

COMUNE DI TRINITÀ D'AGULTU E VIGNOLA
Provincia della Gallura Nord est Sardegna

Ampliamento e manutenzione straordinaria delle infrastrutture
fognarie e depurative nel P.d.L. F1.7 - Costa Paradiso
Valutazione di Impatto Ambientale ex Post

Ampliamento del depuratore
Relazione tecnica di funzionamento

Collaborazione di:

Ingegnere Giampaolo Cassitta
dott.ssa Rosaria Murru
Geom. Mario Stangoni
Geom. Gianni Dedola

Progettista: Ingegnere Stefano Barbieri

Coordinamento VIA: Ph. D. Vincenzo Satta,
dottore agronomo e ingegnere ambientale

Proponente:

Costruzioni Paradiso SRL

Sommario

1. Premessa e scopo	5
1.1 Documenti di riferimento	5
2. Inquadramento del sistema fognario-depurativo	5
2.1 Stato attuale	5
2.2 Rete e sollevamenti secondo la TAV. 01d.....	6
2.3 Conseguenze sul funzionamento.....	7
3. Basi di progetto.....	7
3.1 Potenzialità e suddivisione in linee.....	7
3.2 Portate e carichi di progetto [IP]	8
3.3 Variabilità stagionale	8
3.4 Limiti di riferimento	8
4. Schema di processo	9
5. Funzionamento delle sezioni	10
5.1 Rete e stazioni di sollevamento	11
5.2 Vasca di equalizzazione	11
5.3 Grigliatura fine e griglia esistente.....	12
5.4 Denitrificazione (pre-denitrificazione).....	12
5.5 Nitrificazione/ossidazione e aerazione.....	13
5.6 Sedimentazione finale e ricircolo del fango	14
5.7 Filtrazione meccanica	14
5.8 Defosfatazione chimica.....	15
5.9 Disinfezione	15
5.10 Sollevamento finale e mandata	16
5.11 Fitodepurazione a flusso sub-superficiale orizzontale (SFS-h)	17
5.12 Scarico e riuso irriguo	17
5.13 Profilo idraulico e quote di esercizio	18
6. Verifiche di dimensionamento	19
6.1 Carico del fango, età del fango e nitrificazione	19
6.2 Denitrificazione.....	19
6.3 Aerazione	20
6.4 Sedimentazione finale e filtrazione	21
6.5 Disinfezione	21
6.6 Sollevamenti, portate e idraulica.....	22
6.7 Defosfatazione con cloruro ferrico.....	22
6.8 Fitodepurazione SFS-h	23
6.9 Linea fanghi.....	23
6.10 Energia elettrica e gruppo elettrogeno	24
7. Linea fanghi.....	24

8. Bilancio di massa e prestazioni attese	25
Bilancio idrico a 16.000 A.E. (medio giornaliero)	25
9. Conduzione e regimi di esercizio	26
9.1 Attivazione delle linee in funzione del carico	26
9.2 Parametri di controllo di processo	26
9.3 Automazione, telecontrollo e controllo analitico	27
10. Condizioni anomale ed emergenze	27
11. Manutenzione ordinaria	28
12. Aspetti ambientali di esercizio.....	28
13. Conclusioni.....	29

Ampliamento del depuratore: relazione tecnica di funzionamento

Impianto di depurazione (16.000 A.E.) e relativo sistema fognario-depurativo

COMPENSORIO TURISTICO DI COSTA PARADISO

Comune di Trinità d'Agultu e Vignola (SS)

Progetto	Ampliamento e manutenzione straordinaria delle strutture depurative e della rete fognaria esistente – integrazione alla procedura di V.I.A. ex post
Proponente	Paradiso Costruzioni S.r.l.
Progettista delle opere	Ing. Stefano Barbieri
Redazione	Stefano Barbieri, Vincenzo Satta
Elaborati di base	Tavole di progetto PRG-02...PRG-30 (30 elaborati, in DWG; PRG-08 in PDF); TAV. 01d – Stato delle opere (giugno 2026); All. B – Relazione paesaggistica; All. C – Computo metrico estimativo; All. D – Compatibilità idraulica; All. E – Compatibilità geologica e geotecnica (REV 2026)

1. Premessa e scopo

La presente relazione descrive il funzionamento dell'impianto di depurazione al servizio del Comprensorio Turistico di Costa Paradiso nella configurazione di progetto a 16.000 abitanti equivalenti (A.E.), costituita dalla linea esistente (bacini combinati, 6.000 A.E.) e da due nuove linee gemelle da 5.000 A.E., con affinamento finale in fitodepurazione a flusso sub-superficiale orizzontale. Illustra come l'impianto è alimentato, come ogni sezione opera, quali parametri ne governano la conduzione, come si gestisce la variabilità stagionale del carico turistico e quali sono le condizioni anomale previste.

Rispetto alla BOZZA 1, il documento è stato **verificato sul progetto**: ogni sezione è descritta con i dati di progetto (dimensioni, apparecchiature, quote) e confrontata con i criteri di dimensionamento; gli esiti sono raccolti nel capitolo 6 e nella tabella delle criticità (capitolo 13). Il documento integra il dossier di V.I.A. ex post e va letto insieme alla relazione paesaggistica (inserimento dei manufatti, materiali, mitigazioni), che non viene ripresa.

1.1 Documenti di riferimento

- **Tavole PRG-02...PRG-30** (progetto delle strutture depurative): planimetrie generale e di dettaglio (02–06), sezioni (07), profili ambientali (08), reti idriche e fognarie (09, 11), profilo longitudinale (10), collegamenti elettrici (12), schema a blocchi (13), profili idraulici (14), opere esistenti (15–17), manufatti di progetto (18–26), cabine e locale quadri (27–29), affinamento depurativo (30). Elenco completo in Allegato B.
- **All. C – Computo metrico estimativo** (impianto di depurazione): capitoli A.1 (opere civili) e A.2 (opere elettromeccaniche); dal computo derivano le apparecchiature elencate in Allegato A.
- **All. B – Relazione paesaggistica e TAV. 01d – Stato delle opere** (giugno 2026, 1:4000): inquadramento, stato di esecuzione di rete e sollevamenti.
- **All. D** (Compatibilità idraulica) e **All. E** (Compatibilità geologica e geotecnica), REV 2026: per l'area di impianto e lo scarico.
- Richiamati ma non disponibili: **Relazione di processo e dimensionamento delle strutture depurative; Relazione idraulica rete fognaria**; progetto SAVI approvato dagli Enti.
- Norme: D.Lgs. 152/2006, Parte terza e Allegato 5; D.M. 185/2003 e D.G.R. Sardegna 75/15 del 30/12/2008 (riutilizzo, Allegato 2 Tab. 1); Reg. (UE) 2020/741; Direttiva 91/271/CEE; D.Lgs. 152/2006, Parte quarta, per fanghi e rifiuti.

2. Inquadramento del sistema fognario-depurativo

2.1 Stato attuale

Il settore **La Piana** è servito da una rete nera a gravità che convoglia i reflui a quattro stazioni di pompaggio, le quali li rilanciano all'impianto. Il settore **La Sarrera** è privo di collettori e di sollevamenti: le unità immobiliari scaricano in fosse settiche private, prive di autorizzazione allo scarico. Il progetto prevede l'allaccio di tutte le utenze, attuali e future, a un unico sistema di trattamento centralizzato, eliminando le dispersioni nel suolo.

L'impianto esistente è in calcestruzzo, nel fondovalle di un piccolo corso d'acqua tributario del Rio Li Cossi, a circa 130 m s.l.m., ed è raggiunto da una strada bitumata di servizio. È a fanghi attivi con aerazione prolungata e stabilizzazione aerobica in un unico stadio, su due **bacini combinati di denitrificazione/nitrificazione** (PRG-16) preceduti da una denitrificazione e da una griglia fine (PRG-15), con ispessimento fanghi (PRG-17). La potenzialità è dichiarata di circa 5.000 A.E. in un passaggio della relazione paesaggistica e di 6.000 A.E. in un altro (6.000 + 2x5.000 = 16.000); l'utenza servita è di 4.900 unità. I reflui trattati sono sollevati fino al punto di scarico sul Rio La Sarrera.

2.2 Rete e sollevamenti secondo la TAV. 01d

La tavola distingue tre stati con convenzione di colore: opere preesistenti (ciano), opere del progetto di variante già eseguite (blu), opere del progetto di variante non eseguite (rosso). Dalla lettura grafica risultano 15 stazioni di sollevamento.

Tabella 1 – Stazioni di sollevamento lette sulla TAV. 01d

Stato	N.	Stazioni (denominazione in tavola)
Preesistenti	4	S.S. Li Tamerici; S.S. Maja 9; S.S. Maja 50; S.S. Maja 95 (settore La Piana)
Eseguite (variante)	6	S.S. Baiette 8; S.S. X22; S.S. X24; S.S. Parcheggio P61; S.S. Sarrera 50; S.S. Sarrera 103
Non eseguite (variante)	5	S.S. Y2; S.S. M12; S.S. Sarrera 50bis; S.S. Baiette 75; S.S. Littu di Zoccaru

Lettura grafica da PDF: portate e prevalenze di ciascuna stazione non sono nei documenti ricevuti [DWG]. In tavola compaiono anche due stazioni private (presso La Sarrera).

Presso l'impianto la tavola riporta la **vasca di equalizzazione** (già eseguita, a monte dell'impianto, lungo la viabilità), i manufatti dell'**impianto di depurazione** (in rosso, ampliamento da eseguire) e l'area dell'**affinamento fitodepurativo** (in rosso, a nord e a quota maggiore). Una condotta in pressione preesistente risale dall'impianto verso nord: nei profili è la mandata delle acque depurate verso la fitodepurazione (lunghezza ≈ 477 m, diametro interno ≈ 220 mm, PRG-10).

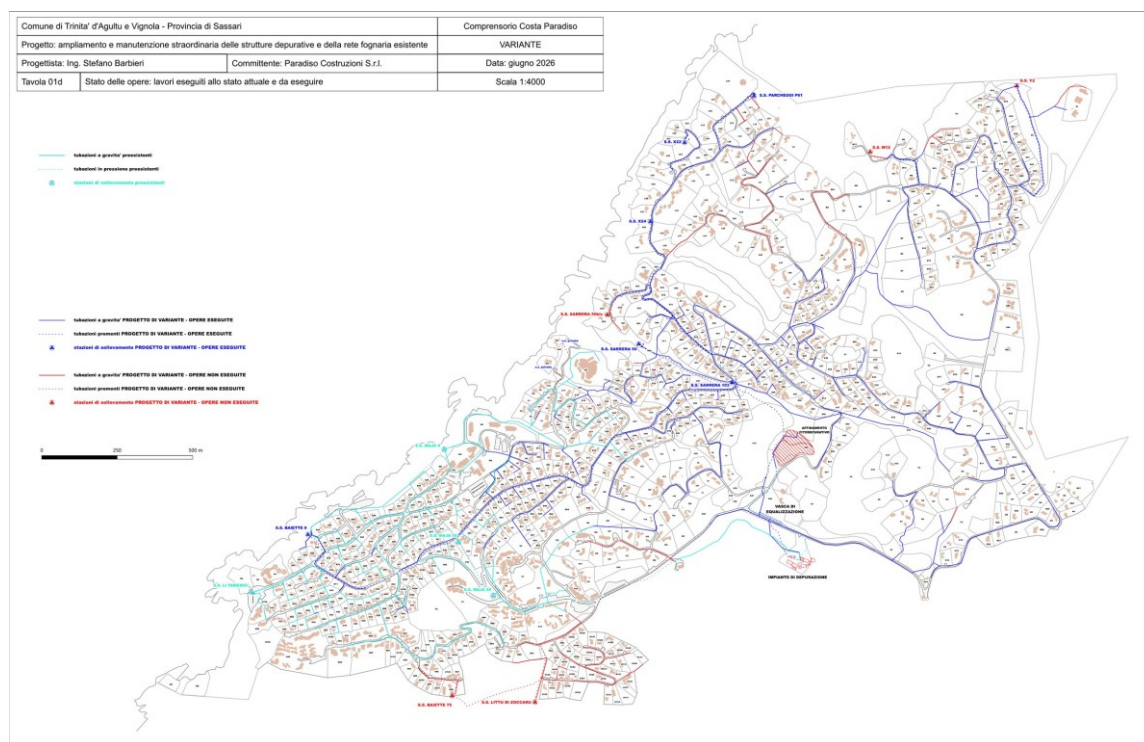


Figura 1 – TAV. 01d, vista d'insieme (rielaborazione ridotta; originale 1:4000).

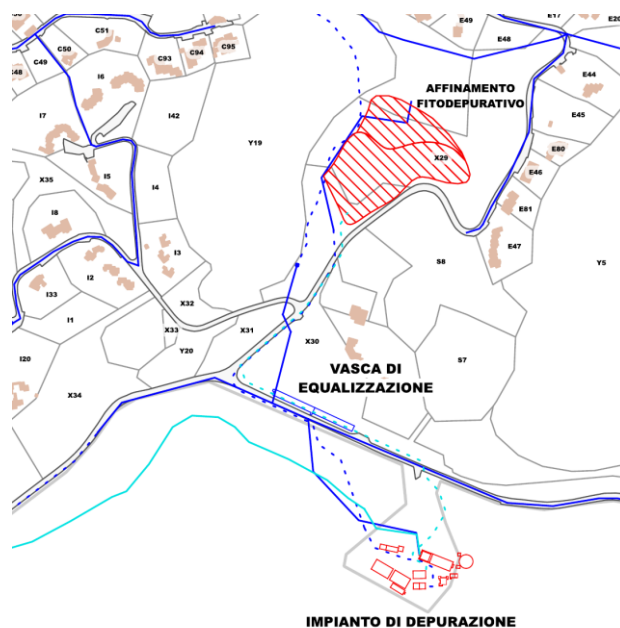


Figura 2 – Particolare dell'area impianto: vasca di equalizzazione, manufatti dell'impianto, area di fitodepurazione.

