160)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero serbatoi	-	1
HRT	giorni	14
Volume utile serbatoio	m ³	30
Diametro	m	3,0
Altezza	m	6,0

Il dosaggio di latte di calce alle vasche di equalizzazione iniziale è previsto mediante due pompe di dosaggio a membrana.

Tabella 7-113: Dati di dimensionamento della pompa di dosaggio latte di calce (DOS-PK-160)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	2W
Tipologia	Pompa a membrana meccanica	
Portata	L/h	50 – 150
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

L'effettivo dosaggio del reagente potrà essere valutato solo durante le fasi di start-up e conduzione dell'impianto sulla base delle tipologie di rifiuti e delle loro caratteristiche chimico fisiche. Il monitoraggio del pH all'interno della sezione di digestione anaerobica, soprattutto fino al raggiungimento di condizioni stazionarie, sarà una fase fondamentale per massimizzare il rendimento della sezione.

7.3.16.6 Dosaggio FeCl₃ per rimozione H₂S

È prevista l'installazione di un package di dosaggio cloruro ferrico (DOS-PK-356) qualora si renda necessario ridurre la concentrazione di H₂S nel biogas in ingresso alla microturbina. Il dosaggio di cloruro ferrico ai digestori è previsto mediante le pompe descritte in Tabella 7-114.

Tabella 7-114: Dati di dimensionamento della pompa di dosaggio cloruro ferrico (DOS-PK-356)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	2W
Tipologia	Pompa a membrana meccanica	
Concentrazione soluzione	%	40
Portata	L/h	1 - 20
Prevalenza	m	20
Potenza nominale	kW	0,37

Lo stoccaggio del coagulante commerciale è previsto in cisternette IBC.

7.3.17 Sezione di trattamento odori

È previsto il trattamento degli odori (ODO-PK-900) delle parti di impianto ad elevato impatto odorigeno mediante trattamento con le seguenti sezioni poste in serie:

- scrubber bi-stadio a lavaggio acido e alcalino/ossidante
- biotrickling con camino di uscita dell'aria trattata

L'estrazione dell'aria dalle diverse sezioni di impianto è prevista mediante l'utilizzo di 2 ventilatori (1 + 1 di riserva) posti a valle della sezione di trattamento biotrickling, con funzionamento in depressione. L'estrazione dell'aria sarà garantita da un ventilatore operante in continuo per garantire il totale trattamento dell'aria dalle sezioni intercettate. Il dimensionamento delle sezioni di trattamento odori ha tenuto in considerazione i dati riportati in Tabella 7.115.

Tabella 7.115. Condizioni di esercizio delle sezioni di trattamento odori

Sezione	N° ricambi aria/ora	Portata d'aria estratta (m³/h)
Serbatoi di stoccaggio rifiuti	2	1.900
Pozzetti di ricezione rifiuti liquidi	8	300
Pozzetti di ricezione rifiuti fangosi	8	300
Vasca di equalizzazione iniziale	4	320
Post-ispessimento fanghi digeriti	4	452
Reattori di rimozione chimica del fosforo	4	378
Reattori di pre-ispessimento statico	4	580
Vasche di accumulo fango ispessito	4	252
Vasche di accumulo fango a disidratazione	4	512
Area deposito cassoni fango	6	3.234
Area zona disidratazione fanghi	6	2.835
Locale essiccamento termico	8	28.800
Portata totale a trattamento	-	39.863
Portata totale a trattamento di design		40.000

Tabella 7.116. Caratteristiche dei ventilatori dei package trattamento odori (ODO-PK-900)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero ventilatori	-	1 + 1R
Portata	m³/h	40.000
Prevalenza	mmH ₂ O	500
Potenza nominale	kW	75,0

L'aria esausta proveniente dalle sezioni sopra riportate è trattata in due colonne scrubber a doppio stadio con lavaggio acido (prima colonna) e alcalino / ossidante (seconda colonna) poste in serie. Il package è provvisto di serbatoi di stoccaggio e pompe di dosaggio reagenti per garantire le reazioni necessarie per massimizzare la rimozione degli inquinanti presenti nell'aria esausta (quali, potenzialmente, NH₃ e H₂S, mercaptani, ecc.). Il lavaggio in controcorrente dell'aria esausta in ingresso a ciascuna torre è garantito dal continuo risciacquo con soluzione acida o alcalino / ossidante mediante delle pompe di ricircolo. I dati dimensionali delle colonne sono riportati in Tabella 7-117.

