

**FASE 2B DEL PROGETTO DI
ACCOMPAGNAMENTO A SUPPORTO DEL
PROCESSO DI REVISIONE DEL PIANO DI
TUTELA DELLE ACQUE.
CRITERI DI PIANIFICAZIONE E DISCIPLINA IN TEMA
DI DEPURAZIONE E DI GESTIONE SOSTENIBILE
DELLE ACQUE IN AREE URBANE (COD. TER13016/002).**

**INDIVIDUAZIONE E CLASSIFICAZIONE
DI TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO
APPROPRIATO PER IMPIANTI UBICATI
IN ZONE MONTANE**

30 SETTEMBRE 2014

La presente relazione è frutto di un lavoro di ricerca e supporto tecnico-scientifico affidato da Regione Lombardia, DG Ambiente Energia e Sviluppo Sostenibile (DG AESS), Struttura pianificazione, tutela e riqualificazione delle risorse idriche (Dirigente responsabile: Viviane Iacone) ad Éupolis Lombardia - Struttura Area Territoriale (Dirigente responsabile: Carla Castelli).

Gruppo di lavoro

Marina Riva, Struttura Area Territoriale, Éupolis Lombardia (Project leader); *Viviane Iacone* (Dirigente della Struttura), *Daniele Magni*, *Marco Parini*, *Laura Anna Corbetta*, Struttura pianificazione, tutela e riqualificazione delle risorse idriche, DG AESS, Regione Lombardia;

Hanno collaborato per la realizzazione dell'attività:

Maria Cristina Collivignarelli, *Alessandro Abbà*, *Giorgio Bertanza*, *Carlo Collivignarelli*, Studio associato Ecotecno

Pubblicazione non in vendita.

Nessuna riproduzione, traduzione o adattamento può essere pubblicata senza citarne la fonte.

Éupolis Lombardia

Istituto superiore per la ricerca, la statistica e la formazione
via Taramelli 12/F - Milano
www.eupolislombardia.it

Contatti: area.territoriale@eupolislombardia.it

Indice

PREMESSA	5
CAPITOLO 1. Indagine conoscitiva	7
1.1 Suddivisione per classe di potenzialità	9
1.2 Suddivisione per tipologia di trattamento	10
1.3 Confronto con altre realtà	11
1.3.1. Valle d'Aosta	11
1.3.2. Trentino Alto Adige	14
1.3.3. Veneto.....	22
CAPITOLO 2. Analisi dello stato di funzionamento degli impianti di alta montagna in regione lombardia	23
2.1 Modalità di acquisizione dei dati gestionali.....	23
2.2 Modalità di elaborazione dei dati gestionali.....	25
2.2.1. Calcolo dei carichi	25
2.2.2. Valutazione delle prestazioni	26
2.2.3. Verifiche di dimensionamento.....	27
2.3 Impianti considerati nel corso dell'indagine	31
2.3.1. Impianto di Valdisotto (SO).....	32
2.3.2. Impianto di Vezza d'Oglio (BS)	41
2.3.3. Impianto di Livigno (SO)	49
2.3.4. Impianto di Aprica (SO)	57
2.3.5. Impianto di Carona (BG).....	67
2.3.6. Impianto di Premana (LC)	68
2.3.7. Impianto di Bormio - P.sso dello Stelvio (SO)	75
2.3.8. Impianto di Foppolo (BG).....	82
2.3.9. Impianto di Livigno - Trepalle (SO)	89
2.3.10. Confronto tra gli impianti analizzati ed individuazione delle criticità	98
CAPITOLO 3. Criticità degli impianti di alta montagna e criteri di scelta della tecnologia ottimale	103
3.1 Criticità in fase realizzativa.....	103
3.2 Criticità in fase gestionale	104
CONCLUSIONI.....	110
BIBLIOGRAFIA.....	112

PREMESSA

Alle attività di questa fase 2B è stato chiesto di fornire indicazioni circa i requisiti impiantistici e i criteri gestionali da adottare per impianti di depurazione ubicati in zone montane (individuate secondo classificazione ISTAT) con sensibile influenza della temperatura.

Il lavoro si è pertanto posto come obiettivo di evidenziare le principali problematiche esistenti e, quindi, di individuare tecnologie e criteri gestionali idonei, in relazione al campo di applicazione specifico.