2.3 Conseguenze sul funzionamento

- Il carico all'impianto crescerà per lotti, man mano che si completano rete e sollevamenti non ancora eseguiti. La conduzione deve quindi prevedere fasi di esercizio con una, due o tre linee attive (cap. 9).
- La rete combina gravità e lunghe tratte prementi con molte stazioni in serie. I tempi di permanenza nei collettori in pressione, in clima caldo, rendono il refluo in arrivo anaerobico, con rischio di solfuri e odori (cap. 12) e con un utile apporto di COD facilmente biodegradabile per la denitrificazione.
- La vasca di equalizzazione è l'elemento che regola le punte giornaliere prima dei pretrattamenti. È una vasca lunga e stretta (si legge in PRG-13 e nella TAV. 01d), ma **il suo volume non è quotato nei disegni ricevuti**: è il dato più importante ancora mancante (13.4).

3. Basi di progetto

3.1 Potenzialità e suddivisione in linee

Tabella 2 – Linee di trattamento

Linea	Stato	Potenzialità	Configurazione (dal progetto)
Linea 1	Esistente	6.000 A.E. (5.000 in un passaggio della relazione)	Griglia fine esistente → denitrificazione esistente → 2 bacini combinati denitrificazione/nitrificazione con decantatori propri; aerazione con 2 soffianti nuove da 22 kW (PRG-15, 16)
Linea 2	Nuova	5.000 A.E.	Denitrificazione 183 m ³ + nitrificazione 806 m ³ ; sedimentatore finale n.1 Ø 12 m (PRG-19, 20)
Linea 3	Nuova	5.000 A.E.	Gemella della linea 2; sedimentatore finale n.2
Totale		16.000 A.E.	Massima popolazione prevista su Costa Paradiso (6.000 + 2×5.000)

Il progetto è un impianto biologico a basso carico, **senza sedimentazione primaria**, con stabilizzazione aerobica del fango in un unico stadio, su tre linee in parallelo, scelto per adattarsi alla variabilità dei carichi dovuti alle presenze turistiche. Le due nuove linee hanno una **grigliatura fine comune** (a monte, 3 mm), le vasche biologiche sono due canali paralleli lunghi 28,4 m (denitrificazione 5,0 m + nitrificazione 22,4 m, larghezza 6,0 m); a valle un

partitore distribuisce la miscela ai due sedimentatori, e i due flussi si riuniscono in **un solo filtro, un solo canale di disinfezione e un solo sollevamento finale**.

3.2 Portate e carichi di progetto [IP]

La relazione di processo non è disponibile; portate e carichi sono parametri usuali per reflui civili turistici, da sostituire con quelli del progetto definitivo. Il dato più sensibile è la dotazione idrica: il progetto richiama "l'aumento delle dotazioni idriche pro-capite stabilite dal Piano Regolatore" senza riportare il valore. Con le pompe di equalizzazione installate (cap. 6.6) la dotazione compatibile con il funzionamento continuo è ≈ 160 L/A.E.·d a 16.000 A.E.: va chiarita.

Tabella 3 – Parametri di progetto [IP]

Parametro	Per linea da 5.000 A.E.	Impianto 16.000 A.E.
Dotazione di reflujo in fognatura	200 L/A.E.·d	200 L/A.E.·d
Portata media giornaliera Q24	1.000 m ³ /d (11,6 L/s; 41,7 m ³ /h)	3.200 m ³ /d (37,0 L/s; 133 m ³ /h)
Coefficiente di punta $C_p = 1,5 + 2,5/\sqrt{Q_m}$	2,23	1,91
Portata di punta nera	25,9 L/s	70,8 L/s
Portata massima al biologico (3·Q24)	34,7 L/s (125 m ³ /h)	111 L/s (400 m ³ /h)
BOD ₅ (60 g/A.E.·d)	300 kg/d	960 kg/d
COD (120 g/A.E.·d)	600 kg/d	1.920 kg/d
Solidi sospesi (90 g/A.E.·d)	450 kg/d	1.440 kg/d
Azoto totale Kjeldahl (12 g/A.E.·d)	60 kg/d	192 kg/d
Fosforo totale (2 g/A.E.·d)	10 kg/d	32 kg/d
Concentrazioni medie in ingresso	BOD ₅ 300; COD 600; SS 450; TKN 60; Ptot 10 mg/L	idem

La linea 1 da 6.000 A.E. scala in proporzione ($Q_{24} = 1.200 \text{ m}^3/\text{d} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$; $BOD_5 = 360 \text{ kg/d}$).

3.3 Variabilità stagionale

Il carico è tipico di un comprensorio turistico: un'utenza servita di 4.900 unità oggi, contro 16.000 A.E. di progetto a pieno regime. Il rapporto tra massimo estivo e minimo invernale può essere di molte volte; per questo l'impianto è su tre linee, che si attivano in sequenza (cap. 9). I dati mensili di portata in ingresso e di presenze, se disponibili, permetteranno di tarare le soglie [dati gestore].

3.4 Limiti di riferimento

La relazione paesaggistica indica che l'impianto è calibrato per rispettare sia i limiti per lo scarico in acque superficiali sia quelli per il riutilizzo di cui all'Allegato 2, Tab. 1 della D.G.R. 75/15 del 30/12/2008 (che recepisce il D.M. 185/2003). Indica inoltre la necessità di una deroga, perché lo scarico in corso d'acqua dista meno di 2.000 m dalla foce a mare. Per il confronto con le prestazioni attese si assumono i valori della tabella 5.

Tabella 4 – Limiti di confronto (da riverificare sui testi vigenti e sull'autorizzazione)

Parametro	Scarico acque superficiali (D.Lgs. 152/2006, All. 5)	Riutilizzo (D.M. 185/2003)
BOD ₅ (mg/L)	25 (Tab. 1)	20
COD (mg/L)	125 (Tab. 1)	100
Solidi sospesi (mg/L)	35 (Tab. 1)	10

Parametro	Scarico acque superficiali (D.Lgs. 152/2006, All. 5)	Riutilizzo (D.M. 185/2003)
Azoto ammoniacale (mg/L N)	15 (Tab. 3)	2
Azoto totale (mg/L N)	15 (Tab. 2, se area sensibile)	15
Fosforo totale (mg/L P)	10 (Tab. 3); 2 (Tab. 2, se area sensibile)	2
Cloro attivo (mg/L)	0,2 (Tab. 3)	0,2
Cloruri (mg/L)	1.200 (Tab. 3)	250
Escherichia coli (UFC/100 mL)	5.000 (indicativo)	10 (80% dei campioni; max 100)

Per effetto della prossimità alla foce, l'autorizzazione potrà fissare limiti più restrittivi: occorre il testo dell'autorizzazione allo scarico e della deroga [atti].

4. Schema di processo

Il refluo raccolto dalla rete e dalle stazioni di sollevamento arriva alla **vasca di equalizzazione** (PRG-13). Da qui, tramite il sollevamento di alimentazione (pompe dedicate per la linea esistente e per le due linee nuove), i liquami raggiungono due sezioni di pretrattamento distinte: la **griglia fine esistente** a servizio della linea 1 e la **grigliatura fine nuova** (canale 500 mm, luce 3 mm) a servizio delle linee 2 e 3. Un **by-pass generale** collega l'arrivo alla testa impianto.

La **linea 1** è costituita dalla denitrificazione esistente e da due bacini combinati denitrificazione/nitrificazione con decantatori propri (PRG-15, 16). Le **linee 2 e 3** hanno ciascuna una vasca di denitrificazione e una di nitrificazione in serie (PRG-19); la miscela passa a un **manufatto partitore** e ai due **sedimentatori finali circolari** Ø 12 m (PRG-20). Dalle tre linee le acque chiarificate confluiscono nella **filtrazione meccanica** a dischi di tela, poi nella **disinfezione** (ipoclorito di sodio e raggi UV, PRG-21, 22), nel **sollevamento finale** (PRG-23) e, per mandata in pressione, nel sistema di **affinamento fitodepurativo** a nove vasche SFS-h (PRG-30), da cui l'effluente scarica a gravità nel Rio La Sarrera. Una parte dell'acqua depurata alimenta il gruppo di pressurizzazione dell'**acqua industriale** (lavaggi, spruzzi dei ponti dei sedimentatori, polipreparatore).

La **defosfatazione** è a precipitazione simultanea con cloruro ferrico (serbatoio da 5.000 L, pompe dosatrici verso le linee biologiche). Il **fango** di supero, estratto da un sollevamento dedicato (PRG-24), è ispessito (ispessitore esistente, PRG-17) e disidratato su nastropressa (PRG-25); le acque di troppo pieno, di lavaggio e di drenaggio dei fanghi tornano in testa impianto con un rilancio dedicato (PRG-26).

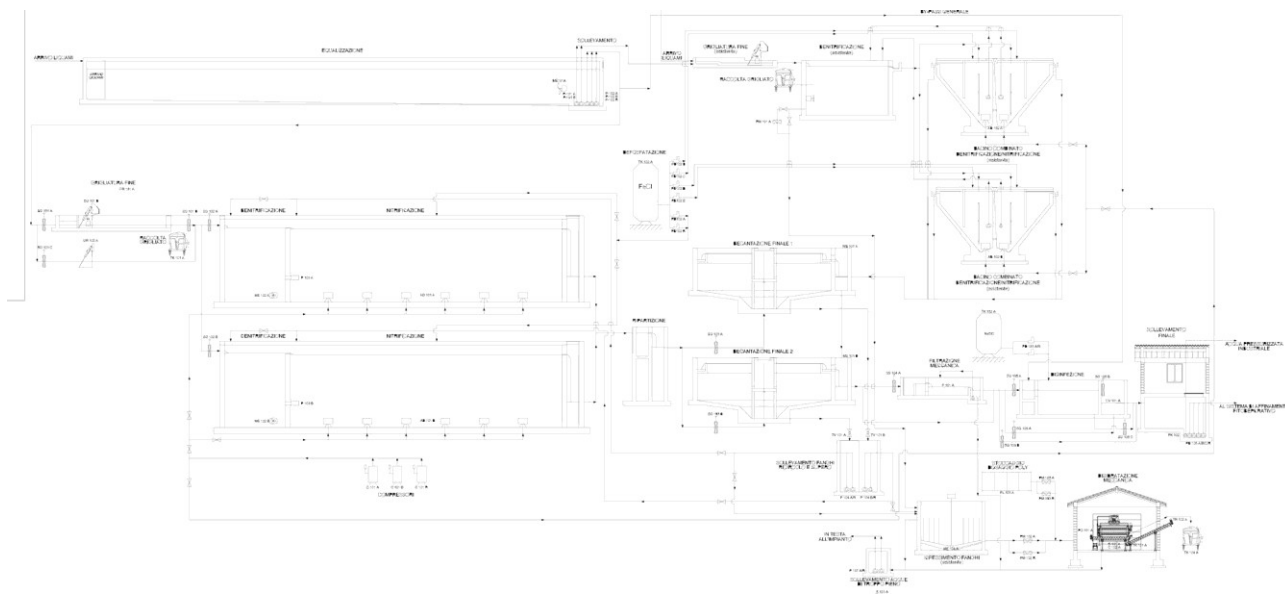


Figura 3 – Schema a blocchi dell'impianto (PRG-13, rielaborazione ridotta). Da sinistra: equalizzazione, grigliatura fine e linee 2-3; in alto a destra la linea 1 (bacini combinati); in basso filtrazione, disinfezione, sollevamento finale e linea fanghi.

Fonte: PRG-13, integrata con PRG-14 (profili idraulici) e PRG-30 (fitodepurazione, non rappresentata nello schema).

5. Funzionamento delle sezioni

Questo capitolo descrive, per ogni sezione, la funzione, i dati di progetto ricavati dalle tavole e dal computo (tabella 6) e i punti di attenzione. I dati di verifica sono nel capitolo 6.

