



COMUNE DI CASTELLINALDO D'ALBA

Lavori di manutenzione straordinaria presso l'impianto
di depurazione di Castellinaldo d'Alba sito in località Biegio

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE



TECNOEDIL S.p.A. Via Vivaro, 2 – 12051 ALBA (CN)
tel. +39 0173.441155 – fax + 39 0173.441104
www.egea.it – mail: tecnoedil@egea.it

PROGETTISTA



SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 – 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 – fax + 39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it

Dott. Ing. Fabrizio Saglietto

CERTIFICATORE



REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	ALLEGATO
00	23/02/2018	Relazione biologico-idraulica	2.3
Protocollo		Commessa 2017_008	

SOMMARIO

PREMESSA.....	2
STATO DI PROGETTO.....	2
Verifiche dei comparti del processo di trattamento.....	2
Verifica del comparto di trattamento biologico in base a quanto rilevato in situ.....	11
Verifiche dei collegamenti idraulici con funzionamento in pressione	17
Verifiche dei collegamenti idraulici con funzionamento a superficie libera	18

PREMESSA

Nel quadro delle proprie competenze TECNOEDIL S.p.a. ha affidato alla società di ingegneria Saglietto Engineering S.r.l. nella persona del sottoscritto professionista Ing. Fabrizio Saglietto, il compito di redigere il Progetto Definitivo “Lavori di manutenzione straordinaria presso l’impianto di depurazione di Castellinaldo d’Alba sito in località Biegio”.

Il presente elaborato contiene le verifiche biologiche, dei diversi comparti del processo di trattamento e le verifiche idrauliche delle tubazioni di collegamento rispetto alle portate di progetto. E’ stato anche verificato sulla base dei dati storici dell’impianto, considerando la punta massima registrata in un mese (settembre 2016) su tre anni dovuto agli apporti dei reflui di alcune aziende vinicole.

STATO DI PROGETTO

Verifiche dei comparti del processo di trattamento

Il presente progetto prevede l’adeguamento e potenziamento dell’impianto di depurazione di Castellinaldo d’Alba mediante il parziale recupero e ripristino dei manufatti esistenti, la realizzazione di nuove opere ed installazione di nuove apparecchiature così da conferire all’impianto una potenzialità di trattamento di 1000 A.E., rispetto agli attuali 850 A.E garantendo il rispetto dei limiti qualitativi.

I limiti allo scarico che l’impianto dovrà rispettare al fine di garantire valori di effluente conformi al limite di legge sono quelli stabiliti dalla Legge Regionale 13/90, All. II. tab. 2.IV. Il dimensionamento e le verifiche sono state, però, eseguite considerando i parametri (più cautelativi) della tab. 2.III:

Dati di uscita effluente: Allegato 2			
L.R. 13/90			
Parametro	U.M.	Tabella 2.III	Tabella 2.IV
COD	mg/L	200	300
BOD ₅	mg/L	60	80
SST	mg/L	100	200
NH ₄	mg/L	40	60
NO ₃ -N	mg/L	30	(-)
P	mg/L	10	20

Arrivo liquami

Il sistema di arrivo dei liquami rimarrà invariato, risultando già oggi ampiamente sufficiente alle esigenze di cui al presente progetto. È previsto, invece, l'adeguamento dello scolmatore esistente in funzione delle nuove portate di progetto.

Le attuali portate giornaliere sono state valutate sulla base dell'acqua erogata negli anni di osservazione 2013 – 2015 e rilevate dai dati forniti dal Servizio Tariffazione della Società committente, in quanto gestore del servizio di distribuzione dell'acqua potabile in acquedotto.

Metodologia di calcolo:

- Le misurazioni fornite sono state ridotte del 20 % (coefficiente di afflusso in fognatura = 0,80) e non tengono conto di eventuali fenomeni di infiltrazione di acque parassite;
- La portata nera nell'ora di punta è stata valutata moltiplicando la portata media per un coefficiente pari a 2,5;
- Trattandosi di un sistema fognario di tipo misto, si è proceduto a calcolare la portata di pioggia considerando 5 volte la portata media giornaliera in tempo secco.

