



PROGETTISTI INDICATI DA RTP: <div style="display: flex; align-items: center;">  <div> LS ingegneria s.r.l.s. Via Dante Alighieri n.11 74015 – Martina Franca (TA) C.F. – P.Iva 03000270730 </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 20px;">   <div> Studio Tecnico Per. Ind. Alberto Richiero 10043 – Orbassano (TO) </div> </div>					 	
						
<h2>PROGETTO DEFINITIVO</h2>						
2						
1	06/03/2024	LS Ingegneria srls	Marco Vecchiattini	Pasquale Malerba	Progetto Definitivo	
0	30/09/2022	LS Ingegneria srls	Marco Vecchiattini	Pasquale Malerba	Progetto Definitivo	
REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN)	CONTROL. (CHCK'D)	APPROVATO (APPR'D)	DESCRIZIONE (DESCRIPTION)	
FUNZIONE O SERVIZIO (DEPARTMENT) INGEGNERIA INGEGNERIA ACQUA						
DENOMINAZIONE IMPIANTO O LAVORO (PLANT OR PROJECT DESCRIPTION) POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)						
IDENTIFICATIVO IMPIANTO (PLANT IDENTIFIER) I110H101			WBS R.2010.11.04.00416		CODICE CUP (CUP CODE)	
			CODICE DOCUMENTO (CODE) I110H101DG00RD0001		N° COMMESSA (JOB N.) 12000788278	
			ID DOCUMENTO (DOCUMENT ID)		NOME FILE (FILE NAME)	
 HERA S.p.A. <small>Holding Energia Risorse Ambiente</small> <small>Viale Carlo Berti Pichat 2/4 40127 Bologna</small> <small>tel. 051.287.111 fax 051.287.525</small> <small>www.gruppohera.it</small>		 <small>Società del Gruppo Hera</small> HERAtech s.r.l. <small>Viale Carlo Berti Pichat 2/4 40127 Bologna</small> <small>tel. 051.287.111</small> <small>www.heratech.it</small>		DENOMINAZIONE DOCUMENTO (DOCUMENT DESCRIPTION) RELAZIONE IDRAULICA		
		SCALA (SCALE) --		N° FOGLIO (SHEET N°) 0		DI (LAST) 15

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	1	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

Sommario

Sommario	1
Premessa.....	2
Metodologia di calcolo.....	3
Risultati di calcolo e definizione del profilo idraulico del depuratore.....	5
Disinfezione esistente	6
Sedimentazione finale.....	6
Comparto biologico	8
Dissabbiatura e limitatore di portata	10
Stazione di sollevamento e arrivo liquami	11
Verifica idraulica dei principali sollevamenti dell'impianto	11
Verifica delle reti di distribuzione dell'aria	12
Invarianza idraulica.....	14


	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	2	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

Premessa

La presente Relazione espone nel dettaglio i principi ed i risultati dei calcoli di verifica che hanno condotto alla definizione del profilo idraulico del depuratore di S. Pietro in Casale nella nuova configurazione di progetto.

Nei successivi paragrafi si procederà all'analisi delle singole sezioni impiantistiche, definendo per ciascuna il regime di funzionamento idraulico nelle diverse condizioni di esercizio prevedibili in rapporto all'afflusso delle portate di progetto ed agli eventuali interventi manutentivi (con parzializzazione di alcuni reparti).

Nel paragrafo finale, invece, sarà data evidenza dell'incremento di area impermeabilizzata rispetto allo stato attuale.

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	3	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

Metodologia di calcolo

Le verifiche idrauliche sono state condotte facendo riferimento alle portate medie e massime ammesse ai vari comparti di trattamento, tenendo conto anche della parzializzazione di alcuni reparti (se organizzati su più linee parallele).

I calcoli sono stati effettuati nell'ipotesi di moto uniforme o permanente. Di qui l'utilizzo, nella verifica delle condotte e dei canali non in pressione, della nota formula di Chèzy per correnti a superficie libera in moto uniforme:

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

con il seguente significato dei simboli:

Q = portata defluente;

A = area della sezione liquida;

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

dove

c = coefficiente di scabrezza di Strickler.


R = raggio idraulico (area della sezione liquida/contorno bagnato)

i = pendenza del fondo

Nei casi in cui si è reso necessario il tracciamento di profili di corrente si è proceduto alla soluzione numerica delle equazioni di De Saint-Venant o dell'equazione globale dell'equilibrio dinamico, a mezzo di software commerciali di largo impiego nel settore (es. HEC-RAS).

Per quanto riguarda le tubazioni in pressione, la valutazione delle perdite di carico è stata effettuata mediante la relazione di Colebrook

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

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	4	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

dove i è la pendenza motrice, ν è la viscosità del liquido e ε è la scabrezza assoluta della tubazione (assunta cautelativamente pari a 1 mm).

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

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


dove U rappresenta la velocità media della corrente e ξ è un coefficiente che assume differenti valori in funzione della singolarità idraulica in esame:

Imbocco (non raccordato)	0,5
Sbocco	1,0
Curve (in funzione del raggio di curvatura, di D e della deviazione angolare)	0,06 ÷ 0,3
Saracinesche	0,2
Tee (in funzione dei diametri delle tubazioni e delle portate transitanti)	1,1 ÷ 11,9
Valvole di ritegno a sfera mobile	1,5 ÷ 3,0

Per un elenco completo dei suddetti coefficienti, si rimanda alla manualistica tecnica. Il carico sugli stramazzi è stato determinato a partire dalla seguente formula approssimata:

$$Q = \mu \cdot L \cdot \Delta H \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta H}$$

dove L è la lunghezza dello stramazzo, ΔH è il carico sullo stramazzo e μ è un coefficiente che assume valore variabile in funzione del tipo di sfioro (0,41-0,46 per stramazzo in parete sottile, senza contrazione laterale, 0,385 per stramazzi a larga soglia, etc.).

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	5	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

Risultati di calcolo e definizione del profilo idraulico del depuratore

Nei successivi paragrafi si riporta il dettaglio dei calcoli sviluppati per i vari reparti impiantistici: secondo la comune pratica progettuale, per la linea acque l'analisi è stata condotta procedendo dalle estreme sezioni di valle (in questo caso, la sezione di disinfezione finale) verso monte, fino allo sbocco delle tubazioni di adduzione dei liquami.