Tabella 5 – Dati geometrici e apparecchiature principali (per linea, salvo diversa indicazione)

Sezione	Dati di progetto	Fonte
Equalizzazione	Vasca esistente, livello 152,15 m s.l.m.; volume non quotato [DWG] . Miscelatore 2 pale Ø 1,3 m, 4 kW. Pompe per linea esistente $2 \times 20 \text{ m}^3/\text{h}$ (1+1R), H 3 m, 1,5 kW; pompe per linee nuove $3 \times 43 \text{ m}^3/\text{h}$ (2+1R), H 3 m, 1,3 kW; mandate DN 80	PRG-14; A.2.3
Grigliatura fine (linee 2-3)	1 griglia a pulizia automatica, $90 \text{ m}^3/\text{h}$, canale $500 \times 1.000 \text{ mm}$, luce 3 mm, 0,25 kW; 1 griglia manuale di by-pass, luce 15 mm; 3 paratoie; 1 cassone di raccolta	PRG-18; A.2.4
Denitrificazione	Vasca $5,00 \times 6,00 \times 6,10 \text{ m} = 183 \text{ m}^3$; 1 miscelatore sommerso 2 pale Ø 300 mm, 1,5 kW; 1 pompa ad elica di ricircolo della miscela, $108 \text{ m}^3/\text{h}$, H 0,5 m, 1,5 kW	PRG-19; A.2.5
Nitrificazione	Vasca $22,40 \times 6,00 \times 6,00 \text{ m} = 806 \text{ m}^3$; 24 pannelli diffusori a membrana ($2,00 \times 0,18 \text{ m}$) per linea; stramazzone di uscita al partitore	PRG-19; A.2.6
Aerazione (comune)	3 soffianti volumetriche $780 \text{ m}^3/\text{h}$, H 7 m, 22 kW (2 per bacini combinati, 1 per le nuove linee), senza riserva e senza inverter ; collettore DN 350 con diramazioni DN 300 / $2 \times \text{DN } 200 / \text{DN } 250 \text{ PE}$ verso la linea esistente	PRG-19; A.2.2, A.2.6
Partitore e sedimentazione	1 manufatto partitore con 2 paratoie DN 250; 2 sedimentatori circolari Ø 12,0 m, parte cilindrica 3,0 m, area 113 m^2 , volume $\approx 370 \text{ m}^3$, ponte raschiatore 0,25 kW; pompa di spruzzo schiume $5 \text{ m}^3/\text{h}$, H 30 m, 1,5 kW	PRG-20; A.2.7
Filtrazione	1 filtro a dischi di tela: 5 dischi Ø 1.700 mm, 14 m² , $155 \text{ m}^3/\text{h}$ max, 0,55 kW	PRG-21; A.2.8

Sezione	Dati di progetto	Fonte
Disinfezione	Vasca di contatto a setti $\approx 52 \text{ m}^3$ ($5,0 \times 5,8 \times 2,0 \text{ m}$ netto setti); serbatoio NaClO 2.000 L (PRFV), 2 pompe dosatrici 0-10 L/h (1+1R); impianto UV verticale a 2 moduli, 24 lampade, controllo irraggiamento e pulizia automatica	PRG-22; A.2.9, A.2.10
Defosfatazione	Serbatoio FeCl_3 20% da 5.000 L (PRFV, $\varnothing$ 1,6 m); 6 pompe dosatrici 0-10 L/h	PRG-13; A.2.11
Sollevamento finale	Pozzetto a 131,15 m s.l.m.; 4 pompe sommerse (3+1R) 83 m^3/h , H 43 m , 15 kW, mandata DN 100; collettore DN 250 AISI 316; mandata esistente $\approx 477 \text{ m}$, $\varnothing$ int. $\approx 220 \text{ mm}$, fino a 158,65 m s.l.m.	PRG-23, PRG-10; A.2.12
Fanghi di ricircolo e supero	4 pompe sommergibili (2 per linea, 1+1R) 45 m^3/h , H 7,5 m, 2,2 kW, mandata DN 80/150	PRG-24; A.2.13
Ispessimento	Ispessitore esistente a gravità $\approx 5,5 \times 5,0 \text{ m}$, h 5,5 m; agitatore a cancelletto 0,75 kW; copertura PRFV con aspirazione; 2 pompe monovite 3-10 m^3/h (1+1R), 1,5 kW	PRG-17; A.2.14
Disidratazione	1 nastropressa 7,5 m^3/h , nastro 1.200 mm, 1,1 kW; pompa fango 10 m^3/h , H 60 m, 4 kW; polipreparatore 1.200 L/h; 2 pompe polielettrolita; 2 nastri trasportatori; cassone scaricabile	PRG-25; A.2.15
Acque di lavaggio e troppo pieno	2 pompe sommergibili (1+1R) 10 m^3/h , H 11 m, 1,5 kW; gruppo acqua industriale $2 \times 1,5 \text{ kW}$, 10 m^3/h , 54 m	PRG-26; A.2.16-17
Fitodepurazione SFS-h	9 vasche in parallelo, lunghezza 38-66 m (tot. 500 m), larghezza 6,0 m (5,6 m sul fondo), profondità 1,20 m ; riempimento 3.480 m^3 ; area vegetata 3.000 m^2 ; vasca di testa $6 \times 4 \text{ m}$, h 2 m	PRG-30; A.1.21
Energia di emergenza	Gruppo elettrogeno insonorizzato 130 kVA continui / 143 kVA emergenza	A.2.20.9

5.1 Rete e stazioni di sollevamento

Le utenze scaricano in collettori a gravità; dove la morfologia non consente il deflusso naturale, le stazioni di sollevamento rilanciano il refluo in condotte prementi verso il collettore successivo. Ogni stazione funziona a livelli: due pompe (una in riserva) avviate dal livello di attacco, con allarme di alto livello e di guasto. Le pompe devono essere dimensionate sulla portata di punta del bacino servito, con volume utile della vasca che limiti gli avviamenti orari e il tempo di permanenza (in estate non oltre poche ore, per ridurre la septicità). Le stazioni vanno telecontrollate, in particolare quelle di valle, che concentrano le portate di più bacini. Portate e prevalenze delle 15 stazioni non sono nei documenti ricevuti [dati progetto rete].

5.2 Vasca di equalizzazione

La vasca, già eseguita, riceve il refluo dalla rete e attenua le variazioni orarie di portata e di carico. Dal profilo PRG-14 il livello di esercizio risulta a circa **152,15 m s.l.m.** (nella BOZZA 1 avevo letto 132,15: errore corretto): è circa 11 m **sopra** il canale di microgrigliatura ($\approx 141 \text{ m}$). La vasca è dotata di un miscelatore (2 pale $\varnothing$ 1,3 m, 4 kW), che evita la sedimentazione e il formarsi di zone anaerobiche, e di due gruppi di pompe sommergibili con prevalenza di soli 3 m: **3 pompe da 43 m^3/h** (2 in servizio, 1 di riserva) per le linee nuove e **2 pompe da 20 m^3/h** (1 + 1R) per la linea esistente. Il carico geodetico disponibile consentirebbe l'alimentazione a gravità; le pompe a bassa prevalenza servono verosimilmente a regolare la portata inviata al biologico (laminazione) e a prelevare dal fondo quando il livello è basso. Il ruolo effettivo e la logica di comando non sono descritti [DWG].

Le conseguenze sono importanti per il funzionamento: **la portata massima inviata alle linee nuove è fissata dalle pompe** ($2 \times 43 = 86 \text{ m}^3/\text{h}$, cioè 103% della portata media giornaliera Q24 di $83 \text{ m}^3/\text{h}$ con 200 L/A.E.d) e quella alla linea esistente da $20 \text{ m}^3/\text{h}$ (40% della Q24 di $50 \text{ m}^3/\text{h}$ della linea 1). Laminare significa quindi accumulare le punte

nella vasca: la capacità di accumulo, **non quotata**, determina quanto tempo l'impianto resiste alle punte estive senza sfiorare (vedi 6.6 e 13.4).

5.3 Grigliatura fine e griglia esistente

Le nuove linee hanno una **griglia fine a pulizia automatica** con luce di 3 mm (portata massima 90 m³/h, canale 500 × 1.000 mm, scarico a 2 m dal fondo del canale in cassone) e una griglia manuale di by-pass con barre a 15 mm; 3 paratoie di intercettazione permettono di escludere ciascun canale. La linea 1 mantiene la griglia fine esistente. Le griglie trattengono i materiali grossolani e filamentosi (stracci, plastiche, capelli) che altrimenti ostruirebbero pompe, diffusori e filtro; la luce di 3 mm protegge anche il filtro a dischi a valle. Il materiale grigliato viene raccolto in cassone e smaltito come rifiuto (EER 19 08 01).

Osservazioni: la griglia da 90 m³/h è **al 96% del carico** quando le due pompe nuove lavorano insieme (86 m³/h): nessun margine per le punte. Nelle due linee non è rappresentata una **dissabbiatura/disoleatura**: in un'area costiera con infiltrazioni sabbiose, e con la lunga vasca di equalizzazione a monte, le sabbie si depositeranno nella vasca stessa o nelle vasche biologiche (13.7).

5.4 Denitrificazione (pre-denitrificazione)

Il refluo grigliato entra nella vasca di denitrificazione (183 m³, 5,00 × 6,00 m, h 6,10 m), in condizioni anossiche (ossigeno prossimo a zero), insieme al fango ricircolato dal fondo del sedimentatore (45 m³/h) e al ricircolo interno di miscela aerata ricca di nitrati (pompa ad elica, 108 m³/h, H 0,5 m, una per linea). I batteri eterotrofi usano i nitrati come accettore di elettroni e il COD del refluo grezzo come fonte di carbonio, riducendo i nitrati ad azoto gassoso; l'assenza di sedimentazione primaria lascia disponibile tutto il COD del grezzo. La vasca è miscelata con un sommerso a 2 pale Ø 300 mm (1,5 kW), con velocità sufficiente a tenere il fango in sospensione senza introdurre ossigeno.

Il rapporto di ricircolo totale con i dati reali è $R = (108 + 45)/43 = 3,6$ (ricircolo interno 2,5·Q + fango 1,05·Q); il rendimento teorico di denitrificazione è $\eta = R/(1+R) = 78\%$. L'azoto nitrico residuo atteso, limitato dal ricircolo, è ≈ 10 mg N/L. La quota anossica del volume biologico è però solo il **18,5%** (183 di 989 m³): vedi la verifica della velocità di denitrificazione in 6.2. Le pompe non hanno inverter: il ricircolo si regola con le sole valvole di mandata, e non c'è riserva per la pompa di ricircolo interno.

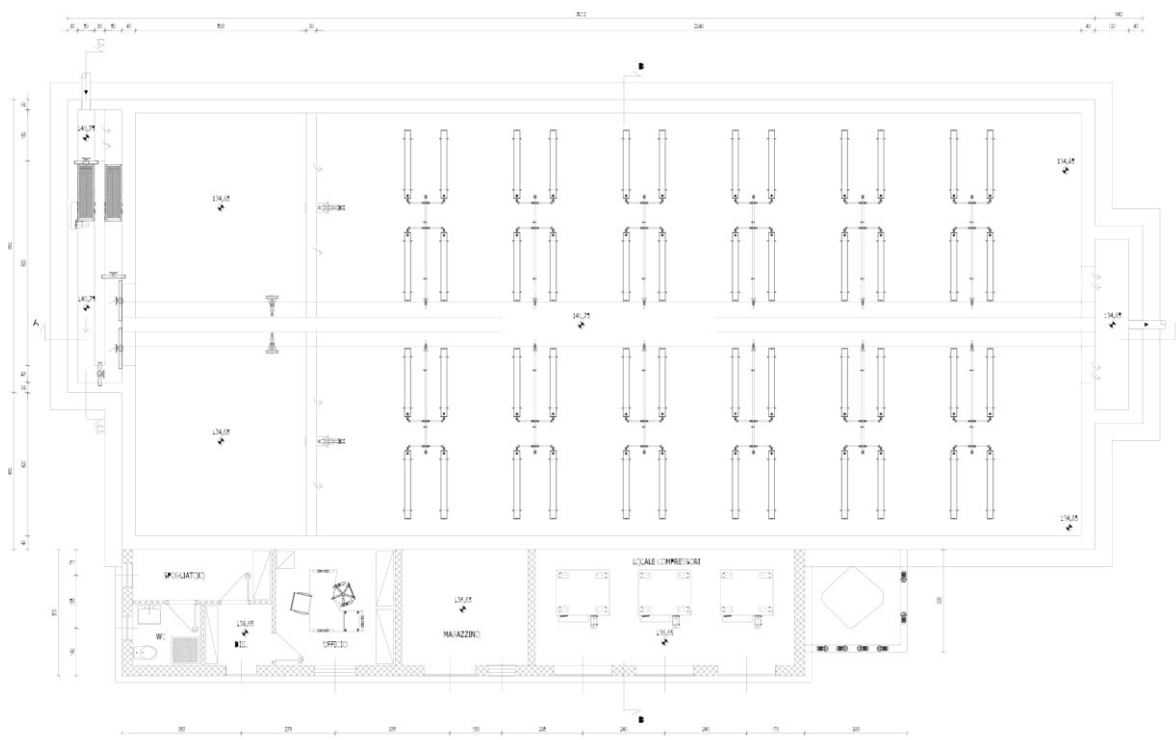


Figura 4 – PRG-19: pianta di una linea con denitrificazione (a sinistra) e nitrificazione, miscelatore, pompa di ricircolo e file di diffusori.