I carichi organico (BOD₅), di azoto (TKN), di solidi sospesi totali (SST) e di fosforo (P) sono stati calcolati in base agli apporti unitari forniti in letteratura.

I dati di progetto dell'impianto di Castellinaldo d'Alba sono i seguenti:

Apporti di progetto		
Parametro	U.M.	Valore
Potenzialità		
Abitanti equivalenti civili	Aeq	1000
Apporto idraulico		
Coefficiente di afflusso	(-)	0,80
Tipo di fognatura nera/mista	(N/M)	M
Portata media di tempo secco Qm	mc/d	231,20
	mc/h	9,63
Coeff. portata massima in ingresso	(-)	5,00
Portata massima ai pretrattamenti	mc/h	48,17
Coeff. portata di ingresso al biologico	(-)	2,00
Portata massima al trattamento biologico	mc/h	19,27
Carichi e concentrazioni		
Apporto unitario di carico organico BOD ₅	g/Aeq d	60,00
Carico organico totale civile BOD ₅	kg/d	60,00
Concentrazione civile BOD ₅	mg/L	259,52
Apporto unitario di COD	g/Aeq d	150,00
Carico totale civile COD	kg/d	150,00
Concentrazione civile COD	mg/L	648,79
Apporto unitario di SST	g/Aeq d	90,00
Carico totale civile SST	kg/d	90,00
Concentrazione civile SST	mg/L	389,27
Apporto unitario di TKN (NH ₃ -N)	g/Aeq d	12,00
Carico totale civile TKN (NH ₃ -N)	kg/d	12,00
Concentrazione civile TKN (NH ₃ -N)	mg/L	51,90
Apporto unitario di P	g/Aeq d	3,00
Carico totale civile P	kg/d	3,00
Concentrazione civile P	mg/L	12,98

Temperature		
T massima liquami	°C	20
T minima liquami	°C	15

Grigliatura iniziale

Non sono previste opere di adeguamento al comparto in oggetto.

Sollevamento

Non sono previste opere di adeguamento al comparto in oggetto.

Rotostacciatura

In assenza di grigliatura fine (allo stato attuale), l'eliminazione delle particelle più minute sarà affidata ad un rotostaccio con griglia rotante a tamburo con dimensioni di passaggio 0,5 – 0,7 mm che verrà posizionato a valle del sollevamento iniziale e sopra l'attuale fossa Imhoff di sedimentazione primaria a completamento del comparto di pretrattamento. È previsto un cassonetto per la raccolta e allontanamento del grigliato.

Il rotostaccio è costituito da una rete metallica avente dimensioni di passaggio dell'ordine dei 0,5mm. Il tamburo rotante è percorso dall'acqua due volte. La prima volta dall'esterno verso l'interno, dove il materiale separato rimane all'esterno del cilindro per essere poi asportato dal coltello raschiatore. La seconda volta l'acqua attraversa il tamburo dall'interno verso l'esterno, riportando con sé eventuali particelle incastrate negli spazi delle barrette filtranti.

Per il comparto dei pretrattamenti, si considera un rendimento depurativo atteso del 30% in termini di abbattimento dei solidi sospesi. Cautelativamente si considerano nulli gli abbattimenti del carico organico e dell'azoto.

Sedimentazione Primaria

Le fosse Imhoff esistenti con attuale funzionamento di sedimentazione primaria e secondaria, verranno impiegate, nella nuova proposta progettuale, come due linee parallele di sedimentazione primaria (mantenendo le volumetrie esistenti). Il liquame chiarificato dalla rotostacciatura verrà dunque diviso nelle due linee di trattamento primario.

Entrambe le vasche sono costituite da un reparto superiore di sedimentazione primaria e da un comparto inferiore, collegato al precedente tramite fessure di comunicazione, per l'accumulo e la digestione dei fanghi sedimentati. I fanghi estratti verranno inviati per caduta ai letti di essiccamento, come già avviene nello stato attuale.