Il lavoro è stato svolto in coordinamento con il GdL regionale e conducendo approfondimenti desk integrati da una survey specifica presso i gestori dei più grandi impianti montani esistenti, nonché dalla messa in campo di contatti con impianti di altre realtà territoriali regionali italiane.

Il presente report è quindi articolato in tre capitoli.

Nel **capitolo 1** vengono descritti gli esiti dell'indagine conoscitiva sugli impianti di depurazione lombardi ubicati in zone montane (a quota superiore a 1.000 m s.l.m.) condotta tenendo conto di:

- 1.
2. classe di potenzialità
3. tipologia di trattamento
4. tipologia di recapito

Viene inoltre effettuato un confronto con la situazione di altre realtà (Valle d'Aosta, Trentino Alto Adige e Veneto) dove sono tipicamente localizzate strutture depurative in alta quota.

Nel **capitolo 2** è stato approfondito lo stato di funzionamento degli impianti ubicati in alta montagna, con particolare riguardo ai 9 impianti di maggiore dimensione ai quali è stato inviato un apposito questionario che ha consentito di raccogliere le necessarie informazioni.

Nel **capitolo 3** vengono delineate le criticità degli impianti di alta montagna relative sia alla progettazione/costruzione che alla gestione di questi impianti, riassumendo in un'apposita tabella problematiche ed accorgimenti da adottare sia in fase realizzativa che in fase gestionale.

CAPITOLO 1. Indagine conoscitiva

L'indagine conoscitiva riportata nel presente capitolo è stata effettuata sulla base delle informazioni contenute nel database regionale riguardante gli impianti di depurazione presenti in Lombardia (aggiornamento 24 settembre 2013).

Per quanto riguarda la tipologia di trattamento sono stati inoltre considerati i risultati di una indagine attuata attraverso un questionario inviato ai gestori (solamente per i 9 impianti di potenzialità superiore a 1.500 A.E.) di cui si parlerà in particolare nel § 2.1.

Gli impianti di depurazione ubicati in zone montane (a quota superiore a 1.000 m s.l.m.) sono 21; nella tabella 1.1 sono riportati i nominativi, la potenzialità autorizzata, il carico trattato, la tipologia di recapito, nonché la quota altimetrica cui è collocato l'impianto.

Tabella 1.1 – Lombardia: impianti di depurazione ubicati a quota superiore a 1.000 m s.l.m..

°	Nome impianto	Provincia	Altitudine [m s.l.m.]	Potenzialità autorizzata [A.E.]	Carico trattato [A.E.]	Tipologia di recapito
	Valdisotto	Sondrio	1.120	40.000	25.000	Fiume
	Veza d'Oglio	Brescia	1.000	36.333	36.333	Fiume
	Livigno	Sondrio	1.820	32.000	25.000	Torrente
	Aprica	Sondrio	1.040	9.000	14.000	Torrente
	Carona	Bergamo	1.050	3.000	1.708	Fiume
	Premana	Lecco	1.000	2.000	3.932	Torrente
	Bormio - P.sso dello Stelvio	Sondrio	2.690	1.900	1.800	Torrente
	Foppolo	Bergamo	1.480	1.700	1.235	Torrente
	Livigno - Trepalle Chiesa	Sondrio	2.600	1.600	1.500	Torrente
0	Valmalenco - Primolo Chiesa	Sondrio	1.250	1.374	1.374	Torrente
1	Valmalenco - Chiareggio	Sondrio	1.600	806	806	Torrente
2	Campodolcino - Starleggia Chiesa	Sondrio	1.520	280	280	Suolo
3	Valmalenco - Pedrotti	Sondrio	1.020	186	186	Torrente
4	Campodolcino - Splughetta Chiesa	Sondrio	1.350	120	120	Suolo
5	Valmalenco - Carotte	Sondrio	1.450	100	100	Suolo
6	Grosio - Eita	Sondrio	1.690	90	90	Suolo
7	Grosio - Fusino	Sondrio	1.100	87	87	Torrente
8	Valdisotto - Aquilone	Sondrio	1.080	70	70	Suolo
9	Campodolcino - Cà de Luc Chiesa	Sondrio	1.460	64	64	Torrente
0	Valmalenco - S. Giuseppe	Sondrio	1.200	56	56	Torrente
1	Valdidentro - Arnoga	Sondrio	1.650	10	10	Suolo

Fonte: elaborazione Studio Ecotecno su dati SIRE, 2013

La potenzialità autorizzata complessiva è pari a 130.776 A.E.; il carico effettivamente trattato, sulla base delle informazioni contenute nel database regionale, si attesta a 113.751 A.E., pari all'87% del totale autorizzato.