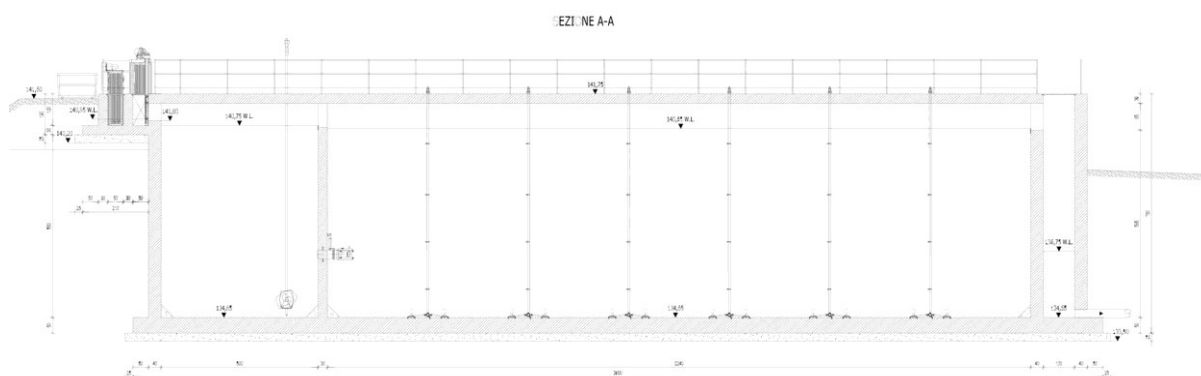


Figura 5 – PRG-19: sezione longitudinale A-A (battente 6,0 m, quote del pelo libero 140,75 e 140,65 m s.l.m.).

5.5 Nitrificazione/ossidazione e aerazione

Nella vasca aerata ($22,40 \times 6,00$ m, battente 6,0 m, 806 m^3) il COD residuo viene ossidato e l'azoto ammoniacale convertito a nitrato. L'aria è fornita da **soffianti volumetriche** ($780 \text{ m}^3/\text{h}$, H 7 m, 22 kW) e diffusa a fine bolla dal fondo da **24 pannelli a membrana per linea** ($2,00 \times 0,18$ m); la sonda di ossigeno disciolto (misuratori a 2 e 4 sensori in A.2.18) segnala la concentrazione. L'ossigeno è da mantenere a 1,5-2,0 mg/L. La miscela passa per stramazzo al partitore e quindi ai sedimentatori.

L'aerazione è la sezione più critica dell'impianto per come è dimensionata: le tre soffianti alimentano un collettore comune (DN 350) a tutte e tre le linee, senza soffiante di riserva, senza inverter nel computo (quindi senza regolazione continua della portata d'aria) e con una potenzialità installata di $2.340 \text{ m}^3/\text{h}$ contro un fabbisogno stimato, in punta estiva, di circa $2.900 \text{ Nm}^3/\text{h}$ (6.3). La BOZZA 1 ipotizzava la regolazione con inverter: **non è prevista**. Il controllo si farà quindi con le sole valvole di regolazione sulle diramazioni e con l'accensione/spegnimento delle macchine, con sprechi energetici e oscillazioni di ossigeno.

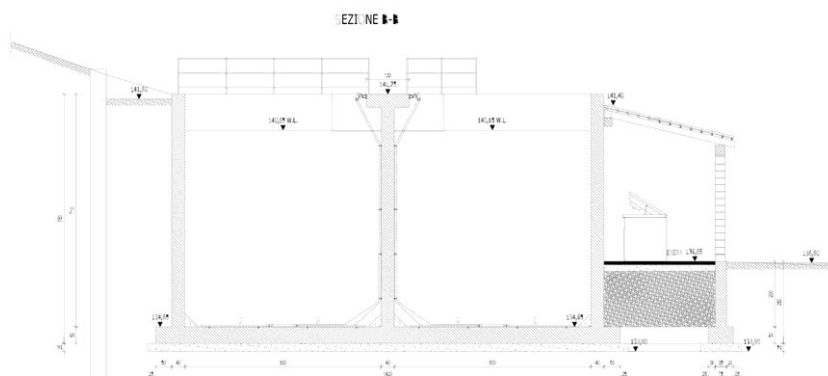


Figura 6 – PRG-19: sezione trasversale B-B della vasca di nitrificazione con i diffusori sul fondo.

5.6 Sedimentazione finale e ricircolo del fango

Il partitore (manufatto con due paratoie DN 250, PRG-20) ripartisce la miscela ai due sedimentatori circolari $\varnothing 12,0$ m (area 113 m², parte cilindrica 3,0 m, fondo conico, ponte raschiatore). Il livello nei sedimentatori è a 134,98 m s.l.m., con stramazzo di uscita tra 133,07 e 133,22 m s.l.m. La miscela arriva dalla nitrificazione per gravità (140,65 m s.l.m. in vasca, con un salto di circa 4 m fino al pozzetto a 136,75 e al ripartitore a 136,35/135,16). Nel sedimentatore il fango si separa per gravità dall'acqua chiarificata, che sfiora dallo stramazzo periferico; una pompa di spruzzo (5 m³/h, H 30 m) abbatte le schiume e i galleggianti sulla superficie. Il fango sedimentato è ripreso dal fondo e rilanciato dal sollevamento dedicato (2 pompe per linea, 45 m³/h) in testa alla denitrificazione; il fango di eccesso è estratto dallo stesso sollevamento e inviato all'ispessimento.

Le verifiche (6.4) mostrano che i sedimentatori sono **ampiamente dimensionati**: carico idraulico superficiale 0,38 m/h alla portata media e 1,14 m/h a 3·Q₂₄, carico solidi 3,1 kg/m²·h, permanenza 8,5 h. Il criterio di 0,6 m/h a 3·Q₂₄ adottato nella BOZZA 1 era troppo severo (porterebbe a $\varnothing 16,4$ m) e va abbandonato. Restano le condizioni critiche del bulking filamentoso (SVI > 150 mL/g) e della risalita di fango da denitrificazione: capitolo 10.

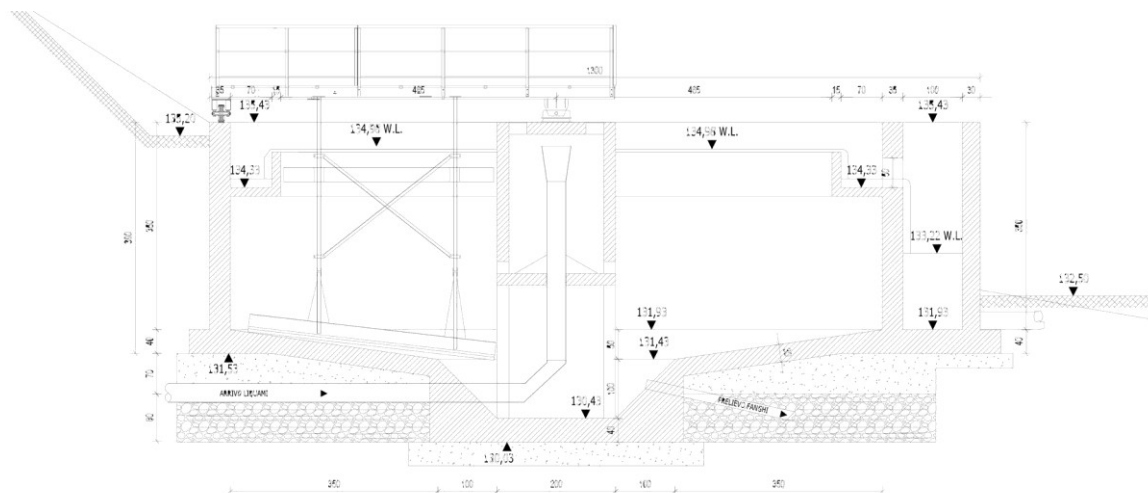


Figura 7 – PRG-20: partitore e sedimentatori finali (pianta e sezione).

5.7 Filtrazione meccanica

L'effluente chiarificato è filtrato su un **filtro a dischi di tela** (5 dischi $\varnothing 1.700$ mm, superficie totale 14 m², portata massima 155 m³/h, 0,55 kW) a gravità (livelli 132,98 → 132,70 → 132,45 m s.l.m.) per ridurre i solidi sospesi sotto 10 mg/L, limite del riutilizzo, e rendere efficace la disinfezione. Il filtro si pulisce a ciclo (controlavaggio con acqua industriale), con le acque di lavaggio rinviate in testa impianto dal sollevamento dedicato. Un by-pass è previsto per i fuori servizio. Il filtro è **unico per tutte le tre linee**: nessuna riserva, e per quest'unica unità passano 106-133 m³/h, cioè 68-86% della sua portata massima (6.4).

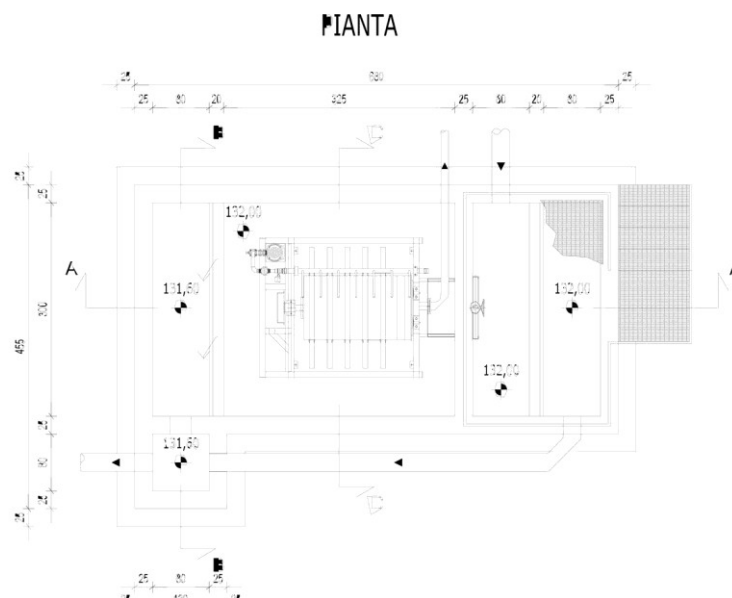


Figura 8 – PRG-21: manufatto di filtrazione (pianta e sezioni).

5.8 Defosfatazione chimica

A differenza di quanto scrivevo nella BOZZA 1, la defosfatazione **è prevista**: un serbatoio di soluzione di cloruro ferrico al 20% (5.000 L) e sei pompe dosatrici da 0-10 L/h inviano il reagente alla vasca di nitrificazione di ciascuna linea e ai bacini combinati (collettore di dosaggio in PRG-13; i punti esatti vanno confermati [DWG]). Il ferro precipita il fosforo come fosfato ferrico, separato nel sedimentatore insieme al fango; la quota non rimossa viene intercettata dal filtro e, in parte, dalla fitodepurazione. Il dimensionamento (6.7) mostra che il serbatoio e le pompe sono ampiamente sufficienti; i punti da gestire sono **alcalinità** (il ferro consuma circa 36-48 mg CaCO_3/L), **cloruri** (+25-34 mg/L) e produzione di **fango chimico** ($\approx 70 \text{ kg SS/d}$ a pieno carico).

5.9 Disinfezione

La disinfezione è doppia: **ipoclorito di sodio** (serbatoio da 2.000 L, due pompe dosatrici, una di riserva) dosato a monte di una vasca di contatto a setti a serpentina ($\approx 52 \text{ m}^3$, tempo di contatto 23 min alla portata media di $133 \text{ m}^3/\text{h}$), e **radiazione UV** (impianto verticale a 2 moduli, 24 lampade, con sensore di irraggiamento, sistema di pulizia automatico e modulazione della potenza) a valle. Il livello idrico nei canali è fissato dallo stramazzo di uscita ($132,35 \rightarrow 131,95 \rightarrow 131,30 \text{ m s.l.m.}$). La BOZZA 1 consigliava UV o acido peracetico e sconsigliava l'ipoclorito: il progetto prevede entrambe le barriere. La scelta è cautelativa per l'obiettivo di Escherichia coli $\leq 10 \text{ UFC}/100 \text{ mL}$ (80% dei campioni), ma l'uso dell'ipoclorito richiede il controllo del **cloro attivo residuo** (limite 0,2 mg/L sia per lo scarico sia per il riutilizzo) con il clororesiduometro previsto in A.2.18 e di una logica che escluda il dosaggio quando l'UV è sufficiente, per evitare sottoprodotti alogenati e un'aggiunta di cloruri. Il computo non riporta la potenza specifica dell'impianto UV, il tipo di lampade né la dose di progetto (mJ/cm^2): dati da acquisire dal fornitore (14).

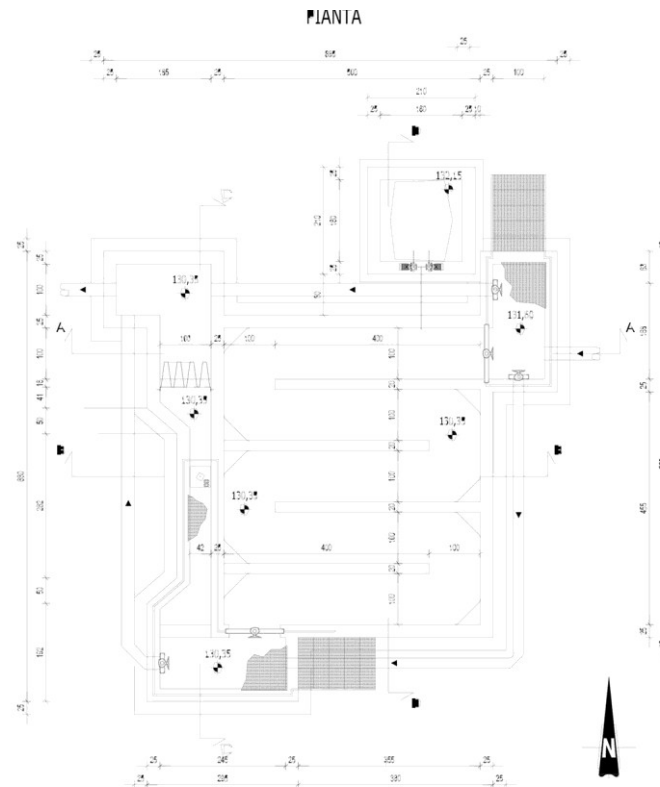


Figura 9 – PRG-22: vasca di disinfezione (pianta e sezioni), con setti a serpentina e canale UV.