Tabella 7-117: Dati di dimensionamento delle torri di lavaggio scrubber a doppio stadio

Parametro	Unità di misura	Valore
Portata aria	m ³ /h	40.000
Colonna 1 – Lavaggio acido		
Materiale colonna	-	PP
Volume utile	m ³	
Diametro	m	3,0
Altezza	m	9,0
Numero pompe di ricircolo	-	2W
Portata pompe di ricircolo	m ³ /h	25
Dosaggio H ₂ SO ₄ @98%	L/h	4,7
Colonna 2 – Lavaggio alcalino / ossidante		
Materiale colonna	-	PP
Volume utile	m ³	
Diametro	m	3,0
Altezza	m	9,0
Numero pompe di ricircolo	-	2W
Portata pompe di ricircolo	m ³ /h	25
Dosaggio NaClO @12%	L/h	94,5
Dosaggio NaOH @40%	L/h	5,6

L'aria in uscita dagli scrubber doppio stadio viene alimentata tramite un collettore a tre linee biotrickling funzionanti in parallelo.

L'aria in ingresso ai filtri biotrickling attraversa il letto filtrante composto da materiale rivestito di "biofilm" in cui risiedono i microrganismi che metabolizzano gli inquinanti in essa contenuti. Gli inquinanti presenti vengono trasformati in vapor d'acqua, anidride carbonica e biomassa tramite una reazione di ossidazione biologica con l'ossigeno contenuto nell'aria. Pertanto, deve essere garantita un'adeguata distribuzione dell'aria in tutto il volume del letto per facilitare la diffusione dell'ossigeno nel biofilm. Una corretta gestione del biotrickling prevede il controllo di temperatura, pH, umidità e dell'apporto di nutrienti e di ossigeno. L'umidificazione del letto filtrante è ottenuta mediante delle pompe di ricircolo che consentono di alimentare in modo continuo un sistema di spruzzaggio per il lavaggio del letto prelevando l'acqua contenente nutrienti da una vasca di accumulo posta sotto i filtri stessi. Il materiale utilizzato nei filtri biotrickling di natura silicea (lapillo vulcanico) o calcarea offre elevata resistenza alla corrosione di acidi forti quali H₂S. Le caratteristiche dei filtri biotrickling sono illustrate in Tabella 7.118.

Tabella 7.118. Caratteristiche dimensionali dei filtri biotrickling

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero linee	-	3
Portata d'aria	40.000	m ³ /h
	11,1	m ³ /s
Carico volumetrico	150	m ³ /h/m ³
Tempo di residenza	24	s
Volume totale richiesto	266,0	m ³
Altezza letto filtrante	2,5	m
Superficie totale richiesta	286,1	m ²

Le tubazioni aerauliche principali saranno dotate di serrande di sezionamento e serrande di regolazione, sia manuali che automatiche, per garantire il corretto funzionamento del sistema.

Le acque di spurgo delle torri di lavaggio e del filtro biotrickling sono alimentate a gravità ad un pozzetto di sollevamento (ODO-CA-900) e successivamente rilanciate al trattamento biologico SBR di nitrificazione / denitrificazione mediante la pompa acqua di spurgo trattamento odori (ODO-P-900).

Tabella 7-119: Dati di dimensionamento del pozzetto di sollevamento acqua di spurgo trattamento odori (ODO-CA-900)

