



# CONSORZIO INDUSTRIALE PROVINCIALE DI SASSARI

## REVAMPING IMPIANTO DI DEPURAZIONE CONSORTILE DI PORTO TORRES

### PROGETTO DEFINITIVO

**R.T.P.:**

**Progettista generale:**

Ing. Angelo Cantatore



Via dei Palustei 16  
38100 MEANO (TN)



**RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**

Ing. Graziano Mura

**Responsabile integrazioni specialistiche:**

Ing. Fabrizio Parboni Arquati



Piazzale stazione 7  
35131 PADOVA (PD)



Ing. Berardo Giangiulio



Via Cavour, 45  
66010 Palombaro (Ch)



Ing. Francesco Petretto



Via Armando Diaz n° 1  
07100 Sassari (SS)



**TITOLO:**

RELAZIONE DI CALCOLO DI PROCESSO E DI  
CALCOLO IDRAULICO

**ELABORATO:**

D-R-110-10

**DATA:**

Luglio 2020

**AGGIORNAMENTO:**

Dicembre 2022

**SCALA:**

-



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INTERVENTI DI PROGETTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DATI DI PROGETTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>VERIFICHE DI DIMENSIONAMENTO .....</b>	<b>11</b>
4.1	02 – Sollevamento iniziale linea acque .....	11
4.2	03 – Grigliatura .....	12
4.3	04 - Dissabbiatura .....	13
4.4	08 - Sedimentazione primaria – API.....	14
4.5	10 - Trattamento chimico-fisico primario - linea Versalis (intervento escluso dal progetto) .....	16
4.6	15 - Ispessimento fanghi .....	18
4.7	17 - Trattamento aria esausta.....	19
<b>5</b>	<b>VERIFICHE IDRAULICHE .....</b>	<b>21</b>
5.1	Criteri generali di dimensionamento idraulico .....	21
5.1.1	Tubazioni in pressione .....	21
5.1.2	Stramazzi.....	21
5.1.3	Luci di fondo .....	22
5.2	Risultati di dimensionamento .....	23
5.2.1	01 – Torino piezometrico e ricezione reflui linea acque .....	23
5.2.2	02 – Sollevamento iniziale linea acque.....	23
5.2.3	04 – Dissabbiatura.....	24
5.2.4	07 – Pretrattamento e rilancio reflui linea Versalis.....	24
5.2.5	08 – Sedimentazione primaria – API .....	25
5.2.6	11 – Trattamento biologico.....	27



## 1 PREMESSA

Il presente documento rappresenta la revisione della relazione tecnica del progetto definitivo degli interventi di manutenzione straordinaria (revamping) dell'impianto di depurazione consortile di Porto Torres, relative alla linea acque oleose e al pretrattamento rifiuti, elaborato dal Settore tecnico del Consorzio Industriale Provinciale di Sassari nel luglio 2020 ed ammesso a finanziamento regionale attraverso il bando promosso dall'Assessorato all'Industria.

La revisione del progetto originariamente elaborato nel 2020 si rende necessaria a seguito del mutato scenario nel periodo intercorso tra l'elaborazione del progetto e, nello specifico, a seguito dei seguenti aspetti:

- In tempi recenti il Consorzio ha avviato una serie di interventi atti ad ammodernare ed ampliare l'offerta al territorio garantita in merito al trattamento delle acque reflue e dei rifiuti liquidi all'interno dell'impianto consortile di Porto Torres.
- Necessità di rispondenza alle prescrizioni formulate dagli Enti negli anni;
- Necessità di realizzare ulteriori interventi funzionali ed energetici atti ad adeguare le linee di trattamento dell'impianto alle nuove caratteristiche qualitative e quantitative dei reflui.

In quest'ottica si segnalano gli interventi già eseguiti relativi a:

1. pretrattamento dei rifiuti liquidi, per i quali è già stata affidata la realizzazione del primo stralcio funzionale;
2. pretrattamento dei reflui provenienti dall'impianto elastomeri di Versalis;
3. ammodernamento del sistema di ossigenazione nella sezione di nitrificazione – ossidazione;
4. progettazione della sezione di disinfezione, attualmente non esistente.

Gli interventi di cui ai punti 2 e 3 sono stati completati, quelli di cui al punto 1 sono in fase di esecuzione, mentre per le opere di cui al punto 4 non è stata ancora indetta la gara d'appalto.

È tuttora in corso un procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale cosiddetto "postumo", ai sensi dell'art.29, comma 3 del D. lgs. 152/06, giunto alle battute finali, che riguarda sia l'impianto nel suo insieme sia le nuove opere comprese ai punti 1 e 4.

Oltre agli interventi sopra menzionati, sono stati pianificati, compatibilmente con il reperimento di adeguate risorse finanziarie, interventi complessivi di revamping che permettano di ammodernare e adeguare la linea di processo delle acque sia in termini di efficienza sia in termini di contenimento dei consumi energetici, nonché eseguire interventi di adeguamento degli impianti elettrici all'attuale normativa e realizzare interventi di messa in sicurezza su alcune strutture a servizio dell'impianto.

Si precisa che tutti gli interventi in progetto saranno realizzati all'interno dell'area di pertinenza del depuratore esistente.



## 2 INTERVENTI DI PROGETTO

In Tabella 1 vengono riportati gli interventi previsti per il revamping del depuratore consortile di Porto Torres suddividendoli nei vari comparti di trattamento

Tabella 1: Interventi di progetto

Codice	Descrizione	Interventi
01	Torrino piezometrico e ricezione reflui linea acque	1a - Sostituzione elettropompe di sollevamento e relative tubazioni di mandata torino 1b - Installazione strumentazione di misura torino 1c - Ripristini localizzati cls torino 1d - Installazione misuratori di portata nei pozzetti O28, O29, O30
02	Sollevamento iniziale linea acque	2a - Installazione n. 1 nuova elettropompa sommergibile 2b - Rifacimento piping elettropompe di sollevamento 2c - Installazione strumentazione di misura 2d - Installazione copertura canale sollevamento 2e - Ripristini localizzati cls
03	Grigliatura	3a - Sostituzione n. 2 griglie automatiche 3b - Rimozione nastro trasportatore esistente ed installazione coclea di allontanamento materiale grigliato 3c - Ripristini localizzati cls
04	Dissabbiatura	4a - Installazione n. 1 carroponte va e vieni, n. 2 elettropompe di estrazione sabbie, n. 1 lavatore e separatore sabbie, n. 1 pompa di pressurizzazione acqua di rete 4b - Sostituzione rete di diffusori e installazione n. 2 soffianti dedicate 4c - Ripristini localizzati cls
05	Accumulo acque di pioggia	5a - Installazione nuove passerelle e nuove scale alla marinara 5b - Ripristini localizzati cls
06	Equalizzazione	6a - Sostituzione n. 2 paratoie in ingresso alla vasca 6b - Installazione n. 2 paratoie in uscita dalla vasca 6c - Ripristini localizzati cls
07	Pretrattamento e rilancio reflui linea Versalis	7a - Installazione sgrigliatore a tamburo rotante 7b - Installazione n. 1 paratoia intercettazione tubazione di collegamento alla vasca biologica 7c - Installazione n. 2 elettropompe sommergibili per rilancio refluo alla vasca API 7d - Posa nuovo piping di collegamento 7e - Installazione n. 1 misuratore di portata 7f - Ripristini localizzati cls 7g - Installazione nuove scale alla marinara e passerelle
08	Sedimentazione primaria - API	8a - Sostituzione n. 2 carroponte esistenti e soglie di sfioro 8b - Sostituzione n. 12 paratoie in ingresso alle vasche 8c - Installazione n. 12 valvole di intercettazione fango in uscita dalle vasche 8d - Sostituzione n. 2 elettropompe sommergibili di estrazione fanghi chimici 8e - Installazione strumentazione di misura 8f - Ripristini localizzati cls
09	Sollevamento intermedio	9a - Installazione n. 2 paratoie intercettazione refluo in uscita