5.10 Sollevamento finale e mandata

L'effluente disinfettato scende per gravità al pozzetto del **sollevamento acque depurate** (livello 131,15 m s.l.m., PRG-23) e viene rilanciato da **tre pompe sommerse da pozzo (più una di riserva)** da 83 m³/h ciascuna, prevalenza 43 m, 15 kW, mandata DN 100 per pompa, nel collettore DN 250 in acciaio AISI 316 e quindi nella condotta in pressione esistente (≈ 477 m, $\varnothing$ interno ≈ 220 mm), fino alla vasca di testa dell'area di fitodepurazione a 158,65 m s.l.m.: il dislivello statico è **27,5 m** (nella BOZZA 1 avevo indicato 20 m). La verifica (6.6) mostra che la prevalenza di 43 m è superiore al fabbisogno (≈ 29 -36 m a seconda delle portate), con una sovrapprevalenza di 7-14 m che sposta il punto di lavoro delle pompe verso portate maggiori di quelle nominali; la velocità nella mandata DN 100 di ogni pompa è di $\approx 2,9$ m/s. Le pompe, senza inverter, vanno gestite a livelli in cascata.

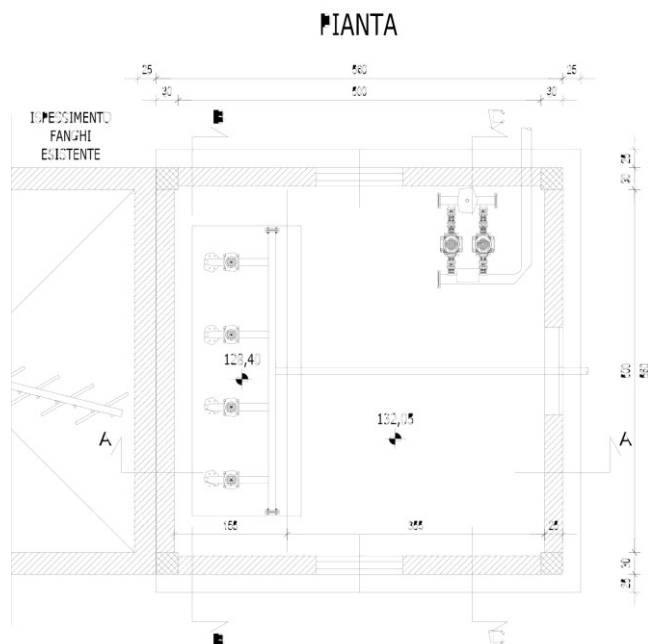


Figura 10 – PRG-23: sollevamento acque depurate (pianta e sezioni).

5.11 Fitodepurazione a flusso sub-superficiale orizzontale (SFS-h)

La mandata scarica nella vasca di testa dell'area di fitodepurazione (vasca in c.a. 6 × 4 m, h 2 m, esistente e oggi inutilizzata, adattata a ripartizione), da cui il flusso è suddiviso in **nove vasche in parallelo** con stramazzi triangolari a monte e saracinesche a ogni vasca, che permettono di modulare le portate e di escludere singole vasche per manutenzione. Dai dati del progetto (PRG-30 e voce A.1.21): le nove vasche hanno lunghezze di 54, 57, 59, 65, 66, 52, 38, 61 e 48 m (totale 500 m), larghezza di 6,0 m in testa e 5,6 m sul fondo, **profondità di 1,20 m**, per un'area vegetata di 3.000 m² (0,19 m²/A.E.) e un'impronta con le scarpate di circa 3.750 m². Le vasche sono impermeabilizzate (geotessile non tessuto antiradice da 700 g/m², film laminato e strato di sabbia fine di 5 cm), con drenaggi DN 125 fessurati in testa e in coda, riempite con spaccato 30-60 mm in ingresso e in uscita e, al centro, con una miscela di ghiaietto, sabbia, zeoliti o argilla espansa (3.480 m³); la vegetazione (3.000 m², piante idrofile autoctone) è *Juncus effusus* e *Suaeda monoica* nel primo tratto, *Phragmites australis* nel restante. Il livello è regolato da un sifone nel pozzetto di valle, che è anche pozzetto di campionamento.

Il sistema è passivo (nessun reagente, energia solo per il sollevamento) e opera in prevalenza in condizioni anossiche: è efficace su solidi e BOD residui e sulla denitrificazione, meno sull'ossidazione dell'ammonio e sul fosforo, trattenuto solo finché il substrato non si satura. Le verifiche del paragrafo 6.8 evidenziano due questioni: **la conducibilità idraulica del riempimento** (la miscela con sabbia non consente il flusso a 61 m/d con pendenze realistiche) e la **ripartizione della portata** tra vasche di lunghezza diversa. Nel computo non ho trovato la **geomembrana HDPE** che la relazione paesaggistica descrive come impermeabilizzazione (il computo prevede solo il pezzo speciale per il passaggio dei tubi attraverso la membrana e due geotessili): 13.8.

5.12 Scarico e riuso irriguo

Dai pozzetti di valle di ciascuna vasca una tubazione convoglia l'effluente al ricettore finale, il Rio La Sarrera. Nei pozzetti si prelevano i campioni per le analisi di autocontrollo. Una quota dell'acqua depurata è usata per irrigare le essenze piantumate nell'area dell'impianto, come mitigazione dell'impatto visivo, e l'acqua industriale (lavaggi, spruzzi, polipreparatore) è prelevata dal gruppo di pressurizzazione da 10 m³/h e 54 m di prevalenza. L'uso a verde dell'area rientra nel riutilizzo non agricolo del D.M. 185/2003; se si prevedessero usi agricoli o forniture a terzi si applicherebbe direttamente il Reg. (UE) 2020/741, con piano di gestione del rischio. L'irrigazione richiede una

riserva e un impianto di pompaggio dedicati, e la rete di distribuzione deve essere segnalata come "acqua non potabile".

5.13 Profilo idraulico e quote di esercizio

Il profilo PRG-14 mostra che l'intera linea acque, dalla grigliatura al pozzetto di sollevamento delle acque depurate, funziona a gravità, con un carico disponibile di circa 9,8 m tra il canale di grigliatura (140,93 m s.l.m.) e il pozzetto finale (131,15). Il margine è ampio rispetto alle perdite di carico alla portata massima e permette di ripartire la portata con stramazzi senza pompaggi intermedi. I sollevamenti sul flusso principale sono due: equalizzazione (3 m di prevalenza) e acque depurate (27,5 m statici); più quello dei fanghi.

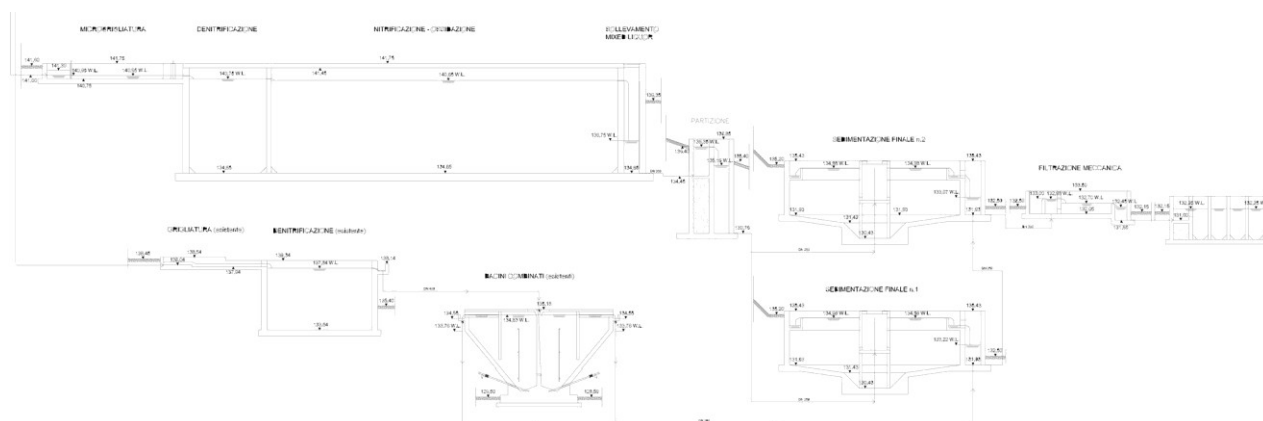


Figura 11 – PRG-14: profilo idraulico della linea nuova (in alto) e della linea esistente (in basso), dalla grigliatura alla filtrazione.

Tabella 6 – Quote idrauliche dal profilo PRG-14 (m s.l.m., pelo libero di progetto)

Sezione	Livello	Note
Vasca di equalizzazione	≈ 152,15	Corretta rispetto alla BOZZA 1; sopra la grigliatura
Grigliatura fine (nuove linee)	140,93 – 140,95	Canale 500 mm
Denitrificazione (nuova)	140,75	Ricircolo della miscela aerata dalla nitrificazione
Nitrificazione (nuova)	140,65	Alimenta il pozzetto a 136,75
Pozzetto e ripartitore	136,75 → 136,35 → 135,16	Partitore con 2 paratoie DN 250
Sedimentazione finale n.1 e n.2	134,98	Stramazzo di uscita 133,07 – 133,22
Filtrazione meccanica	132,98 → 132,70 → 132,45	
Disinfezione	132,35 → 131,95 → 131,30	Contatto ipoclorito + UV
Sollevamento acque depurate	131,15	Mandata DN 250 verso la fitodepurazione
Vasca di testa fitodepurazione	158,65	Dislivello statico 27,5 m
Denitrificazione esistente	137,84	Linea 1; condotta DN 400 ai bacini combinati
Bacini combinati esistenti	≈ 134,6	Con ricircolo della miscela aerata e fanghi di supero
Ispessimento esistente	134,68	Disidratazione meccanica a valle

Quote lette sui valori "W.L." in grassetto del profilo; le quote in grigio (fondi, solette) non sono state utilizzate perché poco leggibili.

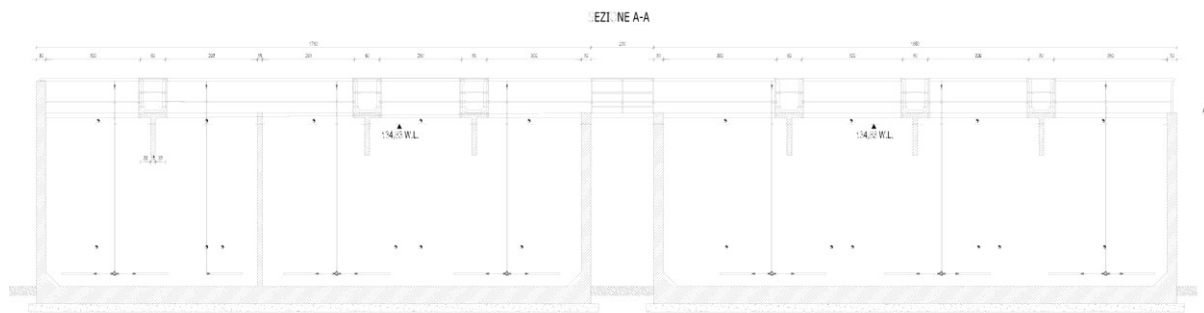


Figura 12 – Bacini combinati esistenti della linea 1: sezione A-A (livello di progetto 134,63 m s.l.m., diffusori sul fondo).

6. Verifiche di dimensionamento

Le verifiche confrontano i dati di progetto (volumi, portate, potenze) con i criteri usuali di buona tecnica, per una linea nuova da 5.000 A.E. salvo diversa indicazione, con i carichi del paragrafo 3.2 [IP] e a 20 °C se non altrimenti specificato. Sono controlli indipendenti e **non sostituiscono la relazione di processo** del progettista: servono a individuare dove il progetto ha margine e dove no. I calcoli sono ripetibili con i dati riportati nelle tabelle.

6.1 Carico del fango, età del fango e nitrificazione

Tabella 7 – Volumi, carico e età del fango (per linea da 5.000 A.E.)

Grandezza	X = 3,5 kg/m ³	X = 4,0 kg/m ³	X = 4,5 kg/m ³
Volume biologico (183 + 806 m ³)	989 m ³	989 m ³	989 m ³
Massa di fango nel biologico	3.463 kg SS	3.958 kg SS	4.452 kg SS
Carico del fango Cf (BOD ₅ 300 kg/d)	0,087 kg/kg·d	0,076 kg/kg·d	0,067 kg/kg·d
Carico volumetrico	0,30 kg BOD ₅ /m ³ ·d	0,30	0,30
Età del fango totale (produzione 204 kg SS/d)	17,0 d	19,4 d	21,8 d
Età del fango nella sola parte aerata	13,8 d	15,8 d	17,8 d

Produzione di fango 0,7 kg SS/kg BOD₅ rimosso [IP]. Il carico volumetrico 0,30 kg BOD₅/m³·d è nel campo dell'aerazione prolungata (0,2-0,4).