Secondo le informazioni a disposizione solamente due impianti (il cui carico trattato è evidenziato in giallo in tabella 1.1) risultano sovraccaricati dal punto di vista del carico organico. Si osserva inoltre che sono presenti 14 impianti ubicati ad una quota altimetrica compresa tra 1.000 e 1.500 m s.l.m.; tali impianti trattano 84.625 A.E. pari al 74% del carico

complessivamente trattato. Per quanto riguarda i 5 impianti localizzati ad una quota compresa tra 1.500 e 2.000 m s.l.m., questi ricevono un carico di 26.188 A.E. (corrispondente al 23% del totale trattato). Infine sono presenti solamente 2 impianti ubicati ad un quota altimetrica superiore a 2.000 m s.l.m.: il carico trattato, in tal caso, è di 3.300 A.E. pari al 3% del totale.

Per quanto riguarda la tipologia di recapito, solamente 6 impianti (che trattano meno dell'1% del carico complessivo) scaricano sul suolo; i restanti impianti scaricano in corpo idrico superficiale (torrente/fiume).

1.1 Suddivisione per classe di potenzialità

La suddivisione adottata in merito alla classe di potenzialità è in accordo con il Regolamento Regionale n. 3/2006. In particolare si è previsto di suddividere gli impianti (sulla base della potenzialità di progetto) nelle seguenti categorie:

5. $P \leq 50$ A.E.;
6. $50 < P \leq 100$ A.E.;
7. $100 < P \leq 400$ A.E.;
8. $400 < P < 2.000$ A.E.;
9. $2.000 \leq P < 10.000$ A.E.;
10. $10.000 \leq P < 50.000$ A.E..

Nella tabella 1.2 è riportata la suddivisione nelle diverse classi di potenzialità degli impianti ubicati in zone montane, sia termini di numerosità, sia per quanto riguarda gli A.E. serviti.

Si osserva che i 3 impianti di potenzialità compresa tra 10.000 e 50.000 A.E. trattano il 76% circa del carico complessivo.

Tabella 1.2 – Lombardia: numero di impianti di depurazione ubicati in zone montane suddivisi per classe di potenzialità.

Classi di potenzialità	Numer o impianti	% Numero impianti	A.E. serviti	% A.E. serviti
$P \leq 50$ A.E.	1	5	10	0,01
$50 \text{ A.E.} < P \leq 100 \text{ A.E.}$	6	29	467	0,4
$100 \text{ A.E.} < P \leq 400 \text{ A.E.}$	3	14	586	0,5
$400 \text{ A.E.} < P < 2.000 \text{ A.E.}$	5	24	6.715	5,9
$2.000 \text{ A.E.} \leq P < 10.000$ A.E.	3	14	19.640	17,3
$10.000 \text{ A.E.} \leq P < 50.000$ A.E.	3	14	86.333	75,9
Totale	21	100	113.751	100

Fonte: elaborazione Studio Ecotecnò su dati SIRE, 2013

1.2 Suddivisione per tipologia di trattamento

Per quanto riguarda la suddivisione degli impianti per tipologia di trattamento, sono state considerate le seguenti categorie:

11. vasche Imhoff;
12. processi a fanghi attivi (per la sola rimozione di sostanza organica);
13. processi a fanghi attivi (con trattamenti di rimozione dell'azoto);
14. processi a biomassa adesa (biodischi, filtri percolatori, ecc.).

Nella tabella 1.3 è riportata la suddivisione degli impianti ubicati in zone montane nelle differenti tipologie di trattamento, espressa sia in termini di numerosità, sia per quanto riguarda gli A.E. serviti. Si può notare che la quasi totalità del carico (il 96% del totale) è trattato mediante impianti a fanghi attivi; inoltre, tale quantitativo si ripartisce praticamente in modo omogeneo su impianti dotati di trattamenti di rimozione spinta dell'azoto (nitrificazione e denitrificazione) e su processi fanghi attivi ad alto carico (per la sola rimozione della sostanza organica).