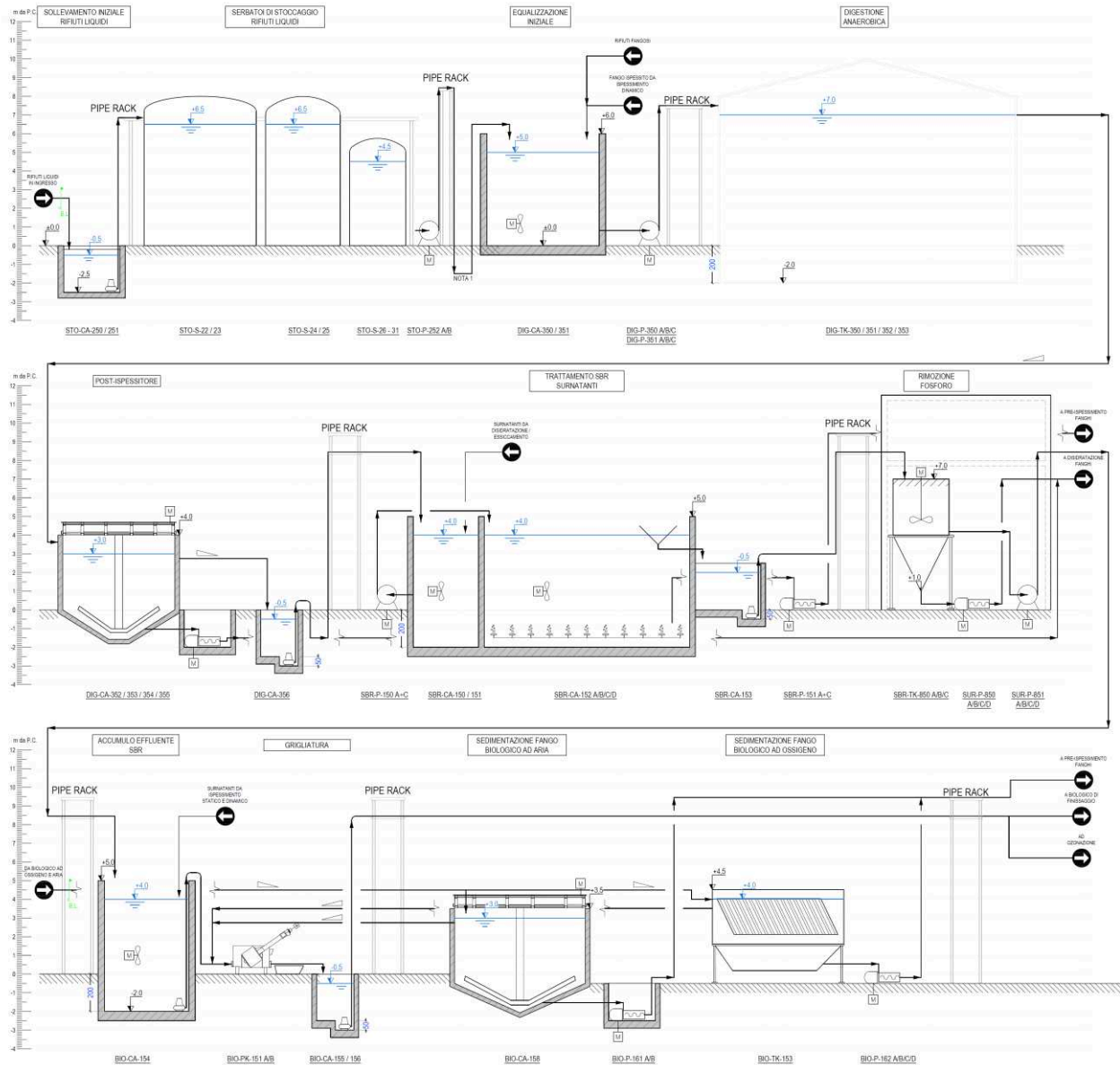
Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pozzetti	-	1
Volume utile	m ³	3,4
Volume geometrico	m ³	4,5
Larghezza	m	1,5
Lunghezza	m	1,5
Altezza	m	2,0

Tabella 7-120: Dati di dimensionamento della pompa di sollevamento acqua di spurgo trattamento odori (ODO-CA-900)

Parametro	Unità di misura	Valore
Numero pompe	-	1W
Tipologia	Pompa sommergibile	
Portata	m ³ /h	5,5
Prevalenza	m	15
Potenza nominale	kW	0,37

7.4 Profilo idraulico

Nella configurazione di processo prevista nel presente studio, le diverse sezioni di impianto sono prevalentemente connesse da tubazioni in pressione mediante pompaggio del refluo. Il documento "S538PR09001 Profilo idraulico" illustra in dettaglio le quote delle vasche e del livello liquido delle diverse sezioni.