Per questo comparto si considera una riduzione di solidi sospesi totali pari al 60% ed una riduzione di carico organico (BOD₅) pari al 30%.

In corrispondenza dell'uscita del refluo dalle due fosse Imhoff verrà posizionata una canaletta di raccolta per lo smistamento delle portate che verranno avviate verso il trattamento biologico (2Qm) e verso lo scarico dell'impianto (3Qm). La canaletta avrà le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche dimensionali canaletta		
Parametro	U.M.	valore
Larghezza	25,0	cm
Altezza	20,0	cm
Altezza liquida 2Qm	5,5	cm
Altezza liquida 5Qm	10,4	cm
Altezza sfioro	5,5	cm

Trattamento Biologico

È prevista la demolizione e lo smaltimento dell'attuale filtro percolatore e del sollevamento secondario e la realizzazione di una nuova vasca di trattamento biologico a fanghi attivi avente le seguenti dimensioni:

- lunghezza: 5,50 m;
- larghezza: 5,00 m;
- altezza liquida: 4,50 m;
- volume utile: 124 mc.

Detto comparto sarà attrezzato di piattelli per l'aerazione a bolle fini e compressori per l'insufflazione dell'aria (posti sotto apposita tettoia di protezione dall'intemperie).

In seguito, si riporta una procedura di calcolo per il dimensionamento della vasca di ossidazione più cautelativa (rispetto a quella impiegata in sede di svolgimento della precedente fase progettuale) che conferma, in via teorica, l'adeguatezza del manufatto:

Comparto di rimozione della frazione organica biodegradabile BOD₅		
	U.M.	Valore
Caratteristiche operative		
Ca: concentrazione di fango in vasca	kgSS/mc	4,00
SSV/SS: hp rapporto SSV/SS	(-)	0,70
kp: coeff. Di sicurezza per le punte di carico	(-)	2,50
contenuto di solidi sospesi, dato dai fiocchi di fango attivo sfuggiti alla sedimentazione, che contribuiscono al valore di BOD finale	mg BOD/mg SST	0,40
Se: concentrazione BOD ₅ disciolto in uscita	mg/L	20,00
T di esercizio	°C	15,00
v20: velocità di ossidazione a 20°C	kg BOD ₅ /kgSSV d	4,00
ks: costante di semisaturazione relativa al BOD ₅	mg BOD ₅ /L	50,00
θ: fattore di correzione per la temperatura	(-)	1,04
Xssv: biomassa richiesta dal sistema	kgSSV	99,47
Xss	kgSS	142,11
V: Volume richiesto dal sistema	mc	36
Cf: fattore di carico organico del fango atteso teorico	kgBOD ₅ /kgSSV d	0,30
Cv: fattore di carico volumetrico atteso teorico	kgBOD ₅ /mc d	1,18
V: Volume effettivo	mc	36
Cf: fattore di carico organico del fango effettivo	kgBOD ₅ /kgSSV d	0,30
Cv: fattore di carico volumetrico effettivo	kgBOD ₅ /mc d	0,18

Bilancio comparto biologico - rimozione della frazione organica biodegradabile (BOD₅)		
	U.M.	Valore
TKN ₀ : concentrazione di TKN in ingresso	mgTKN/L	51,90
S ₀ : concentrazione di BOD ₅ in ingresso	mgBOD ₅ /L	181,66
Se: concentrazione di BOD ₅ in uscita	mgBOD ₅ /L	20,00
Frazione di azoto usata nella sintesi batterica come % di BOD ₅ rimosso	%	5,00
Concentrazione di TKN usata nella sintesi batterica	mgTKN/L	8,08
TKN _e : concentrazione di TKN in uscita	mgTKN/L	43,82