È importante sottolineare che i 4 impianti di depurazione che presentano un processo a fanghi attivi con trattamenti di nitrificazione e denitrificazione attuano anche una defosfatazione chimica, generalmente a valle del processo biologico. Ad eccezione di un impianto, gli altri 3 sono ubicati a quota altimetrica superiore a 1.800 m s.l.m..

Tabella 1.3 – Lombardia: impianti di depurazione ubicati in zone montane suddivisi per tipologia di trattamento.

Tipologia di trattamento	Numero impianti	% Numero impianti	A.E. serviti	% A.E. serviti
Vasca Imhoff	12	57	3.243	3
Fanghi attivi (sola rimozione C _{org})	4	19	55.500	49
Fanghi attivi (rimozione spinta N)	4	19	53.300	47
Biomasse adese	1	5	1.708	1
Totale	21	100	113.751	100

Fonte: elaborazione Studio Ecoteco su dati SIRE, 2013

Per il prosieguo del presente lavoro sono stati presi in considerazione i 9 impianti di depurazione di potenzialità autorizzata superiore a 1.500 A.E.. I restanti impianti sono costituiti da fosse Imhoff; per essi non sono disponibili dati gestionali significativi.

1.3 Confronto con altre realtà

Nel presente paragrafo vengono descritte le situazioni relative agli impianti ubicati in zone di alta montagna di altre Regioni: Valle d'Aosta, Trentino Alto Adige e Veneto.

1.3.1. Valle d'Aosta

Per quanto riguarda la Valle d'Aosta, le informazioni riguardanti gli impianti localizzati in alta montagna sono state reperite:

15. dalla "5a Relazione sullo stato dell'ambiente in Valle d'Aosta" redatta, nel 2009, da ARPA Valle d'Aosta;
16. dal "Piano di Tutela delle Acque" della Valle d'Aosta (2006).

Nella tabella 1.4 sono riportati i nominativi degli impianti ubicati a quota superiore a 1.000 m s.l.m., la potenzialità di progetto e la tipologia impiantistica; non è stato possibile reperire il valore del carico trattato.

Dalla tabella 1.4 si osserva che gli impianti ubicati a quota superiore a 1.000 m s.l.m. sono pari a 16. La potenzialità di progetto complessiva è di circa 108.000 A.E.; la quasi totalità del carico di progetto (il 93% circa) è imputabile agli impianti appartenenti alla classe di potenzialità 10.000 – 50.000 A.E. (tabella 1.5).

Per quanto riguarda la tipologia di trattamento, 10 impianti sono costituiti da fosse Imhoff, mentre 5 impianti da un trattamento a fanghi attivi; peraltro uno di questi presenta anche un processo chimico-fisico.

Tabella 1.4 – Valle d'Aosta: impianti di depurazione ubicati sopra i 1.000 m s.l.m..

°	Nome impianto	Altitudine [m s.l.m.]	Potenzialità autorizzata [A.E.]	Schema impianto
1	Valtournenche	1.309	40.000	Chimico-fisico + fanghi attivi
2	Ayas	1.698	20.000	Fanghi attivi
3	Gressoney-Saint Jean	1.385	20.000	Fanghi attivi
4	Cogne	1.544	10.000	Fanghi attivi
5	Brusson	1.271	10.000	n.d.
6	Champorcher	1.427	5.000	Fanghi attivi
7	Saint-Rhémy-en-Bosses	1.270	496	Imhoff
8	Valsavarenche	1.540	364	Imhoff
9	Bionaz	1.606	266	Imhoff
10	Allein	1.190	250	Imhoff
11	Rhêmes-Saint-Georges	1.218	235	Imhoff
12	Saint-Oyen	1.376	225	Imhoff
13	Oyace	1.377	220	Imhoff
14	Ollomont	2.172	196	Imhoff
15	Rhêmes-Notre-Dame	1.601	192	Imhoff
16	Chamois	1.815	142	Imhoff

n.d. = non disponibile

Fonte: elaborazione Studio Ecotecno su dati Regione Valle d'Aosta, 2006 e su dati ARPA, 2009

Tabella 1.5 – Valle d’Aosta: impianti di depurazione ubicati in zone montane suddivisi per classe di potenzialità.