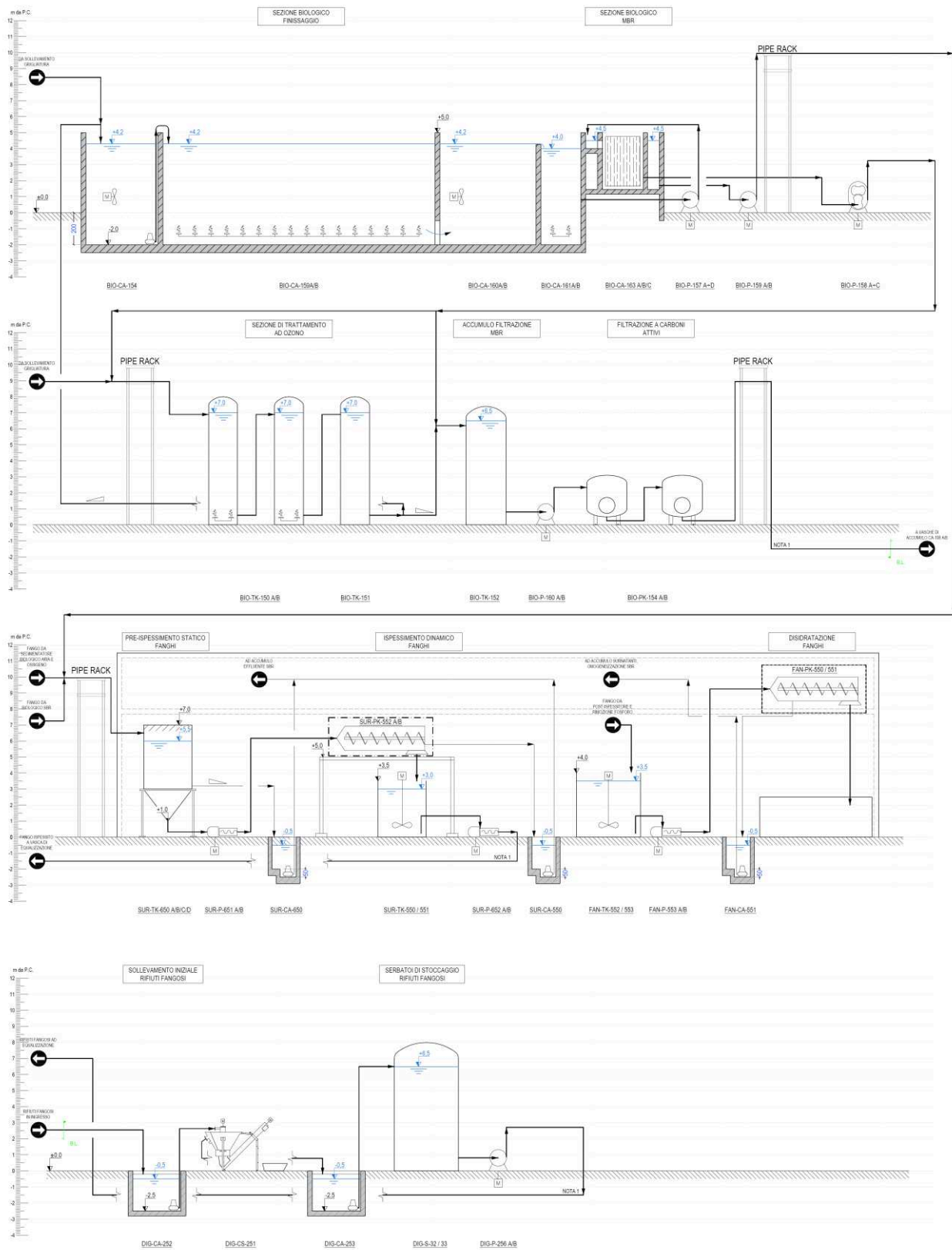


Figura 7-1 Profilo idraulico delle sezioni di progetto

7.5 Layout

La configurazione e la posizione planimetrica delle sezioni di trattamento è illustrata nel documento “S538GE09001 Planimetria generale” e in Figura 7-2.



Figura 7-2 Planimetria generale delle nuove sezioni di trattamento dell'impianto di Cambiago

8 SUDDIVISIONE IN LOTTI

8.1 Obiettivi e filosofia della sequenza in Lotti

La costruzione delle nuove sezioni di trattamento dell'impianto è prevista con esecuzione in più fasi (Lotti) successive, con due obiettivi principali:

- garantire la continuità di esercizio dell'impianto esistente e la conformità allo scarico in ogni fase;
- anticipare benefici ambientali e operativi attivando da subito le sezioni di affinamento sull'effluente esistente (Lotto 1), per poi innestare progressivamente digestione anaerobica, primo stadio biologico e sezioni ausiliarie, minimizzando interferenze civili ed elettromeccaniche.

La filosofia di sequenziamento assume come riferimento i volumi e le prestazioni di processo come riportati nella presente Relazione Tecnica, con vincolo preminente di mantenere inalterata la conformità allo scarico secondo i limiti allo scarico in fognatura di Tab. 3, All. 5, Parte III del D.Lgs. 152/06.

8.2 Descrizione dei lotti

La planimetria "a lotti" riportata in Figura 8-1 individua i perimetri e le aree d'intervento per ciascun lotto.



Figura 8-1 Planimetria generale delle nuove sezioni di trattamento con suddivisione in lotti



Il piano lavori definisce le attività per Lotto e i relativi prerequisiti. Di seguito la sintesi dei contenuti principali, coerente con la planimetria riportata sopra.

Lotto 1 – Linea di finissaggio MBR

- MBR per affinamento dello scarico attuale;
- locale/tettoia utenze MBR;
- grigliatura fine di alimentazione MBR;
- stazione di sollevamento verso MBR.

Finalità: avviare il II stadio di finissaggio sull'effluente attuale, garantendo robustezza depurativa e qualità allo scarico, in vista dell'innesto dei nuovi flussi.