10	Trattamento chimico-fisico primario	10a - Installazione n. 2 paratoie di intercettazione refluo in ingresso alle vasche di miscelazione/flottazione 10b - Sostituzione apparecchiature elettromeccaniche flottatore linea Versalis (ponte raschiatore, sistema di insufflaggio aria, saturatore e elettropompe di ricircolo, lame di sfioro e scrub box) – Futura realizzazione, ESCLUSE DAL PRESENTE PROGETTO 10c - Installazione n. 1 misuratore di portata refluo Versalis 10d - Ripristini localizzati cls
11	Trattamento biologico	11a - Posa tubazione di by-pass comparto biologico 11b - Installazione n. 2 paratoie di intercettazione refluo nel canale di by-pass 11c - Installazione strumentazione di misura 11d - Ripristini localizzati cls, scala di accesso e parapetti
12	Sedimentazione finale	Non sono previsti interventi
13	Ricircolo fanghi e estrazione supero	13a - Sostituzione coclee con n. 2 elettropompe sommergibili di ricircolo della portata alla vasca biologica 13b - Sostituzione n. 2 elettropompe sommergibili di estrazione fanghi di supero 13c - Installazione n. 1 misuratore della portata di fango di supero 13d - Installazione n. 2 misuratori della portata di fango di ricircolo 13e - Ripristini localizzati cls
14	Filtrazione terziaria, disinfezione e scarico finale	14a - Installazione misuratore di livello radar per la misura della portata nel canale di scarico Venturi
15	Ispessimento fanghi	15a - Sostituzione n. 2 carroponte ispessitori F3.1 e F3.2 15b - Installazione n. 1 carroponte ispessitore F4.1 15c - Sostituzione n. 2 elettropompe monovite a servizio ispessitori F3.1 e F3.2 15d - Installazione n. 2 elettropompe monovite a servizio ispessitore F4.1 15e - Posa nuovo piping di collegamento
16	Disidratazione fanghi	16a - Messa in sicurezza locale disidratazione esistente 16b - Realizzazione nuovo edificio disidratazione 16c - Spostamento apparecchiature elettromeccaniche esistenti nel nuovo edificio disidratazione (centrifughe, coclee e cassoni di raccolta fango) 16d - Spostamento quadro elettrico esistente nel nuovo edificio disidratazione
17	Trattamento aria esausta	17a - Posa nuove tubazioni aerauliche fuori terra per il collegamento del sollevamento iniziale al trattamento aria 17b - Posa nuove tubazioni aerauliche fuori terra per il collegamento del locale disidratazione al trattamento aria
18	Dosaggio reagenti	18a - Ripristini localizzati cls
19	Impianti elettrici e telecontrollo	19a - Installazione sistema di Telecontrollo-supervisione (Sistema SCADA) 19b - Adeguamento quadri elettrici esistenti da interfacciare con il nuovo Sistema SCADA 19c - Alimentazione elettrica nuove macchine ed apparecchiature elettromeccaniche
20	Smaltimenti e sistemazioni esterne	20a - Dismissione e rimozione apparecchiature elettromeccaniche 20b - Ripristini pavimentazione viabilità interna esistente

### 3 DATI DI PROGETTO

L'impianto di depurazione CIPSS di Porto Torres, la cui potenzialità di progetto relativa alla linea attiva un tempo definita "acque oleose" è di 20 Mm<sup>3</sup>/anno, è attualmente autorizzato al trattamento di una portata di 13.140.000 m<sup>3</sup>/anno (1500 m<sup>3</sup>/h).

Le portate di progetto sono state stimate in base al diverso tipo di refluo in ingresso all'impianto:

- Acque oleose:
  - Civile Porto Torres
  - Versalis (diverso da SP4)
  - Syndial S-Rigetto
  - Syndial TAF
- Versalis SP4
- Rifiuti liquidi

Il contributo civile in tempo secco della città di Porto Torres è calcolato sulla base dei parametri (dotazioni, coefficienti di punta, ecc.) definitivi nel PRGA Sardegna; il valore riportato, pari a 401 mc/h, corrisponde alla portata media nel giorno di massimo consumo acquedottistico. Secondo i parametri del PRGA la portata media annuale (senza il contributo degli abitanti fluttuanti) ammonta a 263 m<sup>3</sup>/h.

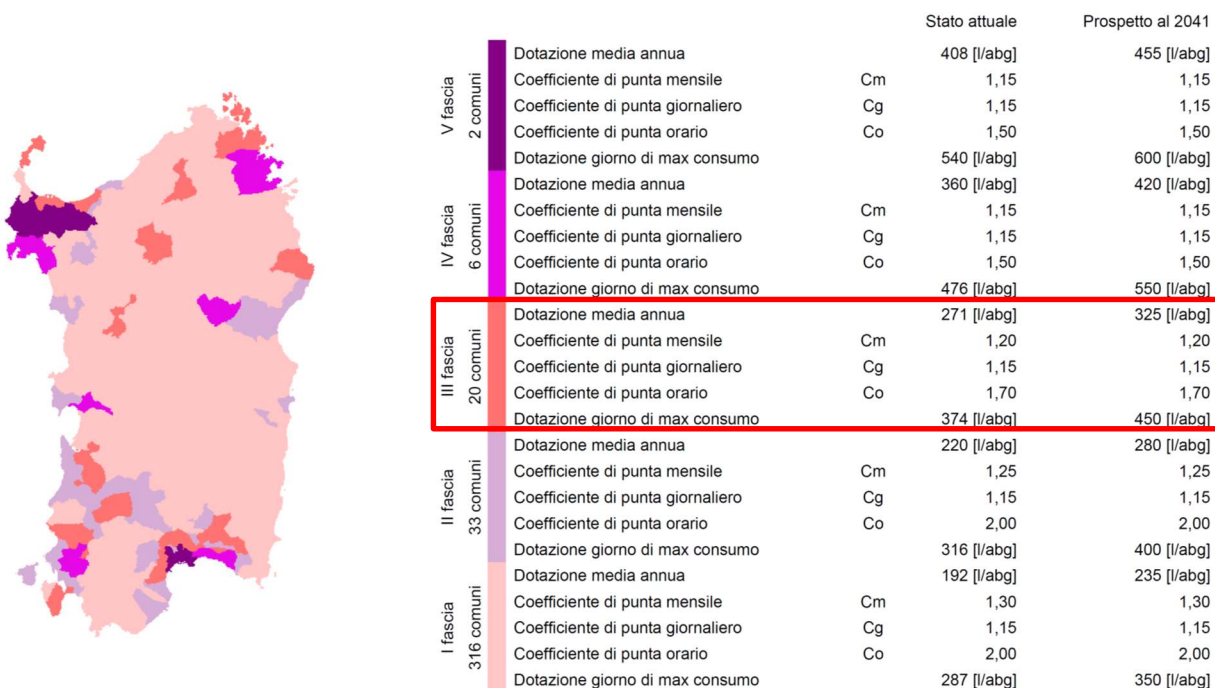


Figura 1: Parametri PRGA Sardegna (in rosso i parametri per la città di Porto Torres)





Tabella 2: Parametri PRGA Sardegna per la città di Porto Torres

PARAMETRI PRGA SARDEGNA	Valore	U.M.
Dotazione idrica residenti	325	l/(ab.×d)
Dotazione idrica fluttuanti	460	l/(ab.×d)
Coefficiente punta mensile	1,2	
Coefficiente punta giornaliera	1,15	
Coefficiente punta oraria	1,7	
Coefficiente deflusso	0,9	

ABITANTI		PORTATA MEDIA			PORTATA MEDIA NEL MESE DI MASSIMO CONSUMO			PORTATA MEDIA NEL GIORNO DI MASSIMO CONSUMO			PORTATA DI PUNTA	
		(l/s)	(m³/h)	(m³/d)	(l/s)	(m³/h)	(m³/d)	(l/s)	(m³/h)	(m³/d)	(l/s)	(m³/h)
Residenti	21500	72,79	262,03	6288,75	87,34	314,44	7546,50	100,45	361,60	8678,48	170,76	614,73
Fluttuanti	2000				9,58	34,50	828,00	11,02	39,68	952,20	18,74	67,45
<b>TOTALE</b>		<b>72,79</b>	<b>262,03</b>	<b>6288,75</b>	<b>96,93</b>	<b>348,94</b>	<b>8374,50</b>	<b>111,47</b>	<b>401,28</b>	<b>9630,68</b>	<b>189,49</b>	<b>682,17</b>

La massima portata civile in tempo di pioggia proveniente dal centro abitato di Porto Torres è stata definita sulla base delle informazioni ricevute dai tecnici dell'impianto: 1882 m³/h (per questioni di calcolo, nella seguente tabella riassunta viene riportato il valore del contributo di pioggia pari a 1200 m³/h, dato dalla differenza tra 1882 m³/h e la portata di punta di 682 m³/h).