Esito. Il volume reale (989 m³/linea) è inferiore al volume di 1.500 m³ che la BOZZA 1 ricavava da un Cf ≤ 0,05 (criterio troppo cautelativo): con 4 kg/m³ il carico è 0,076 kg BOD₅/kg SS·d, tipico dell'aerazione prolungata. L'età del fango nella sola zona aerata (15,8 d) è ampiamente superiore a quella necessaria per nitrificare anche a 10-12 °C (circa 8-10 d con fattore di sicurezza): la **nitrificazione è garantita**. La stabilizzazione completa del fango (età ≥ 25 d a 10 °C per ATV-DWA A 131) non è invece assicurata con 19 d: il fango sarà "parzialmente stabilizzato" nei mesi freddi, cosa che pesa sul destino del fango disidratato (cap. 7), non sui limiti allo scarico.

6.2 Denitrificazione

Tabella 8 – Verifica della denitrificazione (per linea, X = 4,0 kg SS/m³, frazione volatile 70% [IP])

Grandezza	Valore
Azoto da nitrificare (TKN 60 – 10 nel fango – 2,5 residuo)	47,5 kg N/d
Portata Q (1.000 m ³ /d) e ricircoli: interno 108 m ³ /h + fango 45 m ³ /h	$R = (108 + 45)/43 = 3,56$; $\eta = R/(1+R) = 78\%$
Nitrato residuo limitato dal ricircolo	$47,5 / (1+R) \approx 10,4 \text{ mg N/L}$
Azoto da denitrificare	37,1 kg N/d

Grandezza	Valore
Velocità specifica richiesta nella vasca anossica da 183 m³	0,051 kg N/kg SS-d (0,072 per kg SSV)
Capacità di denitrificazione con SDNR 0,04 / 0,05 / 0,08 kg N/kg SSV-d	20,5 / 25,6 / 41,0 kg N/d → nitrato in uscita 27 / 22 / 6,5 mg N/L

SDNR = velocità specifica di denitrificazione. Valori tipici per pre-denitrificazione su refluo grezzo: 0,06-0,10 kg N/kg SSV-d a 20 °C; 0,03-0,06 a 10-12 °C [bibliografia].

Esito. Il ricircolo di 3,6 volte la portata porta a un azoto nitrico residuo di circa 10 mg/L: l'azoto totale in uscita dal sedimentatore sarà **circa 12-14 mg N/L** (non 8-12, come scrivevo nella BOZZA 1), vicino al limite di 15 mg/L. La vasca anossica (18,5% del volume) richiede una velocità di 0,072 kg N/kg SSV-d: al limite alto di quanto si ottiene a 20 °C, **non raggiungibile nei mesi freddi** (maggio-giugno e ottobre, a 12-15 °C), quando il carico è però ancora parziale. Il progetto ha due vie di miglioramento senza opere civili: aumentare il ricircolo interno (pompa da 108 m³/h con regolazione delle valvole, oggi fissa) e trasformare in zona anossica miscelata/aerata ad intermittenza i primi 4-6 m della vasca di nitrificazione (miscelatore aggiuntivo e logica di aerazione per zone). L'azoto residuo è comunque in parte rimosso dalla fitodepurazione.

6.3 Aerazione

Tabella 9 – Fabbisogno d'aria e capacità installata [IP]

Grandezza	Linea 2 o 3	Linee 2+3	Linea 1 (6.000 A.E.)
Fabbisogno di O₂, medio (BOD 566 + nitrif. 219 – denit. 114 kg/d)	28 kg O ₂ /h	56	34 (×1,2)
Fabbisogno di O₂, di punta (× 1,3)	36 kg O ₂ /h	72	43
Capacità di ossigenazione standard SOTR (× 2,3)	83 kg O ₂ /h	166	99
Efficienza SOTE: 6%/m, sommersione diffusori 5,7 m (linea 1: 5 m)	34%	34%	30%
Aria necessaria alla punta	≈ 870 Nm ³ /h	≈ 1.735	≈ 1.175
Aria necessaria alla portata media (SOTR 64 kg/h per linea)	≈ 670 Nm ³ /h	≈ 1.340	≈ 915
Totale impianto: punta / media			≈ 2.910 / 2.255 Nm ³ /h
Capacità installata			3 × 780 = 2.340 m³/h (0 riserva)

Ossigeno 0,2807 kg/Nm³; sommersione effettiva e SOTE da confermare col fornitore dei diffusori. Il fattore 2,3 comprende α, β, temperatura, O₂ residuo 2 mg/L.

Esito. La capacità installata (2.340 m³/h) copre il **104% del fabbisogno medio e l'80% di quello di punta**: a pieno carico estivo tutte e tre le soffianti lavorano continuamente e non c'è riserva, né possibilità di aumentare la portata nei picchi (+ 24%). Il consumo di O₂ non soddisfatto causerebbe perdita di nitrificazione proprio nei giorni di massimo carico; il guasto di una soffiante lascerebbe l'impianto al 67% dell'aria disponibile. Poiché non sono previsti inverter, i giri non si modulano e la portata d'aria si regola con le valvole (perdite di energia). **Interventi:** soffiante di riserva (N+1) o taglia superiore (4 × 780 o 3 × 1.100 m³/h), inverter sulle macchine e regolazione sulla sonda di ossigeno (le sonde sono già nel computo, A.2.18), valvole di regolazione e misura dell'aria sulle singole diramazioni. La potenza di 22 kW a 780 m³/h e 7 m di prevalenza è coerente con la compressione adiabatica a rendimento 65% (≈ 19 kW all'albero).

6.4 Sedimentazione finale e filtrazione

Tabella 10 – Sedimentatori Ø 12 m e filtro a dischi

Grandezza	Valore	Criterio
Superficie del sedimentatore (Ø 12,0 m)	113 m ²	
Volume (parte cilindrica 3,0 m + cono)	≈ 370 m ³	
Carico idraulico superficiale a Q24 (43 m ³ /h)	0,38 m/h	≤ 0,5-0,6
...a 1,5·Q24 (64 m ³ /h)	0,57 m/h	
...a 3·Q24 (129 m ³ /h)	1,14 m/h	≤ 1,6
Carico solidi (Q + ricircolo 45 m ³ /h) × 4 kg/m ³	3,1 kg SS/m ² ·h	≤ 4-6
Tempo di permanenza a Q24	8,5 h	≥ 2-3
Carico sullo stramazzo	1,2 m ³ /m·h	≤ 10
Filtro a dischi: carico a 106 m ³ /h (pompe di equalizzazione)	7,6 m/h	≤ 8-10 (media)
...a 133 m ³ /h (Q24 con 200 L/A.E.-d)	9,5 m/h	
...alla portata massima di targa (155 m ³ /h)	11,1 m/h	≤ 12-15 (punta)

Esito. I sedimentatori sono **molto abbondanti**: possono accogliere ben oltre la portata che le pompe di equalizzazione consentono di inviare (43 m³/h per linea). Il filtro, invece, è l'unica unità che lavora vicino al limite: 7,6-9,5 m/h a regime normale e 11 m/h alla portata massima, con carico di solidi in ingresso di 15-25 mg/L. Essendo **unico e senza riserva**, per un filtro a dischi di tela il by-pass dovrebbe essere previsto con allarme e con possibilità di ripresa manuale; un secondo filtro, o almeno la possibilità di installarlo, riduce il rischio di superare i 10 mg/L di solidi in occasione di fango leggero (bulking) o di lavaggi.

6.5 Disinfezione

Tabella 11 – Tempi di contatto e dosaggi dell'ipoclorito

Grandezza	Valore
Volume di contatto netto (5,0 × 5,8 × 2,0 m al netto dei setti)	≈ 52 m ³
Tempo di contatto a 86 m ³ /h / 133 m ³ /h / 155 m ³ /h / 249 m ³ /h	36 / 23 / 20 / 12 min
Dose di cloro attivo ipotizzata 5 mg/L a 133 m ³ /h	0,67 kg Cl ₂ /h → ≈ 4,4 L/h di NaClO al 15% (pompe 0-10 L/h)
Autonomia del serbatoio da 2.000 L	≈ 19 giorni a pieno carico
Impianto UV: dati di targa	2 moduli, 24 lampade; portata, trasmittanza (UVT), dose (mJ/cm²) non indicate

Esito. Il tempo di contatto (23 min alla portata media) è adeguato per l'ipoclorito (15-20 min richiesti). L'efficacia dell'UV non può essere verificata senza i dati di targa: per E. coli ≤ 10 UFC/100 mL servono almeno 40-60 mJ/cm² con UVT ≥ 55-60% e solidi sospesi < 10 mg/L; vanno richiesti al fornitore, insieme al numero di ore di vita delle lampade e al piano di pulizia. Lo smaltimento del cloro residuo (≤ 0,2 mg/L) deve poter avvenire anche in caso di anomalia (soluzione di bisolfito in emergenza o spegnimento del dosaggio asservito al clororesiduometro).

6.6 Sollevamenti, portate e idraulica

Tabella 12 – Capacità delle apparecchiature rispetto alla portata di progetto

Apparecchiatura	Capacità installata	Fabbisogno (200 L/A.E.·d)	Rapporto
Pompe equalizzazione, linee 2+3	$2 \times 43 = 86 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q_{24} = 83 \text{ m}^3/\text{h}$	1,03·Q ₂₄
Pompa equalizzazione, linea 1	$1 \times 20 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q_{24} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$	0,40·Q₂₄
Pompe equalizzazione, totale	$106 \text{ m}^3/\text{h} = 2.544 \text{ m}^3/\text{d}$	$3.200 \text{ m}^3/\text{d}$	= 159 L/A.E.·d a 16.000 A.E.
Griglia fine 3 mm	$90 \text{ m}^3/\text{h}$	$86 \text{ m}^3/\text{h}$ (pompe)	96%
Ricircolo interno (per linea)	$108 \text{ m}^3/\text{h}$	$43 \text{ m}^3/\text{h}$	2,5·Q
Ricircolo del fango (per linea)	$45 \text{ m}^3/\text{h}$	$43 \text{ m}^3/\text{h}$	1,05·Q
Filtro a dischi	$155 \text{ m}^3/\text{h}$	$106\text{-}133 \text{ m}^3/\text{h}$	68-86%
Sollevamento finale (3 + 1R)	$3 \times 83 = 249 \text{ m}^3/\text{h}$	$133 \text{ m}^3/\text{h}$ medi	1,9·Q ₂₄

Equalizzazione e portate. Con le pompe installate il sistema può trattare in continuo al massimo **2.544 m³/d**, che a 16.000 A.E. corrispondono a 159 L/A.E.·d, e **la linea esistente è alimentata da una sola pompa da 20 m³/h** (480 m³/d, pari a 80 L/A.E.·d su 6.000 A.E.). Se la dotazione reale è 200 L/A.E.·d o più, o se l'alimentazione della linea 1 non avviene anche per altra via (gravità, by-pass generale di PRG-13), l'eccesso va accumulato nella vasca di equalizzazione, il cui volume non è quotato: **senza il volume non è possibile dimostrare che l'impianto regga il picco estivo**. Dato necessario: volume utile e quote della vasca; da confrontare con l'accumulo giornaliero eccedente la capacità delle pompe (per 16.000 A.E. a 200 L/A.E.·d: 656 m³/d da accumulare e smaltire, più la punta oraria).

Sollevamento finale. Il dislivello statico è 27,5 m (131,15 → 158,65). Le perdite per attrito nella condotta esistente ($\approx 477 \text{ m}$, $\varnothing$ interno $\approx 220 \text{ mm}$, Hazen-Williams $C = 140$) sono $\approx 0,8 \text{ m}$ a $83 \text{ m}^3/\text{h}$, $2,9 \text{ m}$ a $166 \text{ m}^3/\text{h}$ e **6,1 m a 249 m³/h** (velocità 0,6 / 1,2 / 1,8 m/s): la prevalenza richiesta è di $\approx 29 \text{ m}$ (una pompa) e di $\approx 36 \text{ m}$ con perdite localizzate (tre pompe), contro i 43 m delle pompe. La sovrapprevenza di 7-14 m sposta il punto di lavoro verso portate maggiori e potenze maggiori; in mandata DN 100 la velocità a $83 \text{ m}^3/\text{h}$ è 2,9 m/s. Si raccomanda: curve di pompa, verifica dei transitori (colpo d'ariete, sulla condotta di 477 m con arresto contemporaneo delle pompe), inverter o regolazione con valvola.

6.7 Defosfatazione con cloruro ferrico

Tabella 13 – Dosaggio del cloruro ferrico (a 3.200 m³/d; P da 6,4 a 1,5 mg/L)

Grandezza	$\beta = 1,5 \text{ mol Fe/mol P}$	$\beta = 2,0$
Fosforo da rimuovere	4,9 mg P/L	4,9 mg P/L
Dose di ferro / di FeCl ₃ puro	13,3 / 38,5 mg/L	17,7 / 51,3 mg/L
Consumo giornaliero di FeCl ₃ puro	123 kg/d	164 kg/d
Soluzione al 20% (d = 1,17; 234 g/L)	526 L/d = 22 L/h	702 L/d = 29 L/h
Autonomia del serbatoio da 5.000 L	9,5 d	7,1 d
Alcalinità consumata	36 mg CaCO ₃ /L	48 mg CaCO ₃ /L
Cloruri aggiunti	25 mg/L	34 mg/L
Fango chimico aggiuntivo	$\approx 71 \text{ kg SS/d}$	$\approx 71 \text{ kg SS/d}$

Il fango chimico è stimato sul fosforo precipitato, $4,9 \text{ mg/L} \times 3.200 \text{ m}^3/\text{d} \times 4,5 \text{ kg SS/kg P}$.