Lotto 2 – Linea fanghi e Digestione Anaerobica (1–2)

- spostamento serbatoi recupero acqua e gruppo spinta;
- capannone fanghi e nuovo macchinario di disidratazione;
- trattamento aria (collegato provvisoriamente alla linea esistente);
- ispessimento statico e dinamico (prima macchina);
- spostamento centrifuga esistente;
- linea gas + gasometro + torcia + caldaia;
- accumuli / equalizzazione alimentazione digestore;
- digestori 1–2 con relativi scambiatori e post-ispessitori 1–2;
- area ricezione grassi/odorigeni.

Finalità: avviare la digestione con 2 reattori, assicurando la gestione dei fanghi prodotti in impianto. In mancanza del I stadio di trattamento biologico, la gestione dei digestori anaerobici sarà temporaneamente dipendente dalla capacità residua della sezione biologica MBR (si veda paragrafo successivo). Durante questa fase verranno valutate le capacità di produzione di biogas in digestione anaerobica.

Lotto 3 – Ricezione e stoccaggi liquidi/fanghi

- aree di stoccaggio e ricezione per rifiuti liquidi e fangosi.

Finalità: migliorare la capacità di stoccaggio per garantire alimentazione continua nel comparto di digestione anaerobica.

Lotto 4 – Trattamento gas ed essiccamento

- trattamento gas + cogenerazione;
- essiccamento;
- box fanghi interni al capannone.

Finalità: valorizzazione energetica del biogas e riduzione dei volumi di fango prodotti in impianto.

Lotto 5 – Primo stadio biologico SBR e completamento Digestione Anaerobica (3–4)

- impianto SBR (nitrificazione/denitrificazione) e locale utenze;
- digestori 3–4 con relativi scambiatori e post-ispessitori 3–4.

Finalità: “sgrossaggio” del parametro azoto sui surnatanti della digestione anaerobica e incremento della capacità di trattamento della sezione di digestione.

Lotto 6 – Ottimizzazioni linea esistente e trattamenti avanzati

- riposizionamento sedimentatori lamellari esistenti;

- nuovo sedimentatore aria;
- ispessimento dinamico (seconda macchina);
- filtrazione a carboni attivi;
- sezione di rimozione chimica del fosforo;
- ozonizzazione.

Finalità: affinamento avanzato e flessibilità su parametri quali fosforo, COD refrattario, PFAS, microinquinanti, miglioramento nella gestione della sezione biologica esistente mediante una sezione di sedimentazione secondaria aggiuntiva.

8.3 Criteri di sequenziamento

In via preliminare, si indicano di seguito le modalità di sequenziamento in fasi per la costruzione delle nuove sezioni di impianto:

1 Lotto 1 – Avvio della sezione di finissaggio MBR

La linea di nitrificazione/post-denitrificazione con MBR viene avviata trattando esclusivamente l'effluente del biologico esistente. Sono attivati la grigliatura fine e il sollevamento dedicato per la protezione delle membrane. I fanghi prodotti dalla sezione MBR sono gestiti temporaneamente nelle unità di ispessimento e disidratazione esistenti, fino all'entrata in esercizio della linea fanghi di progetto.

2 Lotto 2 – Avvio della digestione anaerobica (2 reattori) e nuova linea fanghi

Entrano in funzione 2 dei 4 digestori anaerobici previsti, completi di post-ispessimento. Il chiarificato di digestione è inviato alla linea biologica di finissaggio (MBR). I fanghi MBR vengono ispessiti (staticamente e dinamicamente) nelle nuove sezioni di progetto e alimentati ai digestori; i fanghi digeriti sono convogliati alla nuova sezione di disidratazione. Il biogas prodotto è utilizzato in caldaia per il riscaldamento dei digestori e, in caso di surplus, smaltito in torcia.

3 Lotti 3–4 – Potenziamento capacità di ricezione/stoccaggio rifiuti e valorizzazione energetica

Si realizza l'incremento della capacità di ricezione/stoccaggio dei rifiuti liquidi/solidi e si installano le sezioni per la valorizzazione del biogas (trattamento gas, cogenerazione) insieme all'essiccamento fanghi. Le attività sono programmate per non penalizzare l'operatività della linea MBR già in servizio.

4 Lotto 5 – Inserimento SBR a monte del finissaggio

È messa in esercizio la sezione SBR di nitrificazione/denitrificazione a monte del II stadio, con l'obiettivo di ridurre il carico azotato afferente al MBR e consentire l'aumento dei carichi in ingresso alla digestione anaerobica, ottimizzando i consumi di ossigeno e di carbonio esterno nel complesso della linea biologica.

5 Lotto 6 – Completamenti e ottimizzazioni finali

Si attuano gli affinamenti di processo e le ottimizzazioni idrauliche/gestionali (spostamenti mirati di apparecchiature, trattamenti avanzati e tarature dei ricircoli), consolidando gli assetti definitivi e la piena capacità di trattamento a regime.