Le quote altimetriche sono indicate nel medesimo sistema di riferimento utilizzato in tutti gli elaborati progettuali.

La seguente tabella riassume le portate a base del dimensionamento idraulico del depuratore. La temperatura del liquame si assume cautelativamente pari a 12°C.

Parametro	U.d.m.	Valore
Portata totale in ingresso alla linea acque		
Portata media (Q_m)	m ³ /d	2'437,2
	m ³ /h	101,55
Portata di punta nera (Q_{pn})	m ³ /h	132,02
Portata massima ammessa in ingresso all'impianto in tempo di pioggia (5 Q_m)	m ³ /h	507,75
Portata massima ammessa ai trattamenti secondari in tempo di pioggia (3 Q_m)	m ³ /h	304,65

Per ogni comparto saranno considerati i seguenti scenari:

- scenario 1: corrispondente a condizioni di funzionamento "medie", rappresentative quindi del normale esercizio dell'impianto in tempo secco;
- scenario 2: descrizione delle condizioni di funzionamento idraulico in presenza delle massime portate ammesse ai reparti in tempo di pioggia. Dette portate massime assumeranno il valore di 5 Q_m per i reparti della linea acque a monte del comparto biologico e di 3 Q_m per il comparto biologico stesso e per le sezioni di sedimentazione finale e disinfezione (al netto dei ricircoli interni);

	RELAZIONE IDRAULICA			
	N° COMMESSA (JOB N°) 12000788278	ID DOC. (DOC. ID)	REV. 0	N° FG. (SH. N.) 6
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)			

- scenario 3: per alcuni comparti articolati su più linee, è stata analizzata la situazione di esercizio più gravosa, generalmente associata al fermo di una delle linee ed al ricevimento, da parte dei compartimenti residui, delle massime portate in tempo di pioggia.

L'esito delle verifiche è compendiato negli schemi grafici allegati che descrivono il profilo idraulico del depuratore. A tali elaborati si rimanda per una più agevole comprensione della successione e della dislocazione delle sezioni di calcolo alle quali, nelle tabelle seguenti, si farà necessariamente riferimento con denominazioni sintetiche.

Disinfezione esistente

Come già detto, il profilo idraulico viene calcolato a partire dalla sezione esistente di disinfezione finale. Essa riceverà le portate in arrivo dalla sedimentazione finale (per massimi 3 Qm).

Le seguenti tabelle riassumono i risultati dei calcoli idraulici per i diversi scenari operativi considerati:

- scenario 1: deflusso della portata media di refluo;
- scenario 2: deflusso della portata massima di refluo in tempo di pioggia (3 Qm);


Disinfezione esistente	U.d.m.	scenario 1	scenario 2
portata in uscita dalla disinfezione	m ³ /h	101.55	304.65
quota sfioro scarico disinfezione	m	-0.18	-0.18
carico sullo stramazzo (L = 1,8 m) (a larga soglia)	m	0.04	0.09
livello idrico disinfezione	m	-0.14	-0.09

Sedimentazione finale

In tempo di pioggia, i sedimentatori (nuovi ed esistente) riceveranno una portata massima di refluo pari 3 Qm. A tale portata si sommerà, in ingresso ai bacini, anche il ricircolo dei fanghi biologici (estratto poi dal fondo delle vasche e ricircolato in testa al comparto biologico) di entità variabile tra Qm e 2 Qm.

Gli scenari considerati sono i seguenti:


- scenario 1: deflusso della portata media di refluo (Qm) e di una portata di ricircolo fanghi pari a Qm, con tutti i sedimentatori in servizio;

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	7	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

- scenario 2: deflusso della portata massima di reflu in tempo di pioggia (3 Qm) e di una portata di ricircolo fanghi pari a 2Qm, con tutti i sedimentatori in servizio;
- scenario 3: deflusso della portata massima di reflu in tempo di pioggia (3 Qm) e di una portata di ricircolo fanghi pari a 2Qm, con un sedimentatore fuori servizio. Al riguardo, per la verifica dei nuovi sedimentatori, si è fatta l'ipotesi che sia posto fuori servizio il sedimentatore esistente (tutta la portata è trattata sui nuovi bacini); per la verifica del sedimentatore esistente, si è invece ipotizzato che sia fuori servizio uno dei nuovi sedimentatori (il sedimentatore esistente riceve metà della portata massima complessiva).

Nuova sedimentazione finale	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
portata in uscita dalla sedimentazione	m ³ /h	101.55	304.65	-
perdite di carico tubazione scarico sedimentatori DE 450 (L = 33 m)	m	0.01	0.09	-
livello idrico pozzetto confluenza sedimentatori	m	-0.13	0.00	
portata in uscita dalla nuova sedimentazione	m ³ /h	67.70	203.10	304.65
perdite di carico tubazione scarico sedimentatori DE 355 (L = 20.5 m)	m	0.01	0.09	0.20
livello idrico pozzetto scarico nuovo sedimentatore	m	-0.12	0.09	0.20
portata in uscita dal singolo sedimentatore	m ³ /h	33.85	101.55	152.33
perdite di carico tubazione scarico sedimentatori DE 280 (L = 21 m)	m	0.01	0.07	0.16
livello idrico pozzetto scarico nuovo sedimentatore (idraulicamente più sfavorito)	m	-0.11	0.16	0.36
quota fondo canale scarico sedimentatore	m	0.67	0.67	0.67
quota stramazzo sedimentatore	m	1.07	1.07	1.07
carico sullo stramazzo (L = 41,2 m/cad) (profilo Thomson)	m	0.02	0.02	0.03
livello idrico nel sedimentatore	m	1.09	1.09	1.10
portata di ricircolo fanghi (1-2 Qm)	m ³ /h	33.85	67.70	67.70
portata complessiva in ingresso al singolo sedimentatore	m ³ /h	67.70	169.25	220.03
perdite di carico tubazione alimentazione sedimentatore DE 315 (L = 40 m)	m	0.03	0.18	0.30
livello idrico pozzetto valle ripartitore	m	1.11	1.27	1.40
quota stramazzo ripartitore	m	1.40	1.40	1.40
carico sullo stramazzo (L = 1,6 m/cad) (a parete sottile)	m	0.03	0.06	0.08
livello idrico ripartitore	m	1.43	1.46	1.48