Gli altri valori (portate medie e coefficienti di punta) delle acque oleose, Versalis (diverso da SP4) Syndial S-Rigetto e Syndial TAF, sono invece stimati sulla base delle registrazioni eseguite negli ultimi 2 anni, 2021 e 2022, considerati più rappresentativi dell'attuale sistema di scarico dell'area industriale. Il loro contributo di pioggia è calcolato come differenza tra i valori registrati nel mese particolarmente piovoso di gennaio 2021 e i valori medi degli altri mesi registrati.

Il dato di portata di polimeri Versalis SP4 deriva invece dalle comunicazioni dello stesso impianto di produzione Versalis, verificate anche dai tecnici del depuratore: 155 m³/h con un coefficiente di punta pari a 1,15.



## REVAMPING IMPIANTO DI DEPURAZIONE CONSORTILE

Tabella 3: Elaborazioni portate industriali

ANNO 2021	Eni Rewind						Versalis (diversi da SP4)					SP4 (elastomeri)
	H <sub>2</sub> O uscita TAF1-2-3	H <sub>2</sub> O uscita TAF4	H <sub>2</sub> O uscita TAF5	Tot. H <sub>2</sub> O TAF	Rigetto Imp. Acqua Demi	tot mese Eni rewind	SP1 (vasche API2)	SP2 (vasche API1)	SP3 (vasche AROM.)	SP7 (nodo 67)	Tot mese Verslis	
mese	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Gennaio	20 972	37 056	63 107	121 135	54 313	175 448	37 092	29 861	13946	15061	81 209	116474
Febbraio	28 662	36 178	57 740	122 580	54 063	176 643	8 871	13 886	3933	10556	26 360	101930
Marzo	32 314	34 583	64 839	131 736	59 823	191 559	11 731	13 325	1591	9840	24 091	100523
Aprile	16 190	31 559	62 033	109 782	56 073	165 855	6 357	11 990	2178	3175	14 154	109257
Maggio	23 383	31 785	62 466	117 634	51 106	168 740	6 131	13 994	2168	4930	15 800	101888
Giugno	31 503	30 060	57 978	119 541	41 563	161 104	1 555	9 598	2580	4879	10 158	103451
Luglio	46 910	31 632	57 499	136 041	40 211	176 252	12 798	5 098	10930	7670	32 491	173276
Agosto	98 032	32 113	58 579	188 724	16 804	205 528	1 957	5 125	5945	2386	14 426	73665
Settembre	38 836	30 237	56 053	125 126	45 568	170 694	2 218	3 079	4324	0	9 595	122885
Ottobre	40 152	30 529	56 657	127 338	51 984	179 322	5 895	5 134	1189	2314	14 323	124330
Novembre	40 715	28 730	53 905	123 350	48 519	171 869	18 147	12 779	2962	12509	41 574	111893
Dicembre	31 460	29 081	56 756	117 297	54 639	171 936	8523	16201	7171	11 673	34 919	116856
Tot anno 2021	449 129	383 543	707 612	1 540 284	574 666	2 114 950	121 275	140 070	58 917	84 993	319 100	1 356 428

ANNO 2022	Eni Rewind						Versalis (diversi da SP4)					SP4 (elastomeri)
	H <sub>2</sub> O uscita TAF1-2-3	H <sub>2</sub> O uscita TAF4	H <sub>2</sub> O uscita TAF5	Tot. H <sub>2</sub> O TAF	Rigetto Imp. Acqua Demi	tot mese Eni rewind	SP1 (vasche API2)	SP2 (vasche API1)	SP3 (vasche AROM.)	SP7 (nodo 67)	Tot mese Verslis	
mese	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Gennaio	99 428	30 385	58 674	188 487	16 826	205 313	6 654	15 302	932	8744	20 753	43768
Febbraio	26 352	31 056	51 312	108 720	46 303	155 023	6 134	16 565	1241	9753	21 760	94701
Marzo	17 344	32 775	58 499	108 618	58 422	167 040	5 672	18 538	2042	10556	23 645	119987
Aprile	15 264	30 800	59 780	105 844	57 043	162 887	12 165	24 866	2463	6073	27 846	123452
Maggio	16 633	32 532	58 865	108 030	56 934	164 964	6 766	32 554	1025	3606	23 380	126263
Giugno	8 832	31 914	58 284	99 030	57 995	157 025	3 664	31 332	310	625	15 792	107566
Luglio	74 957	31 163	62 664	168 784	25 810	194 594	5 717	25 563	3057	0	13 185	60928
Agosto	50 878	34 480	59 371	144 729	41 182	185 911	7 085	27 431	3541	60	15 539	88807
Settembre	17 455	31 133	59 790	108 378	60 885	169 263	6 851	23 290	5285	3426	22892	129991
Ottobre	17 891	32 050	60 801	110 742	53 447	164 189	3 225	6 279	5091	2542	13035	122185
Novembre												
Dicembre												
Tot anno 2022	345 034	318 288	588 040	1 251 362	474 847	1 726 209	63 933	221 720	24 987	45 385	197 827	1 017 648

PERIODO ANALISI												
Inizio	01/02/2021											
Fine	31/10/2022											
	637,00											
TOTALE PERIODO												
(detratto mese piovoso)	794 163	701 831	1 295 652	2 791 646	1 049 513	3 841 159	185 208	361 790	83 904	130 378	516 927	2 374 076
Media mensile	36 819	31 656	58 693	127 167	47 390		7 053	15 806	3 331	5 491	20 748	107 505
Media giornaliera	1246,7	1101,8	2034,0	4382,5	1647,6		290,8	568,0	131,7	204,7	811,5	3727,0
Media oraria	51,9	45,9	84,7	182,6	68,6		12,1	23,7	5,5	8,5	33,8	155,3
Stima pioggia su mese piovoso (gennaio 2021)												
mese	-15 847	5 400	4 414	-6 032	6 923		30 039	14 055	10 615	9 570	60 461	8 969
giorno				-194,6	223,3						1950,3	289,3
ora				0,0	10,0						85,0	15,0

I reflui in ingresso all'impianto Consortile di Porto Torres considerati alla base del dimensionamento sono i seguenti:





Tabella 4: Quadro di riferimento dei dati di progetto

Tipologia di reflu	Portata media	Coefficiente di punta	Portata massima in tempo secco	Contributo extra di pioggia
	m <sup>3</sup> /h	-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
Civile Porto Torres	401,3	1,7	682,2	1200,0
Versalis (diverso da SP4)	33,8	1	33,8	85,0
Syndial S-Rigetto	68,6	1,1	75,5	10,0
Syndial TAF	182,6	1,1	200,9	10,0
Altri	30,0	1,1	33,0	400,0
<b>TOTALE ACQUE REFLUE</b>	716,3	-	1025,4	1705,0
<b>RIFIUTI LIQUIDI</b>	20	3	60	-
<b>VERSALIS (SP4)</b>	155,3	1,15	178,6	-
<b>TOTALE 2022</b>	891,6			

Data la configurazione dell'impianto in fase di progetto, la ripartizione delle portate ai singoli comparti avviene come riportato in Tabella 5.

Nella gestione delle acque oleose, in tempo di pioggia, sono state fatte alcune ipotesi, allo scopo di definire le portate di progetto. Si è quindi ipotizzato di stoccare la portata di pioggia dell'impianto all'interno dei bacini di laminazione O6, lo scarico viene ipotizzato pari alla portata di pioggia suddivisa in 24 h.

Tabella 5: Suddivisione delle portate nelle varie sezioni di trattamento

Tipologia di reflu	Sezione di trattamento	Codice comparto	Portata complessiva	Numero di linee in parallelo	Portata alla singola linea
			mc/h	-	mc/h
Acque oleose	Sollevamento iniziale	O2	2730	6	455
	Grigliatura	O3	2730	2	1365
	Dissabbiatura	O4	2730	1	2730
	Laminazione	O6	1705	3	568
	Sollevamento laminazione	O7	71	2	36
Acque oleose + rifiuti liquidi	Equalizzazione	O8	1156	2	578
	Disoleatura API	O9	736	3	245
	Sollevamento intermedio	O11	736	2	368
	Miscelazione	O12	736	1	736
	Flocculazione	O13	736	1	736
	Flottazione	O14	736	1	736
Versalis	Equalizzazione	V2	179	1	179
	Sollevamento iniziale	V3	155	2	78



	Disoleatura API	V5	155	1	155
	Sollevamento	-	155	2	78
	Miscelazione	V6	155	1	155
	Flocculazione	V7	155	1	155
	Flottazione	V8	155	1	155
Acque oleose + rifiuti liquidi + Versalis	Confluenza reflui		892	1	892
	Biologia (escluso ricircolo fanghi)	O18	892	1	892
	Sedimentazione finale (escluso ricircolo fanghi)	O22	892	2	446
	Filtrazione	O24	892	3	297
	Misura di portata	O25	892	1	892
	Scarico acque depurate	O26	892		

Le portate riportate in precedenza saranno dunque alla base delle verifiche idrauliche e di processo delle sezioni soggette ad intervento. Per le sezioni non coinvolte nell'intervento di revamping, non verranno considerate in quanto non è previsto un incremento della portata in ingresso rispetto allo stato attuale.