Comparto di rimozione dei composti azotati - Nitrificazione		
	U.M.	valore
YN: tasso di crescita cellulare	kgSSV/kgTKN	0,18
(VN) ₂₀ : velocità massima di rimozione del substrato (nitrificazione) a 20°C in assenza di azioni limitanti e in condizioni ottimali di pH	kgTKN/kgSSV d	5,00
k _N T: costante di semisaturazione relativa al TKN	mgTKN/L	1,00
OD: conc. Di ossigeno disciolto (di solito compreso tra 1,5 e 3,5)	mgO ₂ /L	2,00
k _o : costante di semisaturazione relativa all'O ₂ disciolto	mgO ₂ /L	1,00
θ: coefficiente correttivo relativa alla T (se T diversa da 20°C)	(-)	1,07
T di esercizio	°C	15,00
(VN) _T : velocità di nitrificazione nelle reali condizioni operative, definite dalla T, dalla conc. dell'O ₂ disciolto e di TKN nella vasca e dal valore di pH	kgTKN/kgSSV d	1,98
(μ _N) _T : velocità di crescita teorica dei batteri nitrificanti	1/d	0,36
(k _d) _N : velocità di scomparsa batterica	kgSSV/kgSSV d	0,05
θ _{k_d} : coefficiente correttivo relativa alla T (se T diversa da 20°C)	(-)	1,05

(kd)NT	1/d	0,04
SRT	d	3,15
FS	(-)	2,50
SRTcalc	d	7,88
(VN)Tcalc	kgTKN/kgSS d	0,92
(Xv)N: biomassa nitrificante	kgSSV	9,70
YE: tasso di crescita cellulare	kgSSV/kgBOD ₅	0,80
f: frazione di biomassa nitrificante su quella totale	(-)	0,051
Xv: biomassa complessiva nei reattori biologici da destinare alla nitrificazione	kgSSV	189,74
Cf applicato al sistema	kgBOD ₅ /kgSSV d	0,22
Cf riferito alla biomassa in termini di SS	kgBOD ₅ /kgSS d	0,15
Concentrazione fango attivo in vasca	kgSSV/mc	4,00
Cv	kgBOD ₅ /mc d	0,62
Volume teorico di nitrificazione	mc	67,76
Volume effettivo = Volume di progetto - Volume rimozione BOD₅	mc	88

Bilancio comparto biologico - nitrificazione		
Concentrazione di TKN in ingresso	mgTKN/L	43,82
Concentrazione di BOD ₅ in ingresso	mgBOD ₅ /L	20,00
Concentrazione di BOD ₅ in uscita	mgBOD ₅ /L	20,00
Concentrazione di TKN in uscita	mgTKN/L	0,79

Sedimentazione secondaria

Si prevede la realizzazione di un sistema di sedimentazione secondaria del tipo a pacchi lamellari. Si è scelto un decantatore di questa tipologia in quanto più compatto rispetto alle vasche di sedimentazione tradizionali.

Le dimensioni utili del comparto in progetto sono:

- larghezza: 2,00 m;
- lunghezza: 4,00 m;
- profondità totale: 3,50 m.
- altezza dei pacchi lamellari: 1,00 m.

Dimensionamento sedimentatore a pacchi lamellari		
Parametro	U.M.	valore
Portata di progetto Qm	mc/h	21,00
Numero di linee	(-)	1,00
Velocità di risalita senza pacchi lamellari	m/h	0,50
Superficie proiettata	mq/mc	6,25
Altezza pacchi lamellari	m	1,00
Superficie richiesta	mq/mc	6,72
Superficie effettiva	mq/mc	7,00

In adiacenza alla vasca di sedimentazione, sarà installata una sezione di sollevamento per il ricircolo (verso il trattamento biologico) e supero (verso i letti di essiccamento) dei fanghi.

Linea fanghi

La digestione dei fanghi primari avverrà all'interno dei comparti di digestione delle fosse Imhoff e successivamente saranno inviati agli esistenti letti di essiccamento per la loro disidratazione.

Il trattamento dei fanghi secondari avverrà direttamente nei letti di essiccamento.