8.4 Carichi massimi ammissibili al biologico di finissaggio MBR

Nella fase antecedente l'avvio del I stadio biologico SBR (Lotto 5), il biologico di finissaggio MBR opera inizialmente solo come sezione di affinamento sull'effluente del biologico esistente (Lotto 1) e, successivamente, anche come trattamento del digestato (Lotto 2).

Durante la fase di avviamento e normale operazione del Lotto 1, i carichi in ingresso al trattamento biologico di finissaggio MBR coincidono con quelli del chiarificato in uscita dal biologico esistente (ad aria e ossigeno), avente portata pari a $\approx 700 \text{ m}^3/\text{d}$.

Successivamente, durante l'avviamento di 2 digestori (Lotto 2), il chiarificato dei fanghi digeriti è inviato alla linea biologica; prima dell'entrata in servizio del I stadio biologico di nitrificazione / denitrificazione SBR, tale flusso dovrà essere modulato, in termini di carichi massimi ammissibili, per non eccedere le capacità del finissaggio del comparto MBR (volumi, SRT e aria disponibili). La definizione dei carichi ammissibili nello stadio di finissaggio dovrà tenere conto pertanto di tre fattori:

- Carichi di inquinanti in uscita dalla sezione biologica esistente (ad aria e ad ossigeno)
- Carichi di inquinanti derivanti dall'avviamento dei 2 nuovi digestori anaerobici

In Tabella 8-1 sono riportati i carichi massimi ammissibili in ingresso alla sezione di trattamento biologico MBR, secondo i seguenti scenari:

- **SCENARIO 1:** carichi massimi in ingresso durante le fasi di progetto dei Lotti 2-3-4, con operatività di 2 digestori anaerobici - Trattamento del chiarificato del biologico esistente con concentrazioni allineate alla gestione esistente e trattamento del chiarificato dei digestori anaerobici.
- **SCENARIO 2:** carichi massimi in ingresso durante le fasi di progetto dei Lotti 2-3-4, con operatività di 2 digestori anaerobici - Trattamento del chiarificato del biologico esistente con concentrazioni di progetto (biologico esistente sovraccarico) e trattamento del chiarificato dei digestori anaerobici.

Tabella 8-1. Carichi massimi ammissibili in ingresso alla sezione di trattamento biologico MBR in assenza del trattamento di nitrificazione / denitrificazione SBR

Parametro	Unità di misura	SCENARIO 1	SCENARIO 2
Portata giornaliera media	m ³ /giorno	493,5	493,5
Portata oraria media	m ³ /h	20,6	20,6
COD	kg/d	853,1	391,3
BOD5	kg/d	265,9	153,9
Azoto totale	kg/d	189,2	87,0
Azoto ammoniacale (NH ₄ -N)	kg/d	185,5	66,8
Fosforo totale	kg/d	49,7	49,7

Con l'avvio del comparto di nitrificazione / denitrificazione SBR (Lotto 5) la configurazione di impianto e i carichi ammissibili risultano allineati alle condizioni di progetto.

9 STIMA DEI COSTI

9.1 Stima dei costi di investimento - CAPEX

Si riporta in questo capitolo la stima dei costi relativa alle alternative proposte di impianto alle condizioni di progetto. La stima prevede un'analisi di CAPEX e OPEX per le due soluzioni proposte.

Nel calcolo dei CAPEX, sono state considerate le seguenti voci:

- Apparecchiature
- Montaggi
- Piping
- Opere elettriche
- Strumentazione
- Opere civili

Alle precedenti voci, sono stati sommati i contributi legati a:

- Servizi di ingegneria e di supervisione alla costruzione (Direzione Lavori, CSP, CSE)
- Collaudo tecnico-amministrativo, collaudo statico altri collaudi specialistici
- Rilievi e accertamenti
- Oneri per la sicurezza
- Contingenza (10%)

La stima totale dei costi qui descritta ha una accuratezza del $\pm 20\%$.