Le caratteristiche qualitative delle correnti verranno espone e descritte nei paragrafi successivi, suddividendole tra i vari comparti di trattamento soggetti ad intervento di revamping.

## 4 VERIFICHE DI DIMENSIONAMENTO

### 4.1 02 – SOLLEVAMENTO INIZIALE LINEA ACQUE

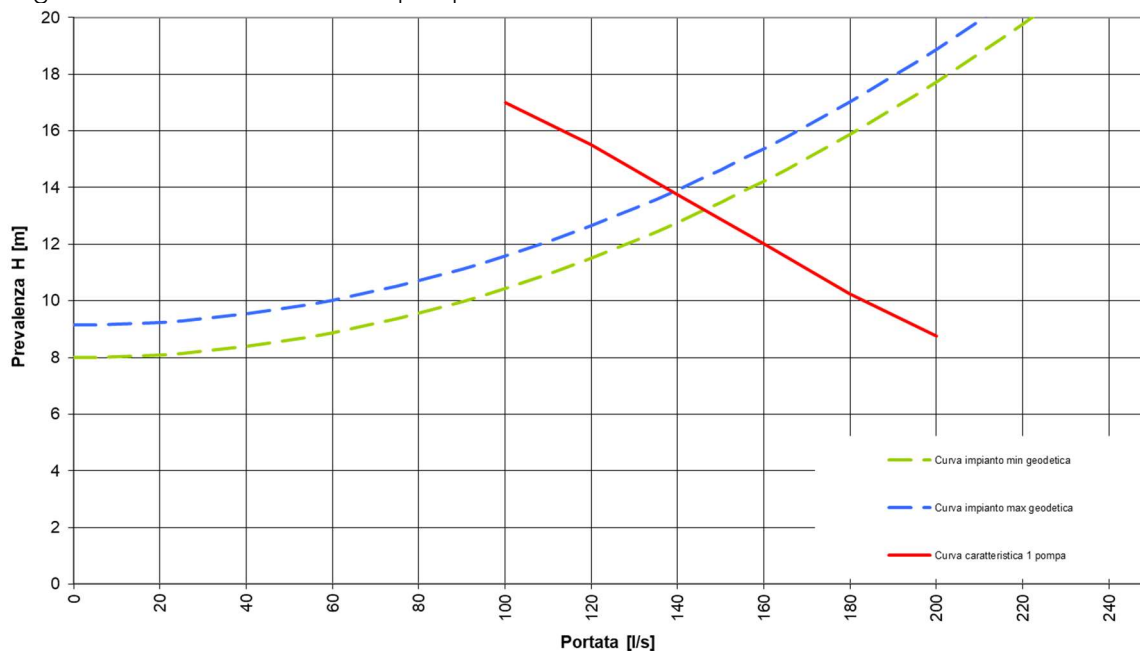
Le acque, assimilabili a refluo civile e provenienti dal ramo Est e quelle dal ramo Sud, si uniscono all'interno dell'impianto consortile e sono convogliate al sollevamento "O1" attraverso una condotta interrata DN 2000.

All'interno del canale del manufatto esistente sono installate:

- n. 2 coclee esistenti, per le quali si prevede la dismissione; a causa della geometria dei manufatti e del budget a disposizione non se ne prevede la demolizione;
- n. 6 elettropompe sommergibili, di cui 5 della stessa tipologia (Caprari, KCD200NA+025042N1) e una di marca diversa; le pompe sono controllate da inverter e gestite attraverso la misura di livello (LIT-001) all'interno del canale di arrivo del refluo.

Le n. 6 pompe sommergibili attualmente installate nel sollevamento iniziale sono caratterizzate da potenze diverse, n.5 pompe da 25 kW + n.1 pompe da 18 kW, e da tubazioni di mandata in PEAD PN16 DN 250 mm; inoltre, le pompe più potenti (CAPRARI) con le attuali tubazioni di mandata evidenziano perdite particolarmente elevate determinate dalle elevate velocità nelle stesse tubazioni di trasferimento (circa 4 m/s alla portata di circa 140 l/s=500 mc/h).

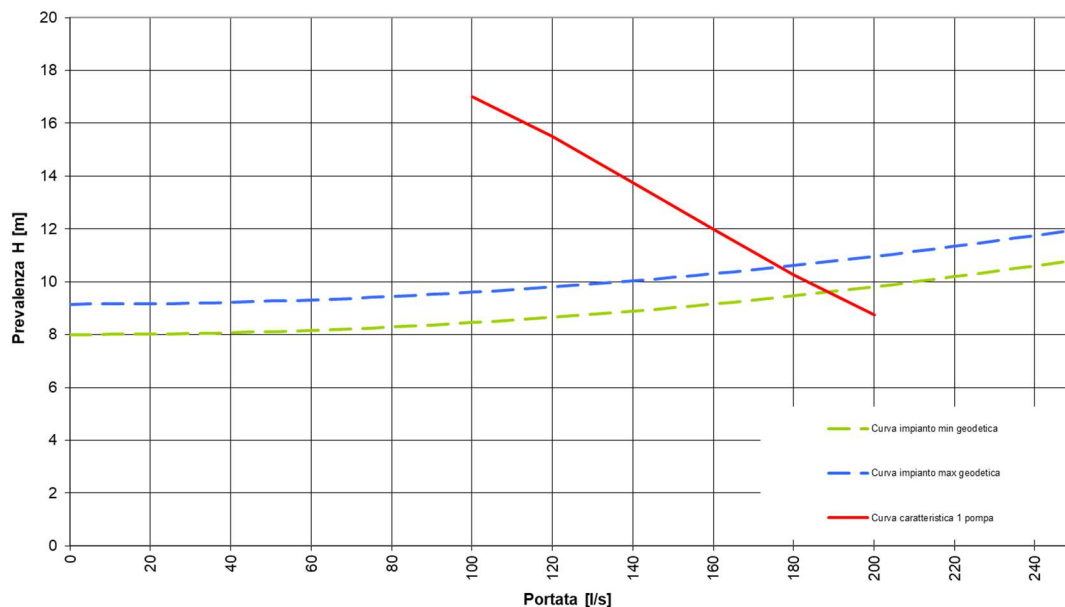
Figura 2: Grafico funzionamento pompe CAPRARI con tubazioni di mandata PEAD PN16 DN250mm



Gli interventi di progetto prevedono la sostituzione dell'elettropompa più piccola con altrettante pompe di caratteristiche simili alle restanti 4 esistenti (CAPRARI mod. KCD200NA+025042N1) e la sostituzione di tutte le mandate con tubazioni in PEAD PN16 DN 355 mm che consentono di ridurre le

velocità a circa 2,5 m/s con una portata di trasferimento più elevata pari a 455 mc/h come richiesto dal sollevamento alla massima postata. Si sottolinea che, in condizioni di portata media, l'intervento garantisce un risparmio energetico di circa 75 000 kWh/anno.

Figura 3: Grafico funzionamento pompe CAPRARI con tubazioni di mandata PEAD PN16 DN355mm



## 4.2 03 – GRIGLIATURA

Il comparto di grigliatura è strutturato su due canali di grigliatura operanti in parallelo, alimentati dal canale di arrivo delle vecchie coclee. Ciascuna delle due griglie a barre (GR02 e GR03), caratterizzate da luci di passaggio di 6 mm, è dimensionata per trattare l'intera portata massima di progetto, per la linea civile, anche in tempo di pioggia.

Ciascuna linea di grigliatura è sezionabile attraverso due paratoie esistenti ad azionamento manuale, tali organi di regolazione non sono soggetti ad intervento.

Il grigliato, di entrambi i canali, viene raccolto dal sistema di pulizia a pettine a catena e convogliato ad una coclea orizzontale senza albero che invierà il grigliato al cassone di raccolta per lo smaltimento finale.

Il refluo pretrattato viene convogliato a gravità nel canale di dissabbiatura presente a valle.