Produzione fango di supero nel comparto di sedimentazione secondaria		
Parametro	U.M.	valore
Vaer	mc	124
Caer	kgSS/mc	4
	mgSS/l	4000
SRT aer	d	5
Cricircolo	kgSS/mc	8
	mgSS/l	8000
Qfango di supero	mc/d	12,11
	mc/h	0,50

Verifica del comparto di trattamento biologico in base a quanto rilevato in situ

In seguito al dimensionamento della nuova vasca di trattamento biologico su base teorica, è stata effettuata la verifica delle volumetrie richieste attraverso l'elaborazione dei risultati reali (contenuti nella tabella sottostante come medie mensili) ottenuti dalle misurazioni effettuate in situ dal Committente negli ultimi tre anni. Infatti l'impianto riceve i reflui di alcuni produttori vinicoli che, nel periodo della vendemmia, aumentano i carichi organici in ingresso impianto.

Anno	Mese	Punto di prelievo	pH	C.O.D.	B.O.D.	Solidi sospesi totali	Azoto ammoniacale	Fosforo totale
			pH	mg/l O ₂	mg/l O ₂	mg/l	mg/l NH ₄	mg/l P
2015	marzo	entrata	7,36	276	147	118	20,39	1,02
		uscita	7,82	121	40	41	19,58	1,21
	luglio	entrata	7,21	410	231	42	17,93	3,82
		uscita	7,37	117	41	26	17,52	3,51
	ottobre	entrata	6,56	613	377	487	48,10	0,21
		uscita	6,69	308	128	326	54,49	4,22
	novembre	entrata	6,05	383	215	446	55,16	3,07
		uscita	7,28	407	181	118	52,08	3,29

2016	febbraio	entrata	7,36	161	80	76	16,75	1,72
		uscita	7,08	99	35	58	9,13	0,57
	giugno	entrata	7,78	471	248	84	19,34	5,48
		uscita	7,39	182	70	34	10,31	3,88
	settembre	entrata	5,20	3010	1791	620	51,13	3,06
		uscita	6,15	1155	402	247	56,12	0,98
dicembre	entrata	7,96	625	360	276	35,20	5,93	
	uscita	7,09	632	238	60	32,50	3,03	
2017	aprile	entrata	7,46	256	148	86	18,72	1,00
		uscita	7,46	140	37	60	36,08	2,38
	ottobre	entrata	7,31	950	450	426	141,78	12,78
		uscita	7,44	195	45	97	29,60	1,47

È stata individuata la situazione più gravosa che si è verificata nel periodo considerato (settembre 2016) e sono stati stimati gli apporti industriali di provenienza vinicola (come sottrazione delle concentrazioni di progetto alle concentrazioni massime rilevate) che sono stati aggiunti a quelli civili di progetto:

	pH	C.O.D.	B.O.D.	Solidi sospesi totali	Azoto ammoniacale	Fosforo totale
	pH	mg/l O ₂	mg/l O ₂	mg/l	mg/l NH ₄	mg/l P
Valore massimo in ingresso	7,96	3010	1791	620	141,78	12,78
Valore medio in ingresso	7,03	716	405	266	42,45	3,81
Valore minimo in ingresso	5,20	161	80	42	16,75	0,21
Valore massimo in uscita	7,82	1155	402	326	56,12	4,22
Valore medio in uscita	7,18	336	122	107	31,74	2,45
Valore minimo in uscita	6,15	99	35	26	9,13	0,57

Apporti industriali		
	U.M.	valore
Apporto idraulico		
portata industriale	m ³ /d	250,00
	m ³ /h	10
Carichi e concentrazioni		
	U.M.	valore
concentrazione organica media industriale BOD ₅	mg/L	1530,48
carico organico medio industriale BOD ₅	kg/d	382,62
concentrazione media industriale SST	mg/L	230,73
carico medio industriale SST	kg/d	57,68
concentrazione media industriale TKN	mg/L	142,00*
carico medio industriale TKN	kg/d	35,50
*concentrazione di azoto ammoniacale in quanto non disponibile quella di azoto totale		