Tabella 9.1. Stima CAPEX delle opere previste per le nuove sezioni di impianto

Voce	Costo MIN		Costo MAX	
Apparecchiature	12.636.000	-	13.966.000	€
Montaggi	2.813.000	-	3.109.000	€
Piping	2.799.900	-	3.094.600	€
Elettrico	1.244.400	-	1.375.400	€
Strumentazione	933.300	-	1.031.500	€
Civile	5.163.600	-	5.707.200	€
<u>Subtotale</u>	25.590.200	-	28.283.700	€
Servizi di ingegneria e di supervisione alla costruzione	2.226.200	-	2.460.600	€
Collaudi	369.600		408.500	€
Rilievi e accertamenti	71.800		79.400	€
Oneri per la sicurezza	770.900	-	852.000	€
<u>Subtotale</u>	29.028.700	-	32.084.200	€
Contingenza (10%):	2.913.500	-	3.220.100	€
<u>TOTALE FINALE:</u>	31.942.200	-	35.304.300	€

Nella valutazione dei costi non sono compresi:

- eventuali costi di palificazioni di fondazioni;
- rete di distribuzione dell'acqua servizi e dell'acqua potabile;
- strutture di movimentazione delle apparecchiature interni al capannone (quali paranchi o carroporti);

- costi di eventuale scarica speciale per gli scavi che verranno effettuati durante la realizzazione dell'impianto;
- costi relativi ad eventuali rimozioni o deviazioni di tubazioni, cavi elettrici, situati nelle aree oggetto degli interventi ma non inerenti al progetto;
- smantellamento di opere e apparecchiature;
- eventuali parti di ricambio;
- analisi di laboratorio;
- tasse e permessi vari;
- assicurazioni.

9.2 **Stima dei costi di operativi – OPEX**

Nel calcolo degli OPEX di impianto sono state considerate le seguenti voci:

- Costi dei consumi elettrici
- Costi dei reagenti chimici
- Costi per lo smaltimento dei fanghi
- Costi per il consumo di gas metano in caldaia
- Costi per la manutenzione
- Costo del personale

I costi dei consumi elettrici includono i consumi delle apparecchiature previste in impianto, calcolati sulle ore di operatività in condizioni normali di processo, e i consumi legati all'illuminazione. Per il calcolo dei costi elettrici è stato utilizzato un costo elettrico all'ora, pari a 0,22 €/kWh. Per completezza, fare riferimento al documento "S538EL05001 *Elenco carichi elettrici*". Il costo dei consumi elettrici è riportato al netto dell'energia autoprodotta in impianto dal sistema di valorizzazione del biogas con cogenerazione.

I costi dei reagenti chimici raggruppano i costi dei *chemicals* dosati nel processo. Di seguito sono riportati i costi specifici dei prodotti commerciali utilizzati nel calcolo degli OPEX:

- Polimero (45%): 3,00 €/kg
- COD biodegradabile esterno: 0,5 €/kg
- Cloruro ferrico (40%): 0,50 €/kg
- Ipoclorito di sodio (12%): 0,38 €/kg
- Acido citrico (50%): 2,98 €/kg
- Acido cloridrico (33%): 0,82 €/kg
- Ossigeno: 0,14 €/kg
- Acido solforico (98%): 0,53 €/kg
- Carboni attivi: 2,35 €/kg

Il costo specifico legato allo smaltimento dei fanghi è stato considerato pari a 185 €/tonn.

Per completezza, fare riferimento al documento "S538PR05002 *Lista reagenti e smaltimenti*".

Si specifica che i costi legati al dosaggio di alcuni reagenti sono stati ricalcolati con opportuni fattori di scala per le seguenti assunzioni:

- Il dosaggio di cloruro ferrico nella sezione di rimozione chimica del fosforo SUR-TK-850 A/B/C e nel biologico di finissaggio BIO-CA-160 A/B sono stati considerati con fattore di scala pari a 0,5 in quanto, secondo quanto comunicato dalla Committente, la concentrazione di fosforo nei rifiuti conferiti all'impianto è prevista essere inferiore rispetto a quanto stimato nel *Bilancio di Massa* di impianto.
- Il dosaggio di ossigeno nel package produzione ozono BIO-PK-155 è stato considerato con fattore di scala pari a 0,5 in quanto si assume che il trattamento con ozono sarà necessario solo per circa la metà del tempo di operatività dell'impianto, al fine di migliorare la biodegradabilità del refluo o rimuovere composti recalcitranti.
- Il dosaggio di ipoclorito di sodio nella torre di lavaggio alcalino / ossidante del package trattamento odori ODO-PK-900 è stato considerato con fattore di scala pari a 0,25 in quanto si prevede un

trattamento con biotrickling a valle del trattamento con scrubber, che ridurrà il fabbisogno di reagente ossidante.

Gli OPEX tengono conto di una percentuale pari al 2% del valore totale dell'impianto per le attività di manutenzione. Il costo di personale è calcolato considerando 1 tecnico di laboratorio, 1 operaio specializzato e 3 operai qualificati a tempo pieno per la gestione delle nuove sezioni di impianto, con supporto di 1 tecnico impiantista 1 giorno/settimana.