Le caratteristiche dell'equipaggiamento della sezione sono riepilogate in Tabella 6, unitamente ad una stima approssimativa della produzione media attesa di materiale grigliato.



Tabella 6: Sezione di grigliatura grossolana del refluo in ingresso

Parametro	Unità di misura	Valore
<u>Griglie a barre a pulizia automatica</u>		
Numero linee di grigliatura in parallelo	-	2
Portata massima ( $Q_{pm}$ )	m <sup>3</sup> /h	2730
Dimensioni utili dei canali di grigliatura (LxWxH)	m	10x1.5x2.8 10x3.0x2.8
Altezza netta di grigliatura	mm	1800
Luci di filtrazione	mm	6
Potenza nominale unitaria	kW	0.55
<u>Coclea di evacuazione del materiale grigliato</u>		
Numero unità installate	-	1
Lunghezza coclea	mm	8000
Diametro coclea	mm	200
Potenza nominale unitaria	kW	1.5
<u>Stima della produzione media di materiale grigliato</u>		
Produzione specifica di grigliato	L <sub>gr</sub> /m <sup>3</sup> <sub>refluo</sub>	0.04
Produzione giornaliera grigliato	m <sup>3</sup>	0.98
Peso specifico medio del materiale grigliato	kg/m <sup>3</sup>	800
Stima della produzione media annua di grigliato	m <sup>3</sup> /anno	359.3

### 4.3 04 - DISSABBIATURA

La sezione di dissabbiatura sarà costituita da una singola linea delle 4 esistenti, in accordo con quanto attualmente attivo nell'impianto consortile di Porto Torres. Tuttavia, nel progetto di revamping la linea verrà equipaggiata con n.2 soffianti a lobi in modalità 1+1R (CR01/02) e diffusori di insufflazione aria, carroponte va e vieni per il convogliamento delle sabbie nelle tramogge (RF01) e n.2 elettropompe sommergibili in configurazione 1+1R per l'estrazione delle sabbie (PS03/04).

La miscela acqua-sabbie estratte dai dissabbiatori verrà inviata ad un lavatore-separatore (SP01).

L'acqua industriale a servizio del lavatore sarà pressurizzata da una pompa dedicata (PP01) che aspira dal circuito di acqua industriale presente nelle vicinanze.

Le acque drenate dai classificatori sono convogliate alla stazione di sollevamento iniziale.

Le caratteristiche dell'equipaggiamento della sezione sono riepilogate in Tabella 7, unitamente ad una stima approssimativa della produzione media attesa di sabbie.

Tabella 7: Sezione di dissabbiatura-disoleatura fine del refluo in ingresso

Parametro	Unità di misura	Valore
<u>Dissabbiatori</u>		
Numero linee di dissabbiatura-disoleatura in parallelo	-	1
Portata massima di pioggia	m <sup>3</sup> /h	2730
<b>PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo di processo e di calcolo idraulico</b>		Pagina 13 di 27



Portata unitaria di punta	m <sup>3</sup> /h	1025
Volume utile unitario	m <sup>3</sup>	990
Tempo minimo di residenza idraulica	min	3.0
Potenza nominale unitaria complessiva	kW	3.75

Produzione e distribuzione aria

Portata d'aria specifica per unità di lunghezza	Nm <sup>3</sup> /m h	20
Lunghezza utile singola linea	m	30
Portata d'aria necessaria	Nm <sup>3</sup> /h	600
Portata d'aria specifica per diffusore	Nm <sup>3</sup> /h	11
Numero di diffusori a bolle grosse	-	54
Battente idraulico sopra i diffusori	m	4
Perdita di carico complessiva (battente+diffusori+linea)	mbar	500
Diametro tubazione aria (DN)	mm	125
Velocità dell'aria nella tubazione	m/s	12.9

Classificatore-lavatore delle sabbie

Numero unità installate	-	1
Portata massima	m <sup>3</sup> /h	35
Potenza nominale unitaria complessiva	kW	1.50

Gruppo di pressurizzazione

Numero unità installate	-	1
Portata di progetto	L/min	25
Pressione di progetto	bar	4

Stima della produzione media di sabbie

Produzione specifica di sabbie	L <sub>sabbie</sub> /m <sup>3</sup> <sub>refluo</sub>	0.05
Produzione giornaliera di sabbie stimata	m <sup>3</sup> /d	0.86
Peso specifico medio delle sabbie	kg/m <sup>3</sup>	1600

#### 4.4 08 - SEDIMENTAZIONE PRIMARIA – API

La verifica sulla sezione di sedimentazione API si è basata principalmente sulla valutazione della produzione di fango dalla linea civile e da quella Versalis. Infatti, ad eccezione della sostituzione dei carroporti (RF02 – RF03) e delle valvole di regolazione attuate per lo spurgo dei fanghi dalle tramogge di raccolta (VSe01-12), il processo non viene modificato; per questo non si necessita della verifica dell'intero comparto.

Tuttavia, data la sostituzione delle pompe di estrazione del fango dal pozzetto comune in testa alle vasche, si rende necessaria la verifica della produzione di fanghi allo scopo di sostituire le pompe attualmente esistenti con due di nuova fornitura (1+1R) maggiormente performanti.

In Tabella 8 vengono riportate le stime della produzione di fanghi dalle due linee di trattamento. A tale scopo sono state utilizzate le analisi di caratterizzazione dei flussi in ingresso e uscita dalle vasche API nel periodo di monitoraggio compreso tra il 18/10/22 ed il 26/11/22. In particolare, l'analisi si è





concentrata sulla quantità di solidi prima e dopo la sedimentazione, suddividendola tra la linea civile (SP1,2,3) e la linea Versalis (SP4). Di seguito vengono riportati i dati di SST ottenuti dal monitoraggio:

Data	U.M.	Equalizzazione e civile	Uscita API 1,2,3	Equalizzazione e Versalis	Uscita API 4
18-ott	mgSST/L	590	123	600	56
19-ott	mgSST/L	630	61	298	56
20-ott	mgSST/L	860	146	343	54
21-ott	mgSST/L	430	56	297	64
24-ott	mgSST/L	636	50	259	63
25-ott	mgSST/L	710	38	278	70
26-ott	mgSST/L	610	91	310	99
<b>Media</b>	<b>mgSST/L</b>	<b>638</b>	<b>81</b>	<b>341</b>	<b>66</b>

Tabella 8: stima della produzione di fanghi chimici

Parametro	U.M.	Valore
<u>Linea civile</u>		
Concentrazione in ingresso	mgSST/L	638
Concentrazione in uscita	mgSST/L	81
Concentrazione abbattuta	mgSST/L	557
Portata media refluo	mc/h	736
Carico di solidi abbattuto	kgSST/h	410
Tenore di secco (stimato)	kgSST/mc	25
Portata media fanghi (su 24h)	mc/h	16
<u>Linea Versalis</u>		
Concentrazione in ingresso	mgSST/L	341
Concentrazione in uscita	mgSST/L	66
Concentrazione abbattuta	mgSST/L	275
Portata media refluo	mc/h	155
Carico di solidi abbattuto	kgSST/h	43
Tenore di secco (stimato)	kgSST/mc	25
Portata media fanghi (su 24h)	mc/h	2
<u>Totale fanghi sedimentati</u>		
Portata media fanghi (su 24h)	mc/h	18
Ore di funzionamento	h	12
Portata pompa nelle ore di funzionamento	mc/h	36



#### 4.5 10 - TRATTAMENTO CHIMICO-FISICO PRIMARIO - LINEA VERSALIS (INTERVENTO ESCLUSO DAL PROGETTO)

Dall'analisi dello stato di fatto del flottatore a servizio della linea Versalis, si ravviserebbe la necessità di eseguire un adeguamento della sezione di trattamento.

Si specifica, tuttavia, che nell'ambito del presente progetto è stata inclusa la sola predisposizione del quadro elettrico di potenza per consentire la futura eventuale realizzazione di tale intervento, il quale risulta pertanto escluso dal quadro economico di progetto.

Nel seguito vengono descritti gli interventi individuati per la eventuale futura rimessa in servizio del trattamento di flottazione sulla linea Versalis.

Per la rimessa in servizio del solo flottatore a servizio della linea Versalis (V8) sarebbe necessaria la sostituzione delle apparecchiature elettromeccaniche delle seguenti parti:

- Sezione di ricircolo dell'acqua chiarificata al saturatore;
- Installazione di un gruppo di saturazione composto da pompa di pressurizzazione, dispositivo di saturazione e sistema di distribuzione dell'acqua pressurizzata;
- Scrum box per la raccolta del fango flottato;
- Ponte raschiatore per il convogliamento del fango alla tramoggia di estrazione;
- Sezione di estrazione del fango flottato e sedimentato.