Esito. Le 6 pompe da 0-10 L/h (fino a 50 L/h con 5 in servizio) coprono 1,7-2,3 volte il fabbisogno medio; il serbatoio dà 7-10 giorni di autonomia a pieno carico, **ma in alta stagione la fornitura deve essere programmata**

(autocisterne ogni 5-6 giorni). L'alcalinità è il punto delicato: nitrificare 47,5 mg N/L consuma 340 mg CaCO₃/L, la denitrificazione ne restituisce circa 130-135 mg/L e il ferro ne consuma altri 36-48 mg/L, per un **fabbisogno netto di 240-250 mg CaCO₃/L**. Nelle zone granitiche della Gallura l'acqua potabile può avere alcalinità bassa: **va misurata** sull'acqua di rete e sull'ingresso all'impianto, e se inferiore va previsto un dosaggio di alcali (soda, carbonato) o una ripartizione diversa dell'azoto denitrificato, per evitare il crollo del pH e della nitrificazione.

6.8 Fitodepurazione SFS-h

Tabella 14 – Verifica idraulica dei letti

Grandezza	Valore
Area vegetata / area specifica	3.000 m ² / 0,19 m²/A.E. (raccomandati 0,3-0,5 per il finissaggio)
Volume del letto / volume dei pori (porosità 0,35)	3.480 m ³ / 1.218 m ³
Carico idraulico a 3.200 m ³ /d	1,07 m/d
Tempo di residenza a 3.200 / 2.544 / 1.600 m ³ /d	9,1 / 11,5 / 18,3 h
Portata per vasca a 3.200 m ³ /d (ripartizione uguale)	356 m ³ /d
Tempo di residenza per vasca di 38 m / di 66 m (ripartizione uguale)	6,2 h / 10,9 h
Velocità di Darcy nella sezione bagnata (5,8 m × 1,0 m)	61 m/d
Conducibilità idraulica richiesta con pendenza 1% / 2%	≈ 6.100 / 3.100 m/d
Carico organico (BOD ₅ 12 mg/L)	≈ 13 g BOD ₅ /m ² ·d
Evapotraspirazione estiva (≈ 6 mm/d × 3.000 m ²)	≈ 18 m ³ /d (0,6% della portata)

Esito. (1) **Superficie:** 0,19 m²/A.E. con permanenza di 9 h è un affinamento di sicurezza (solidi, BOD residuo, parte dell'azoto), non un trattamento; la BOZZA 1 indicava 4,7 h con letto di 0,6 m, la profondità reale di 1,2 m raddoppia il volume utile e porta a 9 h. (2) **Conducibilità idraulica:** per far passare 356 m³/d in una sezione di 5,8 m² con una pendenza del fondo di 1-2% serve k ≈ 3.000-6.000 m/d, ottenibile solo con ghiaia grossa pulita (8-32 mm); una miscela con sabbia e zeoliti ha k di 100-1.000 m/d (e di meno dopo la colmatazione): il liquido non passerebbe nel letto e **risalirebbe in superficie**. La composizione del riempimento (ghiaietto, sabbia, zeoliti o argilla espansa) è indeterminata nel computo (voce A.1.21.31); va precisata con granulometria e k. (3) **Ripartizione:** le vasche hanno lunghezze da 38 a 66 m; con ripartizione uguale i tempi di permanenza vanno da 6,2 a 10,9 h: i sistemi di ripartizione devono essere proporzionali ai volumi (stramazzi tarati o paratoie). (4) L'evapotraspirazione (≈ 0,6%) concentra i cloruri in misura irrilevante.

6.9 Linea fanghi

Tabella 15 – Verifica della linea fanghi (16.000 A.E.)

Grandezza	Solo biologico	Con fango chimico
Produzione di fango di supero	650 kg SS/d	720 kg SS/d
Portata a 8 kg/m ³ (supero)	≈ 81 m ³ /d	≈ 90 m ³ /d
Ispessitore ≈ 27 m ² (5,5 × 5,0 m): carico solidi	24 kg SS/m ² ·d	26 kg SS/m ² ·d
Fango ispessito al 2%	33 m ³ /d	36 m ³ /d
Nastropressa (7,5 m ³ /h): ore di marcia	4,3 h/d	4,8 h/d
Fango palabile al 17%	3,8 t/d	4,2 t/d
Polielettrolita (3-5 kg/t SS)	2,0-3,3 kg/d	2,2-3,6 kg/d

Esito. Il carico dell'ispessitore ($24-26 \text{ kg SS/m}^2 \cdot \text{d}$) è entro il limite di 30-40 e la nastropressa, a 4-5 ore di marcia al giorno, ha buon margine di capacità: ma è **unica**. L'ispessitore, profondo 5,5 m, ha un volume di circa $100-110 \text{ m}^3$ che equivale a tre giorni di fango ispessito, sufficiente a coprire un fermo breve; per un fermo più lungo servono alternative (nastropressa mobile a noleggio, autospurgo, letti di essiccamento). Il computo prevede la dismissione dello scarico di un letto di essiccamento (A.2.14.7): il destino dei letti esistenti va chiarito.

6.10 Energia elettrica e gruppo elettrogeno

Tabella 16 – Potenza installata in servizio (senza riserve) e copertura del gruppo elettrogeno

Utenza	kW	Priorità in emergenza
Equalizzazione (miscelatore 4; 2 pompe nuove 2,6; pompa esistente 1,5)	8,1	Alta
Grigliatura fine	0,3	Alta
Denitrificazione (2 miscelatori 3; 2 pompe di ricircolo 3)	6,0	Alta
Soffianti (3×22)	66,0	Alta (1-2 macchine)
Sedimentatori (ponti 0,5; pompe di spruzzo 3)	3,5	Media
Filtro a dischi	2,8	Media
Disinfezione ($\text{NaClO} + \text{UV } 24 \times 0,18 \text{ kW}$)	4,5	Alta
Defosfatazione (5 pompe dosatrici)	0,9	Media
Sollevamento finale (3×15)	45,0	Alta (1 pompa)
Fanghi: ricircolo/supero 4,4; ispessimento 2,3; disidratazione 10,9	17,6	Media-bassa
Acqua industriale 3,0; acque di lavaggio 1,5	4,5	Bassa
Totale in servizio	$\approx 159 \text{ kW}$ ($\approx 199 \text{ kVA}$ a $\cos \phi 0,8$)	
Gruppo elettrogeno: 130 kVA continui = 104 kW (143 kVA emergenza)	$\approx 65\%$ del totale	

Esito. Il gruppo elettrogeno **non copre la totalità** dell'impianto a pieno carico (65%): in assenza di rete va applicata una logica di distacco dei carichi non essenziali (fanghi, acque industriali, filtro e una o due soffianti), e la vasca di equalizzazione fa da polmone per le ore di fermo. La presenza di stazioni di sollevamento di rete richiede inoltre gruppi propri (stazioni principali). Con i sovraccarichi di avviamento dei motori (soffianti 22 kW) il gruppo va verificato con avviamento sequenziale o soft starter.

7. Linea fanghi

Il fango di supero delle tre linee è già in parte stabilizzato per aerobiosi prolungata (6.1), quindi la linea fanghi ha solo funzioni di concentrazione e disidratazione. Dal profilo PRG-14 e da PRG-24: i sedimentatori scaricano a un **sollevamento fanghi di ricircolo e supero** (4 pompe, 2 per linea: 1 di servizio e 1 di riserva) che rimanda il fango alla denitrificazione e invia il supero all'**ispessitore esistente** (livello 134,68 m s.l.m.); da qui il fango ispessito, con **due pompe monovite** (1+1R), va alla **nastropressa**. Un **rilancio delle acque di troppo pieno e di controlavaggio** (2 pompe, 1+1R) riporta filtrati, acque di lavaggio e surnatante in testa impianto.

- **Ispessitore a gravità (esistente):** vasca $\approx 5,5 \times 5,0 \text{ m}$, profondità 5,5 m, con agitatore a cancelletto (0,75 kW) e copertura in PRFV con presa di aspirazione e passi d'uomo (per la deodorizzazione). Concentra il fango da circa 0,8% a 1,5-2,0% di sostanza secca; il surnatante torna in testa impianto. Con 650-720 kg SS/d a pieno carico si ottengono $33-36 \text{ m}^3/\text{d}$ di fango ispessito.

- **Disidratazione meccanica (nuova, una nastropressa):** portata del fango 7,5 m³/h, larghezza del nastro 1,2 m, pompa di alimentazione 10 m³/h e 60 m di prevalenza, preparazione automatica del polielettrolita (1.200 L/h), pompe dosatrici (1+1R), trasportatori a nastro (2,5 + 5,5 m) e cassone scarrabile. Funziona a turni, 4-5 h/d a pieno carico, producendo 3,8-4,2 t/d di fango al 17% circa.
- **Letti di essiccamento esistenti:** nella BOZZA 1 li consideravo polmone o riserva; il computo prevede però la rimozione dello scarico di un letto (A.2.14.7). Il ruolo dei letti e la loro capacità vanno chiariti (13.13).

Il fango disidratato è identificato con il codice EER 19 08 05 (fanghi prodotti dal trattamento delle acque reflue urbane) e va avviato a recupero o smaltimento presso impianti autorizzati; l'eventuale impiego in agricoltura richiede il rispetto dei limiti analitici di legge (D.Lgs. 99/1992) e dell'autorizzazione specifica; il ferro e la stabilizzazione parziale limitano questa via. Le acque di filtrazione/pressatura sono riciclate in testa impianto: il carico di ritorno (azoto e fosforo) è circa il 5-10% del carico in ingresso e va considerato nella gestione.

8. Bilancio di massa e prestazioni attese

La tabella riporta l'andamento atteso dei parametri principali per una linea a pieno carico, aggiornato con i dati di progetto (rispetto alla BOZZA 1 cambiano l'azoto totale e il fosforo). I valori di uscita sono obiettivi per un impianto ben condotto, non garanzie.

Tabella 17 – Prestazioni attese per sezione (mg/L, salvo diversa indicazione) [IP]

Parametro	Ingresso	Uscita sedimentazione	Uscita filtro + disinfezione	Limite scarico	Limite riuso
BOD ₅	300	10-15	≤ 10	25	20
COD	600	50-70	≤ 60	125	100
Solidi sospesi	450	15-25	≤ 10	35	10
N ammoniacale	≈ 42	≤ 2	≤ 2	15	2
N nitrico	–	≈ 10	≈ 10	–	–
Azoto totale	60	12-14	12-14	15 (se area sensibile)	15
Fosforo totale, con FeCl ₃	10	≤ 1,5	≤ 1,5	10; 2 se area sensibile	2
Fosforo totale, senza chimica	10	≈ 6,4	≈ 6		2
Cloruri	= acqua potabile + apporti	invariati (+25-34 con FeCl ₃)	invariati	1.200	250
E. coli (UFC/100 mL)	10 ⁷ -10 ⁸	10 ³ -10 ⁴	≤ 10	5.000	10

Il fosforo dopo il biologico è stimato come differenza tra carico (10 kg/d) e quota assimilata dal fango (≈ 3,6 kg/d); con la precipitazione simultanea si assume 1,5 mg/L. L'azoto totale (12-14 mg/L) comprende l'azoto nitrico residuo, ≈ 2 di ammonio e ≈ 1-2 di azoto organico: con il solo biologico è vicino al limite di 15 mg/L (6.2). I cloruri non sono rimossi da nessuna sezione dell'impianto.

Due righe della tabella meritano attenzione. **Azoto totale:** il margine rispetto a 15 mg/L è di 1-3 mg/L e dipende dalla temperatura e dal ricircolo. **Cloruri:** restano uguali dall'ingresso all'uscita; la fitodepurazione non li rimuove (13.3). Il fosforo, con la dosatura del FeCl₃ prevista, è sotto il limite.

Bilancio idrico a 16.000 A.E. (medio giornaliero)

- Ingresso: 3.200 m³/d (media giornaliera a 200 L/A.E.·d); capacità di invio delle pompe di equalizzazione 2.544 m³/d (6.6).

- Fango: il supero ($\approx 81\text{-}90 \text{ m}^3/\text{d}$ a $8 \text{ kg SS}/\text{m}^3$, su tre linee) è ispessito a $33\text{-}36 \text{ m}^3/\text{d}$; i circa $48\text{-}54 \text{ m}^3/\text{d}$ di surnatante tornano in testa. La nastropressa produce $3,8\text{-}4,2 \text{ t}/\text{d}$ di fango disidratato, che sottraggono $\approx 3,2\text{-}3,5 \text{ m}^3/\text{d}$ d'acqua; il filtrato ($\approx 30\text{-}33 \text{ m}^3/\text{d}$) torna in testa.
- Uscita: circa $3.200 \text{ m}^3/\text{d}$ di effluente verso scarico e riuso irriguo, al netto dell'acqua trattenuta nel fango e dell'evapotraspirazione dei letti di fitodepurazione ($\approx 18 \text{ m}^3/\text{d}$ in estate).

9. Conduzione e regimi di esercizio

9.1 Attivazione delle linee in funzione del carico

Le linee si attivano in sequenza per tenere ciascuna linea in attività vicino al carico di progetto: un'unica linea poco caricata soffre di carenza di substrato (schiume, bulking) e spreca energia. Le soglie sono indicative e vanno tarate con i dati reali.