Tabella 9-2. Stima OPEX con autoconsumo dell'energia elettrica prodotta in impianto

Voce	Costo MIN		Costo MAX	
Costi elettrici ^{Nota 1}	250.800	-	277.200	€
Reagenti chimici	1.460.000	-	1.613.700	€
Smaltimenti	437.000	-	483.000	€
Gas metano	96.000	-	106.000	€
Manutenzione	638.800	-	706.100	€
Costo personale	209.000	-	231.000	€
TOTALE FINALE:	3.091.600	-	3.417.000	€

Nota 1: Come da dimensionamento della sezione di cogenerazione, circa l'80% dei consumi elettrici di impianto sono coperti dall'autoproduzione di energia in cogenerazione.

9.3 Analisi costi / benefici

Considerando i costi CAPEX e OPEX sopra riportati, è stata effettuata una valutazione critica dell'investimento per le nuove sezioni di impianto, considerando due scenari di finanziamento delle opere:

- Investimento con CAPITALE PROPRIO (100%)
- Investimento con CAPITALE IN PRESTITO (30% equity / 70% debito) con un mutuo "alla francese" (rata costante)

Per la simulazione, i ricavi annui dell'investimento sono stati stimati pari a 7.208.779 €/anno, considerando il ritiro di circa 90.110 tonn/anno di rifiuti, con costo medio per il ritiro pari a 80 €/tonn, al netto dei costi di trasporto in carico alla Committente.

Su queste basi, il margine operativo (ricavi meno OPEX, prima di oneri finanziari) al regime vale circa 3.954.479 €/anno.

Per l'analisi sono state considerate le seguenti assunzioni:

- L'interesse sul capitale in prestito è stato stimato pari a 6,5%
- Il tasso di inflazione sui costi operativi è stato stimato pari al 2,0%
- Il tasso di inflazione sui ricavi derivanti dal ritiro di nuovi rifiuti è stato stimato pari al 1,5% (un passo più lento rispetto ai costi, coerente con il fatto che le tariffe si rinegoziano con maggiore gradualità)
- Vita economica di 20 anni

In Figura 9-1 sono messi a confronto i due scenari che includono i costi CAPEX, OPEX e RICAVI.

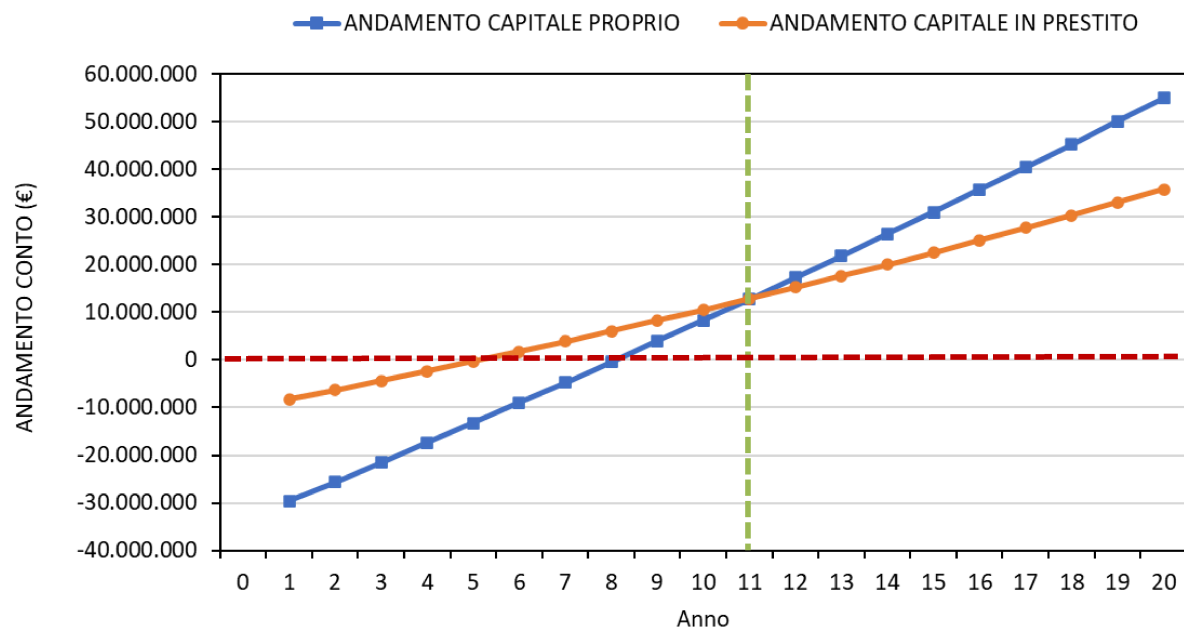


Figura 9-1 Confronto degli scenari dell'andamento del conto con CAPITALE PROPRIO e CAPITALE IN PRESTITO