Valori di riferimento (civile + industriale)		
	U.M.	valore
Apporto idraulico		
portata media giornaliera Q _m	mc/d	481,20
portata massima ai pretrattamenti	mc/d	1156,00
portata massima al trattamento biologico	mc/d	462,40
Carichi e concentrazioni		
carico organico medio BOD ₅	kg/d	442,62
concentrazione organica media BOD ₅	mg/L	1790,00
carico medio SST	kg/d	147,68
concentrazione media SST	mg/L	620,00
carico medio TKN	kg/d	47,50
concentrazione media TKN	mg/L	193,90

I seguenti calcoli costituiscono una verifica della capacità depurativa dell'impianto in progetto per la situazione individuata:

Comparto di rimozione della frazione organica biodegradabile BOD₅		
	U.M.	Valore
Caratteristiche operative		
Ca: concentrazione di fango in vasca	kgSS/mc	7,00
SSV/SS: hp rapporto SSV/SS	(-)	0,70
kp: coeff. Di sicurezza per le punte di carico	(-)	1,00
contenuto di solidi sospesi, dato dai fiocchi di fango attivo sfuggiti alla sedimentazione, che contribuiscono al valore di BOD ₅ finale	mg BOD ₅ /mg SST	0,40
Se: concentrazione BOD ₅ disciolto in uscita	mg/L	40,00
T di esercizio	°C	20,00
v ₂₀ : velocità di ossidazione a 20°C	kg BOD ₅ /kgSSV d	4,00
ks: costante di semisaturazione relativa al BOD ₅	mg BOD ₅ /L	50,00
θ: fattore di correzione per la temperatura	(-)	1,04
X _{ssv} : biomassa richiesta dal sistema	kgSSV	163,46
X _{ss}	kgSS	233,51
V: Volume richiesto dal sistema	mc	33
C _f : fattore di carico organico del fango atteso teorico	kgBOD ₅ /kgSSV d	1,33
C _v : fattore di carico volumetrico atteso teorico	kgBOD ₅ /mc d	9,29
V: Volume effettivo	mc	33
C _f : fattore di carico organico del fango effettivo	kgBOD ₅ /kgSSV d	1,33
C _v : fattore di carico volumetrico effettivo	kgBOD ₅ /mc d	9,29

Bilancio comparto biologico - rimozione della frazione organica biodegradabile (BOD₅)		
	U.M.	Valore
TKN ₀ : concentrazione di TKN in ingresso	mgTKN/L	98,71
S ₀ : concentrazione di BOD ₅ in ingresso	mgBOD ₅ /L	643,88
Se: concentrazione di BOD ₅ in uscita	mgBOD ₅ /L	40,00
Frazione di azoto usata nella sintesi batterica come % di BOD ₅ rimosso	%	5,00
Concentrazione di TKN usata nella sintesi batterica	mgTKN/L	30,19
TKN _e : concentrazione di TKN in uscita	mgTKN/L	68,52

Comparto di rimozione dei composti azotati - Nitrificazione		
	U.M.	Valore
YN: tasso di crescita cellulare	kgSSV/kgTKN	0,18
(VN) ₂₀ : velocità massima di rimozione del substrato (nitrificazione) a 20°C in assenza di azioni limitanti e in condizioni ottimali di pH	kgTKN/kgSSV d	5,00
kNT: costante di semisaturazione relativa al TKN	mgTKN/L	1,00
OD: conc. Di ossigeno disciolto (di solito compreso tra 1,5 e 3,5)	mgO ₂ /L	2,00
ko: costante di semisaturazione relativa all'O ₂ disciolto	mgO ₂ /L	1,00
θ: coefficiente correttivo relativa alla T (se T diversa da 20°C)	(-)	1,07
T di esercizio	°C	20,00
(VN) _T : velocità di nitrificazione nelle reali condizioni operative, definite dalla T, dalla conc. dell'O ₂ disciolto e di TKN nella vasca e dal valore di pH	kgTKN/kgSSV d	2,78
(μN) _T : velocità di crescita teorica dei batteri nitrificanti	1/d	0,50
(kd) _N : velocità di scomparsa batterica	kgSSV/kgSSV d	0,05
θkd: coefficiente correttivo relativa alla T (se T diversa da 20°C)	(-)	1,05
(kd) _{NT}	1/d	0,05