I parametri di input considerati per il dimensionamento dell'intera sezione di flottazione sono stati determinati sulla base del monitoraggio effettuato tra il 18/10/22 ed il 26/11/22 da parte del consorzio, i cui risultati sono riportati nella tabella seguente. Come valore cautelativo è stato deciso di utilizzare il valore di solidi massimo registrato durante la campagna di monitoraggio.

Tabella 9: Dati posti alla base delle verifiche del flottatore

Parametro	U.M.	18-ott	19-ott	20-ott	21-ott	24-ott	25-ott	26-ott	Media
COD	mg/L	938	954	944	884	1.086	1.042	1.076	989
COD Solubile	mg/L	766	832	846	826	882	940	874	852
Azoto ammoniacale	mg/L	12,07	11,9	11,27	11,69	11,49	22,04	12	13
Azoto nitrico	mg/L	0,35	0,56	0,46	0,54	0,44	0,78	0,7	1
Azoto totale	mg/L	30	30	28,5	29	26	40	40	32
Fosforo totale	mg/L	0,16	0,13	0,11	0,096	0,14	0,05	< LR	0
Solidi sospesi totali	mg/L	56	56	54	64	63	70	99	66

Data la struttura in cls esistente, la verifica di dimensionamento viene eseguita sul carico idraulico in ingresso al flottatore, andandosi poi a concentrare sulla portata di ricircolo del refluo chiarificato e dell'aria necessaria al comparto. Per quanto riguarda le altre apparecchiature, come ad esempio



carroponte e scrubbox, non sono state eseguite verifiche ma vengono riportate nell'elaborato "D-R-120-05 Capitolato speciale d'appalto" le specifiche tecniche di tali apparecchiature.

Una parte della portata di effluente chiarificato, raccolta nel pozzetto delle acque chiarificate, dovrà essere ricircolata in testa al flottatore dopo essere stata sottoposta ad un processo di saturazione con aria in pressione.

La pompa di pressurizzazione è stata dimensionata imponendo la pressione di esercizio pari a 7 bar, all'interno del range ottimale raccomandato per l'applicazione in esame, tale da favorire la solubilizzazione dell'aria considerando che alla temperatura massima del refluo, pari a 20 °C.

L'aria compressa a 5 bar dovrà essere fornita da un compressore di nuova fornitura, da porre in prossimità del gruppo di pressurizzazione, al quale dovrà essere collegato.

Per flottatori con ricircolo della portata in ingresso è possibile determinare la massa di aria rilasciata per unità di volume di acqua pressurizzata mediante l'espressione:

$$\Delta c_r = r \cdot \rho_a \cdot s \cdot (f \cdot p_s - p_f) \quad [\text{mg}_{\text{aria}}/\text{l}]$$

dove:

- r : rapporto ( $q_r / q$ ) tra la portata di ricircolo e quella influente;
- $\rho_a$  : densità dell'aria in condizioni standard, pari a 1.29 g/l;
- s : solubilità dell'aria in acqua in funzione della temperatura, pari a 16,8 ml/l a 20 °C;
- f : frazione di aria disciolta alla pressione di saturazione, pari a 0.8;
- $p_s$  : pressione di saturazione, pari a 7 atm;
- $p_f$  : pressione di esercizio del flottatore, pari a 1 atm;

Il parametro  $\Delta c_r$  è ricavabile anche mediante la seguente relazione:

$$\Delta c_r = a \cdot SS \quad [\text{mg}_{\text{aria}}/\text{l}]$$

dove:

- a : rapporto tra la massa di aria da rilasciare e quella dei solidi da far flottare. Tale parametro è determinabile sperimentalmente e può essere assunto pari a 0.015  $\text{mg}_{\text{aria}}/\text{mg}_{\text{TSS}}$ ;
- SS : concentrazione dei solidi da far flottare pari a 99 mg/l.

La massa di aria rilasciata per unità di volume di acqua pressurizzata,  $\Delta c_r$ , risulta pertanto pari a 70 mg/l.

Sostituendo il termine  $\Delta c_r$  nella prima relazione è possibile ricavare il rapporto di ricircolo r mediante l'espressione:

$$r = \frac{\Delta c_r}{\rho_a \cdot s \cdot (f \cdot p_s + p_f)}$$

Nelle condizioni sopra richiamate il rapporto di ricircolo r risulta pari a 0.15.



La portata effettivamente influente al flottatore risulta pertanto pari alla somma della portata in arrivo dalla vasca API e quella di ricircolo pari a 184 m<sup>3</sup>/h complessivi.

Di conseguenza sono stati determinati il carico idraulico superficiale e il tempo di permanenza effettivo all'interno del flottatore, da ritenere adeguati; inoltre, è stato calcolato il volume minimo del dispositivo di saturazione ipotizzando un tempo di permanenza di 1.25 minuti.

In Tabella 10 vengono riportati i dati di verifica del comparto di flottazione.

Tabella 10: Verifica del carico idraulico superficiale e del tempo di permanenza per il flottatore

Parametro	U.M.	Valore
<u>Parametri di verifica</u>		
Portata in ingresso	m <sup>3</sup> /h	160
Pressione di esercizio del flottatore	atm	1.0
Temperatura massima di progetto	°C	35
Solubilità dell'aria in acqua a pressione atmosferica	mL/L	16.8
Tempo di permanenza nel saturatore	min	1.0
Grado di saturazione ottenuto nel saturatore	-	0.8
Concentrazione di sostanze separabili in ingresso	mg/L	99
Tempo di residenza idraulico minimo nel flottatore	min	30.0
Carico idraulico minimo nel flottatore	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	3.0
Numero di linee di flottazione previste	-	1
<u>Risultati di verifica</u>		
Rapporto di ricircolo	-	0.15
Portata di ricircolo	m <sup>3</sup> /h	24
Portata in flottazione	m <sup>3</sup> /h	184
Carico idraulico superficiale	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	1.0
Tempo di permanenza in flottazione	min	260
Tempo di permanenza in saturatore	min	1.25
Volume minimo saturatore	L	500

#### 4.6 15 - ISPESSIMENTO FANGHI

Nel progetto di revamping è stata prevista la rimessa in servizio di tre ispessitori statici dei 4 presenti in impianto. In particolare, le due vasche ad est saranno adibite all'ispessimento dei fanghi biologici, mentre il terzo verrà utilizzato per i fanghi chimici provenienti da flottatore e vasche API.

Data la presenza di vasche già esistenti, l'intervento consta principalmente nella sostituzione dei carroporti a picchetti esistenti, la sostituzione delle soglie di sfioro ammalorate, l'adeguamento del piping in arrivo e uscita dagli stessi e l'installazione di nuove pompe monovite per l'alimentazione delle centrifughe.

In Tabella 11 si riportano i dati geometrici del comparto.



Tabella 11: Risultati del dimensionamento del comparto di ispessimento statico fanghi

Parametro	U.M.	Valore	
		Fanghi biologici	Fanghi chimici
Numero di ispessitori di progetto	-	2	1
Diametro di progetto vasca	m	21	
Superficie utile vasca	m <sup>2</sup>	346	
Profondità a centro vasca	m	6.45	
Volume utile complessivo	m <sup>3</sup>	2920	1460

#### 4.7 17 - TRATTAMENTO ARIA ESAUSTA

La captazione delle emissioni odorigene avviene grazie a reti di collettori aeraulici in acciaio inox che aspirano l'aria da sottoporre a trattamento in ciascuna area di impianto, avviando le emissioni così estratte alla stazione di deodorizzazione (T2) già presente in impianto e attualmente a servizio del vecchio locale disidratazione.

Le sezioni che verranno collegate alla rete di captazione sono:

- **Il nuovo locale disidratazione**, infatti i comparti della linea fanghi possono infatti essere responsabili, di elevate emissioni di COV e per questo è buona norma prevederne la compartimentazione all'interno di locali con trattamento delle emissioni odorigene per garantire una migliore salubrità degli ambienti in cui opererà il personale di gestione;
- **Il canale di ricezione del refluo nel sollevamento iniziale**, allo scopo di ottemperare le prescrizioni della provincia di Sassari;
- **Le vasche di flottazione** allo scopo di prevenire emissioni odorigene date dall'insufflazione di aria ad alta pressione all'interno del refluo da trattare;
- **L'impianto di trattamento rifiuti liquidi** (escluso dal progetto di revamping)

Di seguito vengono riportati i calcoli di dimensionamento delle sezioni di captazione e trattamento delle emissioni odorigene.