Pozzetto ricircolo / spurgo fanghi nuovi sedimentatori	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
ricircolo fanghi sedimentatore (1-2 Qm)	m ³ /h	33.85	67.70	67.70
livello idrico sedimentatori	m	1.09	1.09	1.10
perdite di carico tubazione estrazione fanghi DN 200 (L = 9 m)	m	0.01	0.05	0.05
livello idrico pozzetto rilancio fanghi	m	1.07	1.04	1.05

	RELAZIONE IDRAULICA			
	N° COMMESSA (JOB N°) 12000788278	ID DOC. (DOC. ID)	REV. 0	N° FG. (SH. N.) 8
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)			

Sedimentazione finale esistente	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
portata in uscita dalla sedimentazione	m ³ /h	33.85	101.55	152.325
perdite di carico tubazione scarico sedimentatore DE 280 (L = 38.5 m)	m	0.01	0.12	0.26
livello idrico all'imbocco della tubazione di scarico	m	-0.11	0.11	0.26
quota fondo canale scarico sedimentatore	m	0.75	0.75	0.75
quota stramazzo sedimentatore	m	1.07	1.07	1.07
carico sullo stramazzo (L = 40,2 m/cad) (profilo Thomson)	m	0.02	0.03	0.03
livello idrico nel sedimentatore	m	1.09	1.10	1.10
portata di ricircolo fanghi (1-2 Qm)	m ³ /h	33.85	67.70	67.70
portata complessiva in ingresso al singolo sedimentatore	m ³ /h	67.70	169.25	220.03
perdite di carico tubazione alimentazione sedimentatore DE 315 (L = 37 m)	m	0.03	0.17	0.29
livello idrico pozzetto valle ripartitore	m	1.11	1.27	1.39
quota stramazzo ripartitore	m	1.40	1.40	1.40
carico sullo stramazzo (L = 1,6 m/cad) (a parete sottile)	m	0.03	0.06	0.08
livello idrico ripartitore	m	1.43	1.46	1.48

Pozzetto ricircolo / spurgo fanghi sedimentatore esistente	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
ricircolo fanghi sedimentatore (1-2 Qm)	m ³ /h	33.85	67.70	67.70
livello idrico sedimentatori	m	1.09	1.10	1.10
perdite di carico tubazione estrazione fanghi DN 200 (L = 9 m)	m	0.01	0.05	0.05
livello idrico pozzetto rilancio fanghi	m	1.07	1.04	1.05


Comparto biologico

La portata in uscita dai pretrattamenti (limitata a 3 Qm) è avviata al comparto biologico esistente, costituito da una linea di denitrificazione seguita da due linee di nitrificazione parallele. A valle delle linee di nitrificazione esistenti sarà realizzato un nuovo bacino di nitrificazione a sua volta articolato su due linee parallele.

Le portate transitanti attraverso il comparto biologico sopra descritto sono costituite dalla portata di reflu (variabile tra la Qm in tempo asciutto e la 3 Qm in tempo di pioggia), dalla portata di ricircolo dei fanghi dai sedimentatori (variabile tra Qm e 2 Qm) e dalla portata di ricircolo della miscela aerata (variabile tra 2 Qm e 3,25 Qm).

Gli scenari di funzionamento considerati sono i seguenti:

- scenario 1: deflusso della portata media di reflu (Qm), della portata di ricircolo dei fanghi media (Qm) e della minima portata di ricircolo della miscela aerata (2 Qm), con tutti i bacini del comparto in funzione;
- scenario 2: deflusso della portata massima di reflu in tempo di pioggia (3 Qm), della portata massima di ricircolo dei fanghi (2 Qm) e della minima portata di ricircolo della miscela aerata (2 Qm), con tutti i bacini del comparto in funzione;


	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°) 12000788278	ID DOC. (DOC. ID)	REV. 0	N° FG. (SH. N.) 9	DI (LAST) 23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

- scenario 3: stesse condizioni dello scenario 2 ma con l'ipotesi di fermo (non contemporaneo) di una delle linee del nuovo reparto di nitrificazione e di una delle linee del reparto di nitrificazione esistente (in entrambi i casi tutta la portata è trattata dalla linea residua).

Si sottolinea come la necessità di adattare il nuovo profilo idraulico ai manufatti esistenti, minimizzando le modifiche a questi ultimi, ha imposto i seguenti accorgimenti:

- una limitazione della portata di ricircolo della miscela aerata a 2 Qm in corrispondenza dell'afflusso della massima portata di reflu in tempo di pioggia (3 Qm). Al riguardo, si segnala che, in tempo secco, la portata di ricircolo della miscela aerata potrà essere elevata fino a 3,25 Qm; in questa sede, la verifica nello scenario di tempo secco è stata condotta in riferimento ad una portata di ricircolo della miscela aerata di 2 Qm per il controllo delle velocità minime di deflusso nelle tubazioni: l'ipotesi del transito di una portata di ricircolo di 3,25 Qm in tempo secco corrisponde infatti ad una situazione idraulicamente intermedia tra lo scenario 1 e lo scenario 2;
- la modifica delle soglie di sfioro in ingresso ed in uscita dalla nitrificazione esistente al fine di ridurre le perdite di carico ad esse associate.