Tabella 18 – Fasi di esercizio [IP]

Fase	Carico in arrivo	Linee in servizio	Vasche SFS-h	Note
A – bassa stagione	fino a $\approx 5.100 \text{ A.E.}$	Linea 1	3 su 9	Linee 2 e 3 asciutte e protette; pompa eq. esistente $20 \text{ m}^3/\text{h}$ da verificare
B – media stagione	$5.100 - 9.350 \text{ A.E.}$	Linee 1 + 2	6 su 9	Attivare la linea 2 al superamento dell'85% del carico della linea 1
C – alta stagione	oltre 9.350 , fino a 16.000	Linee 1 + 2 + 3	9 su 9	Linea 3 al superamento dell'85% del carico delle linee 1+2; soffianti a pieno regime

- **Anticipare l'avviamento di 3 settimane:** i nitrificanti crescono lentamente: a $15\text{-}20^\circ\text{C}$ servono almeno 2-3 settimane per una popolazione stabile. La linea nuova si avvia con fango di ricircolo prelevato dalla linea 1 e con carico crescente (rampa di 2-3 settimane, per esempio da fine maggio). Dato il limite delle soffianti (6.3), la fase C richiede la verifica dell'aria disponibile.
- **Disattivare con isteresi** (soglia più bassa del 10% rispetto all'attivazione, per almeno 7 giorni) e lasciare la linea ferma solo con le vasche mantenute: non svuotare le vasche con falda alta per rischio di galleggiamento (All. E).
- La ripartizione della portata tra le linee in servizio si fa con i partitori e le paratoie (la linea 1 ha pompa propria da $20 \text{ m}^3/\text{h}$; le linee 2-3 hanno pompe 2 + 1R da $43 \text{ m}^3/\text{h}$): la proporzione $6.000/5.000/5.000$ non è garantita dalle sole pompe esistenti (6.6).

9.2 Parametri di controllo di processo

Tabella 19 – Parametri e intervalli di conduzione per linea

Parametro	Intervallo	Misura	Azione se fuori intervallo
Ossigeno disciolto, ossidazione	$1,5 - 2,0 \text{ mg}/\text{L}$	Sonda in continuo	Regolare le valvole d'aria o i giri (se si installa l'inverter)
Ossigeno disciolto, anossia	$\leq 0,3 \text{ mg}/\text{L}$	Sonda	Ridurre il ricircolo interno
Fango in vasca (MLSS)	$3,5 - 4,5 \text{ kg}/\text{m}^3$	Giornaliera	Estrarre supero oltre il valore
Indice volumetrico del fango (SVI)	$< 150 \text{ mL}/\text{g}$	Giornaliera (SV30)	Vedi 10
Ricircolo fango	$\approx 105\%$ di Q	Portata, regolazione a valvola	Regolare con le valvole

Parametro	Intervallo	Misura	Azione se fuori intervallo
Ricircolo interno nitrati	≈ 250% di Q (fisso)	Portata, regolazione a valvola	Regolare sul nitrato in uscita
Ammonio / nitrato in uscita	≤ 2 / ≤ 8 mg N/L	Sonda o kit	Regolare aria e ricircoli
pH e alcalinità	pH 6,8 – 7,8; alc. ≥ 50 mg CaCO ₃ /L	Sonda; misura periodica	Verificare apporti; dosare alcali (6.7)
Cloro attivo residuo	≤ 0,2 mg/L	Clororesiduometro	Ridurre il dosaggio di ipoclorito
Torbidità/solidi allo scarico	≤ 10 mg/L	Torbidimetro dopo filtro	Controlavaggio, ispezione sedimentatore
Livello e portata sollevamenti	–	In continuo	Allarmi di alto livello

9.3 Automazione, telecontrollo e controllo analitico

- Quadro di comando con PLC, gestione automatica di soffianti, ricircoli, pompe, filtro e disinfezione; la strumentazione prevista (computo A.2.18) comprende misuratori di portata a ultrasuoni ed elettromagnetici, misuratori di livello, 2 misuratori di O₂ disciolto (2 e 4 sensori), pH-redox-temperatura, torbidimetro, clororesiduometro e interruttori di livello; telecontrollo con allarmi per le stazioni di sollevamento e per l'impianto.
- Registrazione in continuo di portata in ingresso e allo scarico (misuratori di portata), ore di funzionamento, energia.
- Autocontrollo analitico proposto: campioni medi nelle 24 ore in ingresso, all'uscita del sedimentatore e allo scarico (pozzetti SFS-h), con frequenza minima mensile e quindicinale/settimanale da giugno a settembre; parametri: BOD₅, COD, SST, N-NH₄, N-NO₃, Ntot, Ptot, cloruri, conducibilità, alcalinità, E. coli. Frequenze definitive secondo l'autorizzazione allo scarico.
- Registro di conduzione e quaderno di manutenzione, con bilanci mensili di fango estratto e smaltito.

10. Condizioni anomale ed emergenze

Tabella 20 – Eventi, effetti e risposte

Evento	Effetto	Risposta prevista
Mancanza di energia elettrica	Arresto di sollevamenti, aerazione e ricircoli; rischio di scarico di liquame in rete e a fiume	Gruppo elettrogeno da 130 kVA (copre ≈ 65% del carico): distacco dei carichi non essenziali (6.10); vasca di equalizzazione come polmone
Guasto a una soffiante	Aria al 67%: calo di O ₂ e nitrificazione, specie alla punta estiva	Nessuna riserva: ridurre il carico (spegnere una linea, laminare in equalizzazione), intervento urgente; soffiante di riserva consigliata (13.1)
Guasto a una stazione di sollevamento	Allarme di alto livello, sfioro in ambiente	Pompa di riserva; pronto intervento con autospurgo; sfiori di emergenza dove autorizzati
Pioggia intensa (infiltrazioni nella rete nera)	Portata oltre 3·Q ₂₄ , dilavamento di fango dal sedimentatore	Laminazione in equalizzazione; i sedimentatori sono abbondanti; by-pass controllato a monte del biologico, con registrazione
Fango bulking/schiume	SVI > 150 mL/g, fango nell'effluente	Ridurre MLSS ed età del fango; verificare O ₂ e carico; dosaggio puntuale di sali o ipoclorito sul ricircolo; verificare sosta del refluo in rete; spruzzo schiume dei ponti
Risalita di fango (denitrificazione nel sedimentatore)	Fango galleggiante	Aumentare ricircolo fango, ridurre permanenza; verificare nitrato in uscita

Evento	Effetto	Risposta prevista
Sovraccarico organico/tossico	Calo di nitrificazione	Ridurre/laminare carico; verificare scarichi anomali; riseminare con fango di altra linea
Intasamento del filtro o lampade UV fuori servizio	SST o E. coli oltre il limite	Filtro in by-pass solo con allarme; ipoclorito come disinfezione di riserva; stop al riuso irriguo
Guasto della nastropressa	Accumulo di fango nell'ispessitore ($\approx$ 3 giorni di volume)	Noleggio di nastropressa mobile o autospurgo; ridurre l'estrazione del supero
Calo del pH / alcalinità	Perdita di nitrificazione	Dosaggio di alcali; verificare FeCl_3 (6.7)
Intasamento di una vasca SFS-h	Cortocircuito, livello alto	Escludere la vasca con saracinesca, ripristinare il letto e riportare in servizio
Superamento limiti di riuso	Non conformità	Interrompere l'irrigazione, scarico solo se conforme ai limiti di scarico, notifica agli Enti

11. Manutenzione ordinaria

Tabella 21 – Programma di manutenzione

Frequenza	Attività
Giornaliera	Giro di ispezione; lettura strumenti; verifica sonde O_2 ; SV30; svuotamento cassone vaglio; stato filtro e disinfezione; livelli dei serbatoi di FeCl_3 e NaClO
Settimanale	Controllo pompe e miscelatori; pulizia stramazzi e raschiatore sedimentatore; taratura sonde; controllo livelli SFS-h e sifoni; scarico condensa soffianti; controllo del cloro residuo con kit
Mensile	Controllo diffusori (pressione sul collettore); lubrificazione; pulizia pozzetti e griglie stazioni; analisi di autocontrollo; verifica dei teli del filtro e delle lampade UV (ore di funzionamento)
Semestrale	Sostituzione filtri aria; controllo tenute e quadri; verifica lampade UV; ispezione delle membrane dei diffusori; taglio e raccolta della vegetazione sfalcata secondo calendario
Annuale	Svuotamento e ispezione di una vasca per anno a rotazione; verifica strutturale e impermeabilità; taratura misuratori; revisione soffianti e nastropressa; prova del gruppo elettrogeno a carico
Fitodepurazione	Controllo di moria e infestanti nei primi 2 anni; sfalcio autunnale delle Phragmites; ripristino del livello con sifone; controllo di colmatazione

12. Aspetti ambientali di esercizio

- **Odori:** manufatti il più possibile interrati o mascherati, coperture e deodorizzazione (biofiltro o carboni attivi) sulle fasi di contatto con liquami e fango (grigliatura, equalizzazione, ispessitore con copertura in PRFV già prevista, nastropressa). Presidiare le tratte prementanti lunghe con ossigeno o nitrato per evitare i solfuri.
- **Rumore:** soffianti e nastropressa in locali chiusi in blocchi di calcestruzzo colorato (locale compressori in A.1.5); il gruppo elettrogeno è insonorizzato a 70 dB. Gli avviamenti dei motori maggiori richiedono soft starter.
- **Energia:** potenza installata in servizio $\approx$ 159 kW, di cui 66 kW di aerazione (41%) e 45 kW di sollevamento finale (28%). In assenza di inverter, la regolazione dell'aria con le sole valvole aumenta i consumi: l'inverter sulle soffianti è la misura con il miglior rapporto costo-beneficio (6.3).
- **Reagenti:** FeCl_3 (123-164 kg/d a pieno carico, soluzione al 20%), ipoclorito di sodio ($\approx$ 100 L/d), polielettrolita (2-4 kg/d), eventuali alcali per l'alcalinità. Il trasporto e lo stoccaggio richiedono bacini di contenimento e programmazione delle forniture nei mesi estivi.
- **Rifiuti:** grigliato, sabbie, fango disidratato (3,8-4,2 t/d a pieno carico), residui di taglio della vegetazione, olii esausti, lampade UV esauste.

- **Corpo ricettore:** i periodi di massimo carico coincidono con la minima portata del rio, tipica dei corsi d'acqua mediterranei: il tratto a valle può essere dominato dallo scarico. Il monitoraggio a monte e a valle dello scarico va previsto.
- **Inserimento paesaggistico:** materiali e mitigazioni come da relazione paesaggistica (tegole di cotto, blocchi colorati in pasta, legno, carpenteria RAL 6011, essenze autoctone).

13. Conclusioni

La verifica condotta sui dati di progetto (capitoli 5 e 6) mostra un impianto funzionale l'attività richiesta caratterizzato da tre linee a fanghi attivi in aerazione prolungata, con pre-denitrificazione, defosfatazione simultanea con cloruro ferrico, filtrazione a dischi, doppia disinfezione (ipoclorito e UV) e affinamento finale in fitodepurazione SFS-h. L'attivazione per fasi (linea 1; linee 1+2; linee 1+2+3) segue la variabilità del carico turistico, dai 4.900 utenti serviti oggi ai 16.000 A.E. di progetto. Nelle condizioni di progetto e con una conduzione adeguata, le prestazioni attese (tabella 17) rientrano nei limiti per lo scarico in acque superficiali; sul riutilizzo il quadro è più incerto, soprattutto per i cloruri che possono essere valutati ad impianto completato. I valori attuali dell'ipoclorito sono dovuti anche alla necessità di un riavvio e ricondizionamento dell'impianto preesistente che versava in condizioni a dir poco problematiche se non pietose.

Il comparto biologico è nel campo dell'aerazione prolungata (carico del fango 0,076 kg BOD₅/kg SS-d, carico volumetrico 0,30 kg BOD₅/m³·d), con un'età del fango nella sola zona aerata di 15,8 d contro gli 8-10 d necessari: la nitrificazione è garantita anche a 10-12 °C. I sedimentatori Ø 12 m sono ampiamente dimensionati (0,38 m/h alla portata media, 1,14 m/h a 3·Q₂₄; permanenza 8,5 h). La linea acque funziona a gravità con circa 9,8 m di carico disponibile. Il tempo di contatto dell'ipoclorito (23 min a 133 m³/h) è adeguato, la defosfatazione ha pompe e serbatoio con ampio margine (1,7-2,3 volte il fabbisogno medio) e la linea fanghi lavora entro i limiti (ispessitore 24-26 kg SS/m²·d; nastropressa 4,3-4,8 h/d).

Con la configurazione descritta il sistema è impostato in modo corretto per trattare il carico di 16.000 A.E. e per rispettare i limiti di scarico, con margine ridotto sull'azoto totale. L'idoneità al funzionamento di punta estiva e al riutilizzo non può essere affermata finché non sono chiusi almeno i punti 13.1, 13.4, 13.6 e 13.10. Chiusi questi punti e sostituiti i valori [IP] con quelli del progetto definitivo, la relazione potrà essere emessa nella versione per gli Enti.

Ing. Stefano Barbieri

dott. agr. Vincenzo Satta