Per il locale disidratazione sono stati considerati 5 ricambi ora al fine di garantire la salubrità per gli operatori; mentre, per le vasche sono stati considerati 1.5 ricambi ora sul solo spazio di testa, ovvero quello compreso tra il pelo libero e la copertura della vasca. Per la sezione di flottazione è stata considerata anche l'aria immessa dal saturatore anche se, come riportata dai dati, risulta trascurabile rispetto al totale.

La potenzialità massima della stazione di trattamento aria (T2) è pari a 18000 m<sup>3</sup>/h sufficiente per la quantità di aria da trattare (vedi Tabella 12).



Tabella 12: Dimensionamento stazioni di trattamento delle emissioni odorigene

COMPARTO	Superficie	Altezza	Volume	Ricambi orari	Portata	DN	Velocità
	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>	(1/h)	m <sup>3</sup> /h	-	m/s
Locale disidratazione	137,0	5	684,8	5	3424	350	9,9
Canale ricezione refluo	33,6	6,35	213,36	1,5	320	100	11,3
Vasca di flottazione	401,9	2	803,84	1,5	1206	200	10,7
Immissione aria in flottazione	-	-	-	-	4		
Impianto trattamento rifiuti liquidi	-	-	-	-	2195	300	8,6
<b>Portata d'aria totale deodorizzata (m<sup>3</sup>/h)</b>					<b>7.149</b>		



## 5 VERIFICHE IDRAULICHE

### 5.1 CRITERI GENERALI DI DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

#### 5.1.1 Tubazioni in pressione

La perdita di carico in una tubazione in pressione può essere suddivisa in una componente distribuita su tutta la sua lunghezza e una derivante dalla sommatoria delle perdite concentrate in corrispondenza dei vari elementi del circuito idraulico, quali curve, valvole, imbocchi e sbocchi, restringimenti, allargamenti, ecc.

Dette  $J$  la cadente piezometrica (m/m) e  $L$  la lunghezza della tubazione (m), le perdite di carico distribuite vengono calcolate mediante la relazione

$$H_d = J \cdot L \quad \text{Equazione 1}$$

La cadente piezometrica  $J$  può essere determinata attraverso la formula empirica di Hazen-Williams

$$J = \frac{10.675 \cdot Q^{1.852}}{C^{1.852} \cdot D^{4.8704}} \quad \text{Equazione 2}$$

in cui  $Q$  rappresenta la portata transitante (espressa in m<sup>3</sup>/s),  $D$  il diametro interno della tubazione (in m) e  $C$  il coefficiente adimensionale di scabrezza, per il quale possono essere utilizzati valori di 120 per le tubazioni in acciaio al carbonio, di 140 per quelle in acciaio inox e di 150 per quelle in materiale plastico (PEAD o PVC).

Le perdite di carico localizzate sono state invece stimate attraverso la formula generale

$$H_c = \sum_i \xi_i \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{Equazione 3}$$

attribuendo ai coefficienti  $\xi_i$  valori variabili a seconda del particolare elemento del circuito idraulico considerato e delle condizioni operative previste in termini di diametro del tubo e velocità di flusso, ricavati da tabelle riportate in letteratura (ad esempio  $\xi=1$  in caso di sbocco,  $\xi=0.5$  in caso di imbocco,  $\xi=0.3$  in caso di piede d'accoppiamento,  $\xi=0.15 \div 0.40$  per valvola a saracinesca tutta aperta,  $\xi=0.2 \div 1.2$  per valvola a farfalla tutta aperta,  $\xi=0.10 \div 0.40$  per curva a 90° con  $R=1.5 \cdot D$ , ecc.). In caso di collegamenti che interessano flussi di fango, caratterizzati dalla presenza di concentrazioni significative di solidi sospesi, le perdite di carico complessive vengono incrementate applicando un fattore moltiplicativo  $k$ , proporzionale appunto al tenore di SST, per tenere conto dell'incremento di viscosità del fluido rispetto all'acqua.

#### 5.1.2 Stramazzi

La relazione utilizzata per il dimensionamento degli stramazzi rettilinei è la seguente



$$Q = \frac{2}{3} \cdot c_c \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2} \quad \text{Equazione 4}$$

dove  $Q$  è la portata che transita,  $b$  è la larghezza dello stramazzo,  $h$  è il carico sullo stramazzo,  $g$  è l'accelerazione gravitazionale ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ) e  $c_c$  è il coefficiente di contrazione, che può essere assunto pari a 0.61 in caso di soglia in parte sottile e 0.578 in caso di parete grossa (ossia di spessore  $d$  non trascurabile rispetto al carico sullo stramazzo). In questo secondo caso la relazione è valida per  $0.1 \leq h/d \leq 1.5$ .

In caso di stramazzo rigurgitato, occorre tenere conto del battente idraulico presente a valle rispetto alla soglia dello stramazzo ( $h_v$ ); indicando con  $\Delta h = h - h_v$  la differenza di livello tra monte e valle della soglia, si ha:

$$Q = c_c \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h} \cdot \left( \frac{2}{3} \cdot \Delta h + h_v \right) \quad \text{Equazione 5}$$

Per gli stramazzi a sezione triangolare, viene invece utilizzata l'equazione

$$Q = \frac{8}{15} \cdot c_c \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{5/2} \quad \text{Equazione 6}$$

in cui il carico  $h$  è calcolato con riferimento alla quota del vertice dello stramazzo, di cui  $\alpha$  rappresenta l'ampiezza.

### 5.1.3 Luci di fondo

L'efflusso libero da luci sotto battente è governato dall'equazione

$$Q = c_c \cdot A_L \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad \text{Equazione 7}$$

in cui  $Q$  è la portata che transita,  $c_c$  è il coefficiente di contrazione (pari a 0.61 in caso di luce a spigolo vivo, a 0.82 in caso di tubo addizionale esterno o luce in parete grossa e a 0.50 in caso di tubo addizionale interno),  $A_L$  è l'area dell'apertura,  $h$  è la distanza del baricentro della luce dal pelo libero e  $g$  è l'accelerazione gravitazionale ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ).

In caso di efflusso rigurgitato vale invece la relazione

$$Q = c_c \cdot A_L \cdot \left( v_v + \sqrt{v_m^2 - v_v^2 + 2 \cdot g \cdot \Delta h} \right) \quad \text{Equazione 8}$$

dove  $v_m$  e  $v_v$  sono le velocità medie di flusso a monte e a valle della luce e  $\Delta h$  è la differenza di quota fra il pelo libero a monte e a valle della stessa, mentre gli altri simboli hanno il medesimo significato visto nel caso di efflusso libero.

Qualora le velocità medie a monte e valle della luce risultino trascurabili, come avviene ad esempio nel caso di luci di fondo per il collegamento tra due vasche, la formula si semplifica in



$$Q = c_c \cdot A_L \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$$

Equazione 9

## 5.2 RISULTATI DI DIMENSIONAMENTO

Di seguito verranno illustrati i risultati del dimensionamento delle sezioni e connessioni idrauliche oggetto del progetto di revamping; come per le verifiche di processo non verrà fatta un'analisi sulle sezioni non soggette ad intervento. Per i manufatti esistenti, infatti, non vi è alcuna variazione del carico idraulico rispetto allo stato attuale.