Classi di potenzialità	Numero impianti	% Numero impianti	A.E. progetto	% A.E. progetto
$P \leq 50$ A.E.	-	-	-	-
$50 \text{ A.E.} < P \leq 100 \text{ A.E.}$	-	-	-	-
$100 \text{ A.E.} < P \leq 400 \text{ A.E.}$	9	56	2.090	2
$400 \text{ A.E.} < P < 2.000 \text{ A.E.}$	1	6,5	496	0,5
$2.000 \text{ A.E.} \leq P < 10.000 \text{ A.E.}$	1	6,5	5.000	4,5
$10.000 \text{ A.E.} \leq P < 50.000 \text{ A.E.}$	5	31	100.000	93
Totale	16	100	107.586	100

Fonte: elaborazione Studio Ecotecno su dati Regione Valle d’Aosta, 2006 e su dati ARPA, 2009

In merito alle caratteristiche qualitative dello scarico (tabella 1.6), sono stati reperite, per 4 impianti di depurazione, le concentrazioni in uscita dei principali parametri monitorati (relative al 2009).

I valori ottenuti sono decisamente bassi soprattutto per BOD5, COD, SST e Ptot; in merito alle forme azotate, l’impianto di Valtournenche (di potenzialità pari a 40.000 A.E.) mostra una concentrazione di azoto nitrico allo scarico ben superiore rispetto agli altri impianti presi in considerazione.

Tabella 1.6 – Valle d'Aosta: caratteristiche qualitative relative allo scarico degli impianti di depurazione ubicati a quota superiore a 1.000 m s.l.m. (anno 2009).

Impianto	I H	SS T	C OD	B OD ₅	N- NO ₂ ⁻	N- NO ₃ ⁻	N- NH ₄ ⁺	P _{tot}	Grassi e oli	Tens. totali	E. coli
	[m g/L]	[m g/L]	[m g/L]	[m g/L]	[m g/L]	[m g/L]	[mg /L]	[m g/L]	[mg/L]	[mg/L]	[UF C/ 100 mL]
Valtournenche	7,69	4,0	7,58	2,39	<0,01	7,36	0,960	0,210	2,50	0,23	21.000
	7,16	3,1	8,04	3,05	0,068	6,49	0,220	0,645	0,31	<0,2	150.000
	7,28	4,9	8,25	1,67	<0,01	4,34	0,140	0,687	0,70	<0,2	36.000
	7,38	4,0	7,96	2,37	0,023	6,06	0,440	0,514	1,17	0,23	69.000
Ayas	7,79	5,6	6,24	2,79	<0,01	0,98	0,430	0,073	1,50	0,26	76.000
	7,79	6,9	11,70	5,61	<0,01	0,32	1,610	0,252	0,10	0,96	460.000
	7,65	2,8	5,76	3,44	0,070	0,47	0,830	0,164	5,43	<0,2	160.000
	7,74	5,1	7,90	3,95	0,023	0,59	0,957	0,163	2,34	0,61	232.000
Cogne	7,73	13,3	13,50	5,67	0,100	1,09	1,650	0,442	4,10	0,32	71.000
Champorcher	7,97	5,5	12,60	5,38	0,066	1,08	0,502	0,185	0,65	0,32	340.000

Fonte: elaborazione Studio Ecotecnico su dati ARPA, 2009

1.3.2. Trentino Alto Adige

Vengono analizzati in modo distinto gli scenari relativi alle Provincie Autonome di Trento e di Bolzano.

Provincia autonoma di Trento

Le informazioni ottenute per l'effettuazione dell'indagine conoscitiva sono state desunte consultando le seguenti fonti:

17. Provincia autonoma di Trento – Agenzia per la depurazione (disponibile al seguente indirizzo: <http://www.adep.provincia.tn.it/impianti/depuratore.asp>);
18. Provincia autonoma di Trento – Schede tecniche Bacino n. 3 – Trentino Orientale (novembre 2008);
19. Provincia autonoma di Trento – Schede tecniche Bacino n. 2 – Trentino Occidentale (novembre 2008).

In Provincia di Trento gli impianti di depurazione ubicati in zone montane (a quota superiore a 1.000 m s.l.m.) sono 13; nella tabella 1.7 sono riportati i nominativi, la potenzialità autorizzata, il carico trattato, la tipologia di scarico, nonché la quota altimetrica dell'impianto.