Comparto biologico	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
livello idrico ripartitore	m	1.43	1.46	1.48
portata in uscita dal comparto biologico	m ³ /h	203.10	507.75	-
portata di ricircolo della miscela aerata	m ³ /h	203.10	203.10	-
portata totale in uscita dai nuovi reattori di nitrificazione	m ³ /h	406.20	710.85	-
portata totale in uscita dalla singola linea di trattamento	m ³ /h	203.10	355.43	710.85
quota stramazzo uscita nuovi reattori di nitrificazione	m	1.50	1.50	1.50
carico sullo stramazzo (L = 3,5 m/cad) (a larga soglia)	m	0.04	0.06	0.10
livello idrico nuovi reattori di nitrificazione	m	1.54	1.56	1.60
perdite di carico tubazione ingresso nuovo reattore biologico DE 710 (L = 12 m)	m	0.01	0.04	0.04
livello idrico pozzetto scarico comparto biologico esistente	m	1.56	1.61	1.65
portata in uscita dalla singola linea della nitrificazione esistente	m ³ /h	203.10	355.43	710.85
quota stramazzo uscita comparto biologico esistente	m	1.66	1.66	1.66
carico sullo stramazzo (L = 2,25 m/cad) (a parete sottile)	m	0.06	0.08	0.13
livello idrico nitrificazione esistente	m	1.72	1.74	1.79
quota stramazzo ingresso nitrificazione esistente	m	1.80	1.80	1.80
carico sullo stramazzo (L = 2,25 m/cad) (a parete sottile)	m	0.06	0.08	0.13
livello idrico pozzetto ingresso nitrificazione esistente	m	1.86	1.88	1.93
perdite di carico tubazione ingresso nitrificazione esistente DE 710 (L = 23 m)	m	0.02	0.06	0.06
livello idrico denitrificazione	m	1.88	1.94	1.99
portata in ingresso alla denitrificazione	m ³ /h	101.55	304.65	304.65
perdite di carico tubazione ingresso denitrificazione DE 400 (L = 20 m)	m	0.02	0.14	0.14
livello idrico nel pozzetto di scarico del ripartitore in uscita dai pretrattamenti	m	1.89	2.08	2.13

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	10	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

È stato infine verificato anche il by-pass della denitrificazione esistente (con invio diretto della massima portata di reflu in tempo di pioggia – 3 Qm – alla nitrificazione).

By-pass denitrificazione	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
portata in ingresso alla nitrificazione esistente	m ³ /h	-	-	304.65
livello idrico nel pozzetto di ingresso nitrificazione esistente	m	-	-	1.88
perdite di carico tubazione by-pass denitrificazione DE 355 (L = 13,5 m)	m	-	-	0.20
livello idrico nel pozzetto di scarico del ripartitore in uscita dai pretrattamenti	m	-	-	2.09

Dissabbiatura e limitatore di portata

I liquami in arrivo dal sollevamento principale dell'impianto sono alimentati alla sezione di pretrattamento (grigliatura, dissabbiatura). La portata massima in tempo di pioggia trattata da tale sezione è pari a 5 Qm. Un apposito scolmatore collocato allo scarico della dissabbiatura consente di limitare la portata defluente verso il comparto biologico a 3 Qm. L'aliquota di portata sfiorata viene inviata alla vasca di accumulo delle acque di pioggia.


Gli scenari di funzionamento analizzati sono i seguenti:

- scenario 1: deflusso della portata media (Qm);
- scenario 2: deflusso della portata massima in tempo di pioggia (5 Qm e 3 Qm rispettivamente a monte e a valle dello sfioratore);

Dissabbiatura e limitatore di portata	U.d.m.	scenario 1	scenario 2
portata in uscita dai pretrattamenti verso comparto biologico	m ³ /h	101.55	304.65
quota stramazzo ripartitore in uscita dai pretrattamenti	m	2.15	2.15
carico sullo stramazzo (L = 0,8 m/cad) (a larga soglia)	m	0.08	0.16
livello idrico allo scarico del limitatore di portata	m	2.23	2.31
portata scolmata dal limitatore di portata	m ³ /h	0.00	203.10
portata in ingresso al limitatore di portata	m ³ /h	101.55	507.75
quota scorrimento canale limitatore di portata	m	2.51	2.51
quota stramazzo limitatore di portata	m	2.65	2.65
carico sullo stramazzo (L = 1,60 m) (a parete sottile)	m	-	0.07
livello idrico a monte del limitatore di portata	m	2.58	2.75
quota stramazzo uscita dissabbiatura	m	2.56	2.56
carico sullo stramazzo (L = 1,5 m) (a larga soglia)	m	0.05	0.20
livello idrico dissabbiatura	m	2.61	2.76

La linea di alimentazione della vasca di pioggia è stata verificata rispetto ai seguenti scenari:

- scenario 1: transito della portata eccedente 3 Qm sfiorata a valle della dissabbiatura (2 Qm);

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°) 12000788278	ID DOC. (DOC. ID)	REV. 0	N° FG. (SH. N.) 11	DI (LAST) 23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

- scenario 2: deviazione dell'intera portata massima in uscita dalla dissabbiatura (5 Qm) verso la vasca di pioggia.

Vasca acque di pioggia	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 2
portata in uscita dallo scolmatore verso vasca acque di pioggia	m ³ /h	-	203.10	507.75
quota stramazzo vasca acque di pioggia	m	-	1.20	1.20
carico sullo stramazzo (L = 33,5 m) (profilo Thomson)	m	-	0.04	0.05
livello idrico vasca di pioggia	m	-	1.24	1.25
perdite di carico tubazione ingresso vasca acque di pioggia DE 355 (L = 58 m)	m	-	0.21	1.32
livello idrico pozzetto scarico limitatore di portata	m	-	1.45	2.57

Stazione di sollevamento e arrivo liquami


Le sezioni iniziali dell'impianto, a monte della stazione di sollevamento, sono state verificate nei riguardi dei seguenti scenari:

- scenario 1: deflusso della portata media di refluo;
- scenario 2: deflusso della portata massima di refluo in tempo di pioggia (5 Qm);

Stazione di sollevamento e arrivo liquami	U.d.m.	scenario 1	scenario 2
portata in ingresso alla stazione di sollevamento	m ³ /h	101.55	507.75
livello idrico massimo stazione di sollevamento	m	-3.60	-3.60
perdite di carico tubazione ingresso sollevamento DN 400 (L = 6 m)	m	0.00	0.12
livello idrico pozzetto confluenza tubazioni in ingresso	m	-3.60	-3.48
portata in ingresso da Collettore Vigentino	m ³ /h	99.93	499.63
perdite di carico tubazione ingresso da Collettore Vigentino DE 400 (L = 34 m)	m	0.01	0.30
livello idrico imbocco tubazione ingresso da Collettore Vigentino	m	-3.58	-3.18

Verifica idraulica dei principali sollevamenti dell'impianto

La seguente tabella riassume i risultati del calcolo delle perdite di carico totali per le tubazioni in pressione dei principali impianti di sollevamento previsti in progetto. Tali perdite di carico, sommate ai dislivelli tra le superfici idriche dei bacini di aspirazione e le quote di sbocco delle tubazioni di mandata hanno consentito di determinare le prevalenze da attribuire alle diverse elettropompe.