### 5.2.1 01 – Torino piezometrico e ricezione reflui linea acque

<b>Sezione:</b> Mandata singola pompa del torrino di sollevamento		
<b>Tipo di collegamento:</b> Tubazione in pressione		
Portata massima	m <sup>3</sup> /h	322
Materiale tubazione	-	AISI 304L
Diametro nominale DN	mm	250
Velocità di flusso	m/s	1,76
Lunghezza tubazione	m	20,0
Coefficiente di scabrezza C	-	140
Perdita di carico distribuita	m	0,20
Perdite di carico localizzate	m	0,82
Fattore correttivo per la viscosità del fluido trasportato	-	1,0
Perdita di carico complessiva	m	1,02
Quota punto di recapito	m s.l.m.	8,92
Quota pelo libero in vasca	m s.l.m.	-1,75
Dislivello geodetico da superare	m	10,67
Prevalenza totale richiesta	m	11,69

### 5.2.2 02 – Sollevamento iniziale linea acque

<b>Sezione:</b> Mandata singola pompa sollevamento iniziale		
<b>Tipo di collegamento:</b> Tubazione in pressione		
Portata massima	m <sup>3</sup> /h	455
Materiale tubazione	-	PEAD PN10
Diametro esterno De	mm	355
Diametro interno tubazione	mm	313
Velocità di flusso	m/s	1,64
Lunghezza tubazione	m	30,0
Coefficiente di scabrezza C	-	150
Perdita di carico distribuita	m	0,19



Perdite di carico localizzate	m	0,87
Fattore correttivo per la viscosità del fluido trasportato	-	1,0
Perdita di carico complessiva	m	1,06
Quota punto di recapito	m s.l.m.	6,42
Quota pelo libero in vasca	m s.l.m.	-2,15
Dislivello geodetico da superare	m	8,57
Prevalenza totale richiesta	m	9,63

### 5.2.3 04 – Dissabbiatura

<b>Sezione:</b> Estrazione sabbia dalla linea di dissabbiatura		
<b>Tipo di collegamento:</b> Tubazione in pressione		
Portata massima da sollevare	<b>m³/h</b>	<b>35</b>
Materiale tubazione (mandata singole pompe - collettore comune)	-	AIISI 316
<u>Mandata verticale singola pompa</u>		
Diametro nominale DN	mm	80
Velocità di flusso	m/s	2,04
Lunghezza tubazione	m	9,0
Coefficiente di scabrezza C	-	120
Perdita di carico distribuita	m	0,64
Perdite di carico localizzate	m	0,55
<u>Tubazione mandata collettore</u>		
Diametro nominale DN	mm	100
Velocità di flusso	m/s	1,18
Lunghezza tubazione	m	16,0
Coefficiente di scabrezza C	-	120
Perdita di carico distribuita	m	0,30
Perdite di carico localizzate	m	0,17
<u>Intero collegamento</u>		
Fattore correttivo per la viscosità del fluido trasportato	-	1,9
Perdita di carico complessiva	<b>m</b>	<b>3,15</b>
Quota massima da raggiungere - Testamuro pozzetto fanghi	m s.l.m.	9,50
Quota pelo libero in vasca - Pozzetto fanghi API	m s.l.m.	6,03
Dislivello geodetico da superare	<b>m</b>	<b>3,47</b>
Prevalenza totale richiesta	<b>m</b>	<b>6,62</b>

### 5.2.4 07 – Pretrattamento e rilancio reflui linea Versalis

<b>Sezione:</b> Sollevamento Versalis (V3)		
<b>Tipo di collegamento:</b> Tubazione in pressione		
Portata massima da sollevare	<b>m³/h</b>	<b>155</b>



Materiale tubazione (mandata singole pompe - collettore comune)	-	PEAD PN10
<u>Mandata verticale singola pompa</u>		
Diametro esterno De	mm	160
Velocità di flusso	m/s	2,76
Lunghezza tubazione	m	10,0
Coefficiente di scabrezza C	-	120
Perdita di carico distribuita	m	0,62
Perdite di carico localizzate	m	0,93
<u>Tubazione mandata collettore</u>		
Diametro esterno De	mm	250
Velocità di flusso	m/s	1,13
Lunghezza tubazione	m	200,0
Coefficiente di scabrezza C	-	150
Perdita di carico distribuita	m	0,93
Perdite di carico localizzate	m	0,68
<u>Intero collegamento</u>		
Fattore correttivo per la viscosità del fluido trasportato	-	1,0
Perdita di carico complessiva	<b>m</b>	<b>3,17</b>
Quota massima da raggiungere	m s.l.m.	7,60
Quota pelo libero in vasca - Vasca di equalizzazione	m s.l.m.	2,90
Dislivello geodetico da superare	<b>m</b>	<b>4,70</b>
Prevalenza totale richiesta	<b>m</b>	<b>7,87</b>

### 5.2.5 08 – Sedimentazione primaria – API

<b>Sezione:</b> Uscita vasche API - Linea civile		
<b>Tipo di collegamento:</b> Soglia di sfioro tipo Thompson (stramazzi triangolari in parete sottile con angolo al vertice di 90°)		
Portata	m³/h	245
Larghezza del singolo stramazzo Thompson che compone la soglia di sfioro	m	0,150
Altezza del singolo stramazzo Thompson che compone la soglia di sfioro	m	0,075
Distanza tra due stramazzi Thompson sulla soglia di sfioro	m	0,050
Lunghezza complessiva singola soglia di sfioro	m	18,0
Numero soglie di sfioro previste	-	1
Numero di stramazzi Thompson presenti	-	90
Portata per ogni singolo stramazzo	m³/h	2,7
Carico sugli stramazzi (rispetto ai vertici)	m	0,049
Quota pelo libero in vasca	m s.l.m.	2,83



Quota del vertice degli stramazzi	m s.l.m.	2,86
Quota pelo libero a valle	m s.l.m.	2,60
Salto disponibile	m	0,26

**Sezione:** Uscita vasche API - Linea Versalis

**Tipo di collegamento:** Soglia di sfioro tipo Thompson (stramazzi triangolari in parete sottile con angolo al vertice di 90°)

Portata	m <sup>3</sup> /h	155
Larghezza del singolo stramazzo Thompson che compone la soglia di sfioro	m	0,150
Altezza del singolo stramazzo Thompson che compone la soglia di sfioro	m	0,075
Distanza tra due stramazzi Thompson sulla soglia di sfioro	m	0,050
Lunghezza complessiva singola soglia di sfioro	m	18,0
Numero soglie di sfioro previste	-	1
Numero di stramazzi Thompson presenti	-	90
Portata per ogni singolo stramazzo	m <sup>3</sup> /h	1,7
Carico sugli stramazzi (rispetto ai vertici)	m	0,041
Quota pelo libero in vasca	m s.l.m.	2,83
Quota del vertice degli stramazzi	m s.l.m.	2,86
Quota pelo libero a valle	m s.l.m.	2,49
Salto disponibile	m	0,37

**Sezione:** Sollevamento fanghi API a pozzetto fanghi

**Tipo di collegamento:** Tubazione in pressione

Portata massima da sollevare	m <sup>3</sup> /h	36
Materiale tubazione (mandata singole pompe - collettore comune)	-	AISI 316
<u>Mandata verticale singola pompa</u>		
Diametro nominale DN	mm	65
Velocità di flusso	m/s	3,26
Lunghezza tubazione	m	5,0
Coefficiente di scabrezza C	-	120
Perdita di carico distribuita	m	1,09
Perdite di carico localizzate	m	1,03
<u>Tubazione mandata collettore</u>		
Diametro nominale DN	mm	250
Velocità di flusso	m/s	0,20
Lunghezza tubazione	m	70,0
Coefficiente di scabrezza C	-	120
Perdita di carico distribuita	m	0,02





Perdite di carico localizzate	m	0,01
<u>Intero collegamento</u>		
Fattore correttivo per la viscosità del fluido trasportato	-	1,4
Perdita di carico complessiva	<b>m</b>	<b>3,01</b>
Quota massima da raggiungere - Testamuro pozzetto fanghi	m s.l.m.	6,20
Quota pelo libero in vasca - Pozzetto fanghi API	m s.l.m.	0,35
Dislivello geodetico da superare	<b>m</b>	<b>5,85</b>
Prevalenza totale richiesta	<b>m</b>	<b>8,86</b>

### 5.2.6 11 – Trattamento biologico

Non avendo dei dati accurati sulle attuali portate di ricircolo dei fanghi, le verifiche di dimensionamento sono state eseguite sulla base di un rapporto di ricircolo unitario. Tuttavia, tale sezione sarà gestita sia mediante il controllo dei solidi nella vasca biologica sia sulla base del livello nel pozzetto fanghi; la gestione del motore sarà quindi eseguita mediante inverter.

<b>Sezione:</b> Mandata singola pompa ricircolo fanghi		
<b>Tipo di collegamento:</b> Tubazione in pressione		
Portata massima	m <sup>3</sup> /h	446
Materiale tubazione	-	PEAD PN10
Diametro esterno De	mm	315
Diametro interno tubazione	mm	278
Velocità di flusso	m/s	2,05
Lunghezza tubazione	m	30,0
Coefficiente di scabrezza C	-	150
Perdita di carico distribuita	m	0,32
Perdite di carico localizzate	m	1,26
Fattore correttivo per la viscosità del fluido trasportato	-	1,0
Perdita di carico complessiva	m	1,58
Quota punto di recapito	m s.l.m.	5,48
Quota pelo libero in vasca	m s.l.m.	2,30
Dislivello geodetico da superare	m	3,18
Prevalenza totale richiesta	m	4,76