SRT	d	2,22
FS	(-)	1,00
SRTcalc	d	2,22
(VN)Tcalc	kgTKN/kgSS d	2,78
(Xv)N: biomassa nitrificante	kgSSV	11,00
YE: tasso di crescita cellulare	kgSSV/kgBOD ₅	0,80
f: frazione di biomassa nitrificante su quella totale	(-)	0,023
Xv: biomassa complessiva nei reattori biologici da destinare alla nitrificazione	kgSSV	475,94
Cf applicato al sistema	kgBOD ₅ /kgSSV d	0,65
Cf riferito alla biomassa in termini di SS	kgBOD ₅ /kgSS d	0,46
Concentrazione fango attivo in vasca	kgSSV/mc	7,00
Cv	kgBOD ₅ /mc d	3,19
Volume teorico di nitrificazione	mc	97,13
Volume effettivo = Volume di progetto - Volume rimozione BOD₅ considerando volume max disponibile	mc	97

Bilancio comparto biologico - nitrificazione		
Concentrazione di TKN in ingresso	mgTKN/L	68,52
Concentrazione di BOD ₅ in ingresso	mgBOD ₅ /L	40,00
Concentrazione di BOD ₅ in uscita	mgBOD ₅ /L	40,00
Concentrazione di TKN in uscita	mgTKN/L	0,87

Da questi risultati si può osservare che la gestione dell'impianto in condizioni di carico massimo potrà effettuarsi andando a lavorare sulla concentrazione di fango in vasca attraverso la portata di ricircolo del fango e sull'altezza idrica attraverso la gestione della paratoia di regolazione delle portate in uscita dal biologico.

Verifiche dei collegamenti idraulici con funzionamento in pressione

Il calcolo delle perdite di carico è stato effettuato mediante la formula di Colebrook-White di seguito riportata:

$$Q = -\frac{\pi D^2}{2} \cdot \sqrt{2gDi} \cdot \log\left(\frac{2,51\nu}{D\sqrt{2gDi}} + \frac{\varepsilon/D}{3,71}\right)$$

dove

i : pendenza motrice;

ν : viscosità del liquido;

ε : scabrezza assoluta della tubazione (qui assunta pari a 1,0 mm).

Le perdite di carico concentrate sono state valutate secondo la consueta relazione:

$$\Delta H_c = \xi \cdot \frac{U^2}{2g}$$

dove

U : velocità media della corrente;

ξ : coefficiente che assume differenti valori in funzione della singolarità idraulica in esame.

Sono stati così ricavati i seguenti risultati:

Collegamenti idraulici con funzionamento in pressione							
Codice	Di	Materiale	L	Qmax	V	ε	ΔH_{tot}
	mm	(-)	m	m ³ /h	m/s	mm	cm
Esistente	55,4	2 x PEAD DE63 PN10	7,8	24,08	2,78	1,00	339,24
	55,4		7,8	24,08	2,8	1,0	339,24
LA001	82,5	Acciaio DN80	2,0	48,17	2,50	1,00	100,67
LA003	163,6	Acciaio DN200 PEAD DE200 PN16	13,1	19,27	0,25	1,00	1,68
LA005	163,6	Acciaio DN200 PEAD DE200 PN16	15,6	19,27	0,25	1,00	1,79

LA006	163,6	Acciaio DN200 PEAD DE200 PN16	23,4	19,27	0,25	1,00	2,50
LA004	163,6	Acciaio DN200 PEAD DE200 PN16	14,6	28,90	0,38	1,00	3,63
LF001	90	Acciaio DN100 PEAD DE110 PN16	14,8	9,63	0,42	1,00	8,06
LF002	90	Acciaio DN100 PEAD DE110 PN16	16,6	0,50	0,02	1,00	0,02

Nella maggior parte dei tratti, le perdite di carico risultano contenute e notevolmente minori rispetto ai dislivelli geodetici tra i relativi punti di partenza e arrivo (che si rilevano dalla tavola del profilo idraulico). I tratti in cui si evidenziano notevoli perdite di carico, invece, corrispondono a quelli in cui è già previsto un sollevamento a monte (sollevamento iniziale e sollevamento dei fanghi di supero e ricircolo) per cui si è tenuto conto di questa quota in sede di dimensionamento e verifica delle apparecchiature (in termini di prevalenza).