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°) 12000788278	ID DOC. (DOC. ID)	REV. 0	N° FG. (SH. N.) 12	DI (LAST) 23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

Linea	Qmin [mc/h]	Qmax [mc/h]	DN [mm]	Vmin [m/s]	Vmax [m/s]	L [m]	scabrezza [m]	DH [m]
mandata pompe HW15 PM 1 001 A-E	101.6	101.6	150.0	1.6	1.6	6.5	0.001	0.8
collettore pompe HW15 PM 1 001 A-E	101.6	507.8	300.0	0.4	2.0	21.0	0.001	0.8
aspirazione pompa HW15 PM 1 002	30.0	30.0	80.0	1.7	1.7	7.0	0.001	0.7
mandata pompa HW15 PM 1 002	30.0	30.0	80.0	1.7	1.7	3.0	0.001	0.5
collettore pompe HW55 PM 1 003 A/B	152.3	330.0	300.0	0.6	1.3	80.0	0.001	1.0
mandata pompe HS 14 PM 1 004/005	33.9	67.7	125.0	0.8	1.5	5.0	0.001	0.7
collettore pompe HS14 PM 1 005	33.9	67.7	150.0	0.5	1.1	75.0	0.001	1.2
collettore pompe HS14 PM 1 004 A-D	67.7	135.4	200.0	0.6	1.2	72.0	0.001	1.1
mandata pompe HS 14 PM 1 007	25.0	25.0	80.0	1.4	1.4	70.0	0.001	3.8
mandata pompe HS14 PM 1 006 A-D	25.0	25.0	80.0	1.4	1.4	5.0	0.001	0.7
collettore pompe HS 14 PM 1 006 A-D	25.0	25.0	80.0	1.4	1.4	33.0	0.001	1.8
mandata pompe HS14 PM 1 008 A/B	15.0	15.0	80.0	0.8	0.8	40.0	0.001	1.7
mandata pompa HS14 PM 1 009	15.0	15.0	80.0	0.8	0.8	73.0	0.001	2.9

Verifica delle reti di distribuzione dell'aria

Sono state quantificate le perdite di pressione associate alle singole componenti delle reti di distribuzione dell'aria, al fine di verificare l'adeguatezza dei compressori selezionati per le diverse sezioni impiantistiche.


Le suddette perdite di carico sono state calcolate mediante la formula di Colebrook (già utilizzata per le condotte in pressione convoglianti liquidi) adottando densità e viscosità proprie dell'aria nelle condizioni di esercizio. La scabrezza delle tubazioni è assunta pari a 0,1 mm.

Ai fini dei calcoli aerulici, le portate d'aria ricavate nell'ambito delle verifiche di processo ed espresse con riferimento a condizioni normali (aria a 0°C, pressione atmosferica, umidità relativa nulla) devono essere convertite nelle portate effettivamente immesse dai compressori nella rete (alla temperatura ed alla pressione a valle della compressione). Allo scopo, si ricorre alle seguenti relazioni:

$$Q^* = Q \cdot \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} \quad \text{con} \quad T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{0,283}$$

dove Q è la portata d'aria in ingresso al compressore (nelle condizioni ambientali locali), Q^* è la portata in uscita dal compressore, T_1 e p_1 sono rispettivamente la temperatura assoluta e la pressione dell'aria in aspirazione mentre T_2 e p_2 indicano la temperatura assoluta e la pressione dell'aria allo scarico del compressore.

Facendo riferimento alle massime portate d'aria, si ottiene:

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	13	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				


	U.d.m.	Valore
Compressori ossidazione (IP00 BLW 1 002 A/B/C)		
Portata d'aria massima (condizioni normali)	Nm ³ /h	1'800
Pressione mandata	mbar	1'563
Portata d'aria massima (condizioni operative, uscita compressori)	m ³ /h	2'069

Ciò premesso, si possono calcolare le perdite di carico attraverso le reti: si considera allo scopo la diramazione energeticamente più sfavorita.

Linea	Qmax [m³/h]	DN [mm]	Vmax [m/s]	L [m]	scabrezza [mm]	Perdita [mbar]
Collettori aerazione comparto biologico esistente						
collettore principale	1364.37	250	7.0	15	0.0001	1.5
diramazione su linea	682.18	150	9.4	5.0	0.0001	1.1
diramazione su linea	341.09	150	4.7	1.5	0.0001	0.1
calata	341.09	100	10.3	5	0.0001	2.4
totale perdite						5.0
Collettori aerazione comparto biologico in progetto						
collettore principale	151.60	100	5.4	40	0.0001	3.1
calata	75.80	80	4.2	5	0.0001	0.3
totale perdite						3.4

Alle perdite di carico nelle reti si devono sommare anche le perdite attraverso i diffusori e le relative tubazioni di supporto (dell'ordine dei 40÷50 mbar), le perdite attraverso filtri e valvole dei compressori (circa 20 mbar) nonché il battente idrico sovrastante i diffusori. Sommando queste componenti si ottiene la pressione differenziale che devono garantire i compressori in corrispondenza dell'erogazione della massima portata d'aria richiesta dal processo depurativo.