La potenzialità autorizzata complessiva è pari a 151.600 A.E., mentre il carico effettivamente trattato si attesta a 87.824 A.E. (pari al 58% del totale autorizzato).

Dal punto di vista del carico organico, anche in questo caso, come in Lombardia, solamente due impianti (il cui carico trattato è evidenziato in tabella 1.7) risultano sovraccaricati.

Per quanto riguarda la tipologia di recapito, tutti gli impianti presi considerati (ad eccezione di uno, del quale non si hanno informazioni in merito) scaricano in corpo idrico superficiale.

Tabella 1.7 – Provincia autonoma di Trento: impianti di depurazione ubicati a quota superiore a 1.000 m s.l.m..

N°	Nome impianto	Altitudine [m s.l.m.]	Potenzialità autorizzata [A.E.]	Carico trattato [A.E.]	Tipologia di recapito
1	Pozza di Fassa	1.288	40.000	16.650	Torrente
2	Madonna di Campiglio	1.430	32.000	22.000	Torrente
3	Campitello di Fassa	1.403	20.000	12.540	Torrente
4	Moena	1.133	17.000	21.260	Torrente
5	Andalo	1.013	10.000	5.260	Torrente
6	Lavarone	1.098	10.000	2.950	Torrente
7	Passo Tonale	1.799	10.000	2.120	n.d.
8	San Martino di Castrozza	1.384	4.000	4.020	Torrente
9	Carbonare	1.022	3.000	860	Torrente
10	Malga Laghetto	1.130	3.000	164	Torrente
11	Passo Rolle	1.913	1.600	n.d.	Torrente
12	Tremalzo	1.191	600	n.d.	Torrente
13	Passo Lavazè	1.790	400	n.d.	Torrente

n.d. = non disponibile

Fonte: elaborazione Studio Ecoteco su dati Provincia di Trento, 2008

Nella tabella 1.8 sono riportati i risultati della suddivisione degli impianti per classi di potenzialità per la Provincia di Trento: i dati si riferiscono ai 10 impianti di cui si hanno informazioni riguardanti il carico trattato. È inoltre indicato un confronto con la situazione lombarda. Analogamente alle altre realtà territoriali considerate, la suddivisione in merito alla classe di potenzialità è stata effettuata in accordo con il Regolamento Regionale della Lombardia n. 3/2006.

Si può notare che i 7 impianti di depurazione appartenenti alla classe di potenzialità compresa tra 10.000 e 50.000 A.E. trattano la quasi totalità del carico (circa il 94%). Tale valore

è decisamente superiore alla percentuale del carico trattato dagli impianti lombardi appartenenti alla medesima classe di potenzialità (pari al 76% circa).

Tabella 1.8 – Impianti di depurazione ubicati in zone montane suddivisi per classe di potenzialità: confronto tra Lombardia e Provincia autonoma di Trento.

Classi di potenzialità	Numero impianti		% Numero impianti		A.E. serviti		% A.E. serviti	
	Lo mb.	Prov. Trento	Lo mb.	Prov. Trento	Lo mb.	Prov. Trento	Lo mb.	Prov. Trento
P ≤ 50 A.E.	1	-	5	-	10	-	0,01	-
50 A.E. < P ≤ 100 A.E.	6	-	29	-	467	-	0,4	-
100 A.E. < P ≤ 400 A.E.	3	-	14	-	586	-	0,5	-
400 A.E. < P < 2.000 A.E.	5	-	24	-	6.715	-	5,9	-
2.000 A.E. ≤ P < 10.000 A.E.	3	3	14	30	19.640	5.044	17,3	6
10.000 A.E. ≤ P < 50.000 A.E.	3	7	14	70	86.333	82.780	75,9	94
Totale	21	10	100	100	113.751	87.824	100	100

Fonte: elaborazione Studio Ecotecnico su dati Provincia di Trento, 2008 e su dati SIRE, 2013

Nella tabella 1.9 sono riportati, per i 13 impianti ubicati al di sopra dei 1.000 m s.l.m., gli schemi di trattamento presenti, nonché l'anno di attivazione. Tutti gli impianti considerati presentano un processo a fanghi attivi; inoltre, 7 di questi (per un carico complessivo di progetto di 66.600 A.E., pari al 44% del totale) sono dotati di una sezione di filtrazione finale.