Verifiche dei collegamenti idraulici con funzionamento a superficie libera

Venendo ora alla verifica idraulica dei tratti con funzionamento a superficie libera, è stata allo scopo utilizzata la formula di Chèzy per correnti in moto uniforme:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

Q = portata defluente [m^3/s];

A = area della sezione liquida [m^2];

$\chi = cR^{1/6}$;

i = pendenza del fondo [m/m];

con

c = coefficiente di scabrezza di Strickler [$m^{1/3}s^{-1}$];

R = raggio idraulico (area della sezione liquida/contorno bagnato) [m].

Per questi tratti, il coefficiente di scabrezza di Strickler è stato assunto pari a $80 m^{1/3}s^{-1}$.

Sulla base dei suddetti dati e a mezzo della relazione sopra riportata, sono stati ricavati i valori dell'altezza d'acqua, del grado di riempimento e della velocità. Inoltre, è stata condotta una verifica sulla base dei numeri di Froude e Vedernikov.

Il numero di *Froude* (F_r) è dato da:

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h_m}}$$

dove V e h_m rappresentano velocità media ed altezza media della corrente.

Per le canalizzazioni fognarie si può assumere che il limite di stabilità corrisponda ad un numero di Froude pari a tre.

Quando si è in presenza di canali a pendenza molto forte può capitare che la corrente non riesca a dissipare tutta l'energia potenziale fornita dall'abbassamento del fondo. In questi casi, definiti correnti rapide, il moto della corrente assume un aspetto irregolare caratterizzato dalla formazione spontanea di treni di onde frangenti, le "roll waves". Queste dissipano energia con vortici ad asse orizzontale, interessando il canale per un'altezza maggiore di quella di moto uniforme. La condizione limite di stabilità del moto uniforme può essere espressa mediante il numero di *Vedernikov* (V_e), che deve risultare minore dell'unità:

$$V_e = n \cdot g_v \cdot F_r$$

dove

$n=2/3$ esponente del raggio idraulico nella formula del moto uniforme;

$g_v=0,5$ parametro di forma per sezioni semicircolari;

F_r = numero di Froude.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente:

Collegamenti idraulici con funzionamento a gravità									
Codice	Materiale	Qmax	Di	Pendenza	Altezza d'acqua	Grado di riempimento	V	Fr	Ve
	(-)	m ³ /h	cm	%	cm	%	m/s	(-)	(-)
LA002	Acciaio DN200	48,17	20,65	0,20	13,93	67,47	0,56	0,48	0,16
LA007	PEAD DE355 PN16	67,43	29,06	2,00	7,49	25,79	1,38	1,61	0,54

Nel dimensionamento di condotte circolari chiuse di diametro minore o uguale a 40cm, è buona pratica costruttiva che il franco (tra pelo libero e generatrice superiore della sezione), con le portate di progetto, sia maggiore o uguale al 50% dell'altezza dello speco per questioni di sicurezza e per l'alimentazione d'aria della corrente. Nei tratti soggetti a verifica, detta condizione viene soddisfatta. Considerando, invece, che la velocità della corrente nelle canalizzazioni fognarie rispetto alla portata non deve essere maggiore di 5m/s, rispetto alle portate massime, per evitare problemi di abrasione delle superfici interne, si nota che tali condizioni sono soddisfatte nella totalità dei tratti di condotta. Per quanto riguarda i numeri di Froude e di Vedernikov, si conclude che le verifiche hanno avuto esito positivo.

Si annota che nella portata massima del tratto di condotta LA007 è stata considerata, oltre alla 3Qm in arrivo da LA004 e alla 2Qm in arrivo da LA006, una quota relativa all'eventuale svuotamento delle vasche in sede di manutenzione.