	U.d.m.	Valore
Collettori aerazione comparto biologico esistente		
Massime perdite di pressione nella rete di distribuzione	mbar	5
Massime perdite di pressione nel tappeto di diffusione	mbar	50
Massime perdite di pressione nell'impianto di compressione dell'aria	mbar	20
Pressione idrostatica sui diffusori	mbar	420

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	14	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

Pressione differenziale richiesta ai compressori	mbar	495
Collettori aerazione comparto biologico in progetto		
Massime perdite di pressione nella rete di distribuzione	mbar	3
Massime perdite di pressione nel tappeto di diffusione	mbar	50
Massime perdite di pressione nell'impianto di compressione dell'aria	mbar	20
Pressione idrostatica sui diffusori	mbar	420
Pressione differenziale richiesta ai compressori	mbar	493

Invarianza idraulica

A seguito dell'introduzione delle prescrizioni riguardo all'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche, pare opportuno fornire alcuni elementi tecnici per la valutazione delle opere di mitigazione delle impermeabilizzazioni.

E' da sottolineare che la predisposizione dei volumi di invaso a compensazione delle impermeabilizzazioni non e finalizzata a trattenere le acque di piena nel lotto, ma a mantenere inalterate le prestazioni complessive del bacino.


Tali prestazioni sono riconducibili a due meccanismi di controllo "naturale" delle piene:

- l'infiltrazione e l'immagazzinamento delle piogge nel suolo (fenomeni rappresentati in via semplificativa dal coefficiente di deflusso)
- la laminazione, che consiste nel fatto che i deflussi devono riempire i volumi disponibili nel bacino prima di poter raggiungere la sezione di chiusura.

Il criterio dell'invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici che il piano di bacino adotta prevede la compensazione delle riduzioni sul primo meccanismo attraverso il potenziamento del secondo meccanismo.

L'intervento proposto prevede la trasformazione del suolo con conseguente variazione della permeabilità superficiale e pertanto, allo scopo di perseguire il principio di invarianza idraulica, è necessario individuare e progettare misure compensative.

In sintesi, l'obiettivo dell'invarianza idraulica richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale, costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di

	RELAZIONE IDRAULICA			
	N° COMMESSA (JOB N°) 12000788278	ID DOC. (DOC. ID)	REV. 0	N° FG. (SH. N.) 15
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)			

mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo. Il criterio deve tener conto dell'effettivo grado di consumo della risorsa associato ad ogni singolo intervento, e richiedere azioni compensative proporzionate di conseguenza.

STATO ANTE OPERAM E DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO

L'area in esame ha estensione complessiva pari a **5.356,98 mq** ed è delimitata dai seguenti riferimenti topografici:

- A nord fondi privati ad uso agricolo,
- A sud dallo Scolo Raveda,
- Ad est fondi privati au uso agricolo,
- Ad ovest altri fondi privati au uso agricolo.


La permeabilità oggetto di valutazione non è quella geologica, bensì quella riferita ai primi centimetri di suolo.

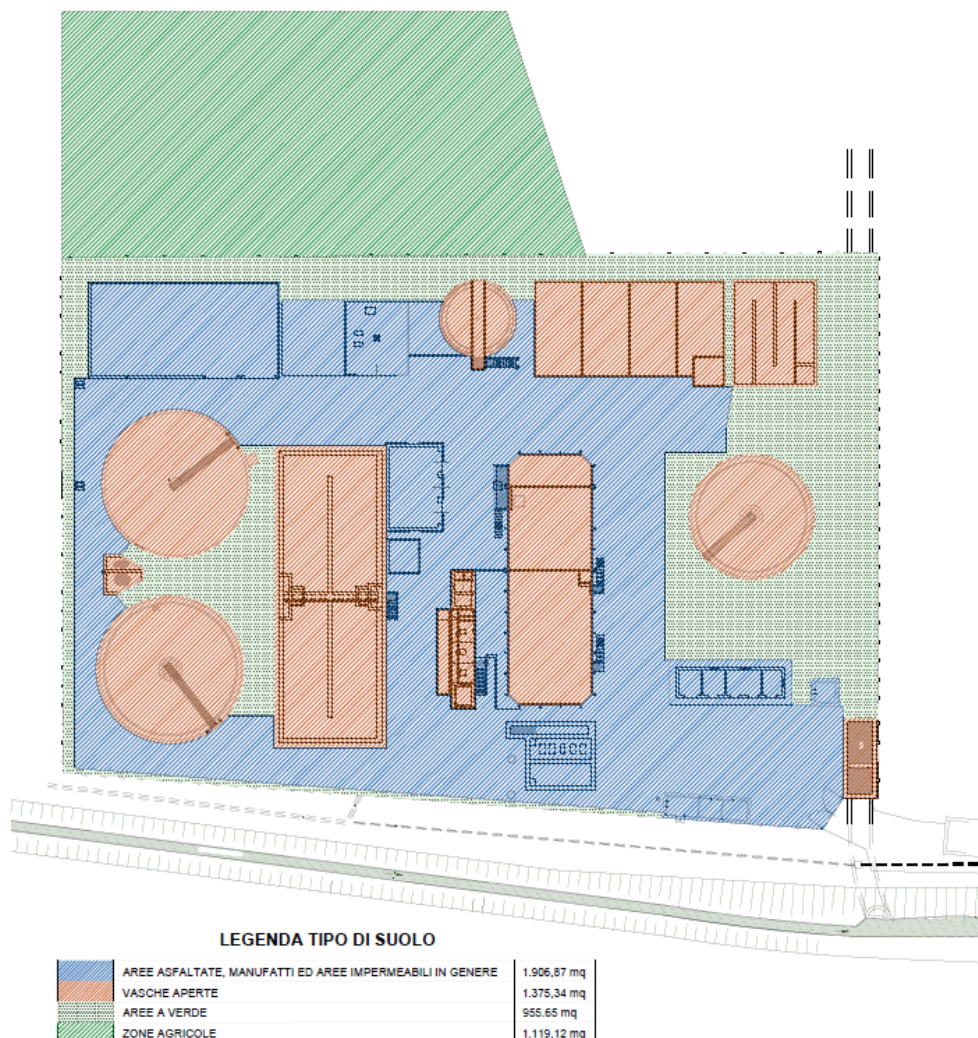
I **coefficienti di deflusso utilizzati** sono i seguenti:

- Aree verdi C=0,15
- Aree impermeabili (piazzali asfaltati, marciapiedi, vasche coperte ecc.) C = 1
- Vasche aperte (potendo garantire ulteriore capienza, vanno considerate come superfici non in grado di generare un deflusso di acque meteoriche) C=0

La superficie complessiva è costituita:

- Dall'attuale depuratore 5.356,8 mq:
- In parte (1906,87mq) occupata da aree asfaltate, manufatti, vasche coperte, marciapiedi (tutte superfici impermeabili C=1);
- In parte occupata da vasche aperte (1.375,34mq) che potendo garantire ulteriore capienza, vanno considerate come superfici non in grado di generare un deflusso di acque meteoriche (C=0);
- Aree sistemate a verde (955,65mq) (C=0,15);
- Dalla zona nord oggetto di ampliamento (1.119,12 mq) ed oggi utilizzata a scopo agricolo (C=0,15).

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	16	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				




- **Planimetria Ante Operam**

STATO POST OPERAM

Gli interventi di progetto inerenti alle misure compensative sono stati concepiti perseguendo il principio della invarianza idraulica rispetto allo scenario ante operam. Tra le soluzioni possibili, si è scelta quella che, pur garantendo il suddetto principio, assecondasse la necessità di:

- preservare l'impostazione architettonica dell'intero progetto, preservando le tipologie di materiali e finiture già adottati in fase di progettazione;

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°) 12000788278	ID DOC. (DOC. ID)	REV. 0	N° FG. (SH. N.) 17	DI (LAST) 23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				


- contenere i costi di realizzazione delle misure compensative;
- permettere il funzionamento efficace delle misure compensative senza determinare eccessive manutenzioni nel tempo e garantendo comunque interventi manutentivi agevoli;
- minimizzare i costi energetici correlati al funzionamento delle misure compensative. _

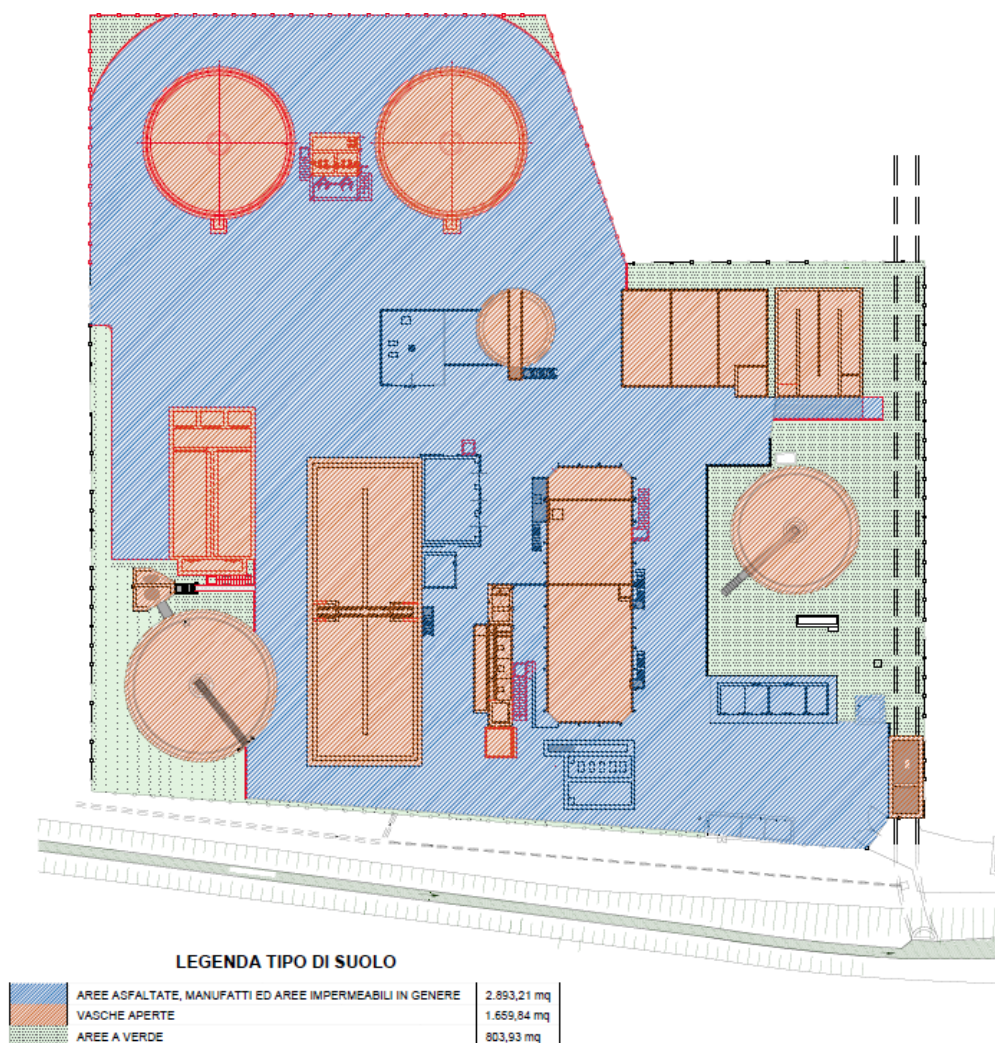
Gli interventi edilizi consistono fondamentalmente in:

- demolizione dell'attuale recinzione sul fronte nord;
- ampliamento dell'impianto di depurazione sull'area a nord (1.119,12mq) mediante realizzazione nuova recinzione perimetrale, realizzazione nuovi impianti e nuove vasche, nonché realizzazione dei nuovi piazzali con asfalto.

A lavori ultimati si avranno le seguenti distribuzioni di superfici:

- aree sistemate a verde: 803,93mq (c=0.15);
- aree asfaltate, manufatti, vasche coperte ed aree impermeabili in genere: 2.893,21mq (c=1);
- vasche aperte: 1.659,84 (c=0);

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	18	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				




Planimetria Post Operam

CALCOLO DEL VOLUME MINIMO DI INVASO

Al fine di garantire l'invarianza idraulica così come detto in premessa, si potenzierà la capacità di laminazione del bacino con lo scopo di compensare la perdita di capacità di infiltrazione ed immagazzinamento. Pertanto saranno individuati volumi di invaso, da confrontare con i volumi minimi prescritti dal Piano Stralcio.

Per la determinazione del volume minimo di invaso da garantire si è fatto riferimento alla formula seguente:

$$w = w^0 (\varphi / \varphi^0)^{(1/(1-n))} - 15 I - w^0 P (1)$$

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	19	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

essendo:


- $w^{\circ} = 500 \text{ mc/ha}$ = volume convenzionale di invaso prima della trasformazione,
- φ = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione,
- φ° = coefficiente di deflusso prima della trasformazione,
- $n = 0.48$ (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta -orientativamente- da vari studi sperimentali; si veda ad es. CSDU, 1997),
- I e P espressi come frazione dell'area trasformata.

Il volume così ricavato è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (superficie territoriale, St), a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata. Per la stima dei coefficienti di deflusso φ e φ° si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\varphi^{\circ} = 0.9 \text{Imp}^{\circ} + 0.2 \text{Per}^{\circ} \quad (2-a)$$


$$\varphi = 0.9 \text{Imp} + 0.2 \text{Per} \quad (2-b)$$

in cui Imp e Per sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati dall'apice $^{\circ}$) o dopo (se non c'è l'apice $^{\circ}$).

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°) 12000788278	ID DOC. (DOC. ID)	REV. 0	N° FG. (SH. N.) 20	DI (LAST) 23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				


DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI IMPERMEABILITA'

	<i>Descrizione tipo di suolo</i>	<i>Superficie S (mq)</i>	<i>Coefficiente parziale di impermeabilità IMP</i>	<i>S x IMP</i>	<i>% area</i>
ANTE OPERAM	aree asfaltate, manufatti ed aree impermeabili in genere	1.906,87	1,00	1.906,87	35,60
	vasche aperte	1.375,34	0,00	0,00	25,67
	zona agricole	1.119,12	0,15	167,87	20,89
	Aree a verde	955,65	0,15	143,35	17,84
	TOTALI	5.356,98		2.218,09	100,00
	IMP°	0,4141			
	Sup. Impermeabile° equivalente	2.218,09			
POST OPERAM	aree asfaltate, manufatti, vasche coperte, ed aree impermeabili in genere	2.893,21	1,00	2.893,21	54,01
	vasche aperte	1.659,84	0,00	0,00	30,98
	area a verde	803,93	0,15	120,59	15,01
	TOTALI	5.356,98		3.013,80	100,00
	IMP	0,5626			
	Sup. Impermeabile equivalente	3.013,80			

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	21	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

DETERMINAZIONE DEL VOLUME MINIMO DI INVASO

	<i>Descrizione grandezza</i>	<i>u.m.</i>	<i>quantità</i>	<i>note</i>
INDIVIDUAZIONE DELL'INTERVENTO E DELLA TRASFORMAZIONE	Superficie totale del fondo o del lotto	mq	5.356,98	
	Superficie oggetto di trasformazione	mq	1.119,12	
	Superficie inalterata	mq	4.237,98	
	I (% dell'area che viene trasformata)	frazione	0,2089	
	P (% dell'area che viene lasciata inalterata)	frazione	0,7911	
	I+P	frazione	1,00	VERIFICATO
ANTE OPERAM	Superficie impermeabile equivalente	mq	2.218,09	
	Imp°	frazione	0,4141	Linee guida (2-a)
	Superficie permeabile equivalente	mq	3138,89	
	Per°	frazione	0,5859	
	Imp° + Per°	frazione	1,00	VERIFICATO
	ϕ° (coefficiente di deflusso)		0,4899	Linee guida (2-a)
POST OPERAM	Superficie impermeabile equivalente	mq	3.013,80	
	Imp	frazione	0,5626	Linee guida (2-b)
	Superficie permeabile equivalente	mq	2.343,18	
	Per	frazione	0,4374	
	Imp + Per	frazione	1,00	VERIFICATO
	ϕ (coefficiente di deflusso)		0,5938	Linee guida (2-b)
ELABORAZIONI	n		0,48	
	$(1/(1-n))$		1,92	
	ϕ/ϕ°		1,21	
	w° (volume convenzionale di invaso prima della trasformazione)	mc/ha	500,00	
	w (volume minimo di invaso specifico)	mc/ha	322,29	
	<u>W (volume minimo di invaso)</u>	mc	172,65	

	RELAZIONE IDRAULICA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12000788278		0	22	23
	POTENZIAMENTO DEPURATORE DI SAN PIETRO IN CASALE (BO)				

DESCRIZIONE DELLE MISURE COMPENSATIVE E VERIFICA DELL'EFFICACIA FUNZIONALE DEI MECCANISMI DI LAMINAZIONE

Le misure compensative proposte prevedono una capacità di invaso del volume complessivo determinato al paragrafo precedente (172,65mc).

Il progetto in esame prevede il totale convogliamento delle acque meteoriche (non solo le acque di prima pioggia) verso la vasca a pioggia per il successivo trattamento in tempi di secco, assimilandole alle acque reflue. Nel dettaglio, le acque meteoriche, non solo quelle di prima pioggia, saranno raccolte dalle aree asfaltate dell'impianto mediante una rete di raccolte, ed inviate ad un pozzetto di rilancio. All'interno del pozzetto saranno installate n.2 pompe (1+1R) di adeguata portata, che solleveranno le acque piovane e le invieranno alla vasca a pioggia; le acque saranno qui accumulate e inviate successivamente, in tempo di secca, in testa all'impianto per il loro trattamento.

In tal modo viene garantito numericamente il perseguimento del principio dell'invarianza idraulica, dal momento che la capacità della vasca di laminazione è di 230 mc, superiore ai 172,65mc richiesti.

In sintesi, non si determinerà alcun apporto delle acque meteoriche verso il sistema fognario, ottenendo:

- il perseguimento dell'invarianza idraulica così come richiesto dalla norma;
- e, allo stesso tempo, una condizione migliorata rispetto alla condizione ante operam, in quanto il bilancio degli apporti al corpo recettore (sistema fognario) è praticamente nullo.