Un impianto presenta infine un processo a membrane.

Tabella 1.9 – Provincia autonoma di Trento: schemi di trattamento degli impianti di depurazione ubicati a quota superiore a 1.000 m s.l.m.

N°	Nome impianto	Altitudine [m s.l.m.]	Anno di attivazione	Schema impianto
1	Pozza di Fassa	1.288	2000	Fanghi attivi + filtr. finale
2	Madonna di Campiglio	1.430	1991	Fanghi attivi*
3	Campitello di Fassa	1.403	1989	Fanghi attivi
4	Moena	1.133	1987	Fanghi attivi
5	Andalo	1.013	1987	Fanghi attivi + filtr. finale
6	Lavarone	1.098	1981	Fanghi attivi
7	Passo Tonale	1.799	2002	Fanghi attivi* + filtr. finale
8	San Martino di Castrozza	1.384	1983	Fanghi attivi*/membrane + filtr. finale
9	Carbonare	1.022	1981	Fanghi attivi
10	Malga Laghetto	1.130	2001	Fanghi attivi + denitro + filtr. finale
11	Passo Rolle	1.913	1980	Fanghi attivi* + denitro + filtr. finale
12	Tremalzo	1.191	1997	Fanghi attivi + filtr. finale

13	Passo Lavazè	1.790	1991	Fanghi attivi*
----	--------------	-------	------	----------------

* impianti compatti a ricircolo naturale

Fonte: elaborazione Studio Ecoteco su dati Provincia di Trento, 2008

Nella tabella 1.10 sono riportati, in funzione della classe di potenzialità, gli impianti di depurazione sovraccaricati (dal punto di vista organico) sia in Lombardia, sia in Provincia di Trento. In entrambe le realtà territoriali 2 impianti risultano sovraccaricati: 1 di potenzialità compresa tra 2.000 A.E. e 10.000 A.E. ed 1 appartenente alla classe di potenzialità 10.000 – 50.000 A.E.. La percentuale di A.E. serviti dagli impianti sovraccaricati (calcolata come differenza tra la potenzialità di progetto ed il carico effettivamente in ingresso) rispetto al carico complessivamente trattato si attesta al 6% in Lombardia ed al 5% in Provincia di Trento.

Tabella 1.10 – Impianti di depurazione sovraccaricati ubicati in zone montane suddivisi per classe di potenzialità: confronto tra Lombardia e Provincia autonoma di Trento.

Classi di potenzialità	Numero impianti		Numero impianti sovraccaricati		A.E. serviti sovraccaricati		% A.E. serviti sovraccaricati	
	Lo mb.	Prov . Trento	Lo mb.	Prov. Trento	Lom b.	Prov. Trento	Lom b.	Pro v. Trento
P ≤ 50 A.E.	1	-	-	-	-	-	-	-
50 A.E. < P ≤ 100 A.E.	6	-	-	-	-	-	-	-
100 A.E. < P ≤ 400 A.E.	3	-	-	-	-	-	-	-
400 A.E. < P < 2.000 A.E.	5	-	-	-	-	-	-	-
2.000 A.E. ≤ P < 10.000 A.E.	3	3	1	1	1.932	20	10	0,4
10.000 A.E. ≤ P < 50.000 A.E.	3	7	1	1	5.000	4.260	6	5
Totale	21	10	2	2	6.932	4.280	6	5

Fonte: elaborazione Studio Ecoteco su dati Provincia di Trento, 2008 e su dati SIRE, 2013

Provincia autonoma di Bolzano

Per l'esecuzione dell'indagine conoscitiva sono state consultate le schede degli impianti di depurazione presenti sul sito internet della Provincia autonoma di Bolzano – Sistema di fognatura e depurazione (disponibile all'indirizzo: <http://www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/acqua/sistemi-fognatura-depurazione.asp>);

In Provincia di Bolzano sono presenti 17 impianti di depurazione localizzati in zone di alta montagna (a quota superiore a 1.000 m s.l.m.). Nella tabella 1.11 sono riportati i nominativi degli impianti, la quota altimetrica, la potenzialità autorizzata, il carico trattato e la tipologia di scarico.

Complessivamente la potenzialità autorizzata è pari a 165.450 A.E., mentre il carico effettivamente trattato si attesta a 137.400 A.E. (pari all'83% del totale autorizzato).

Dal punto di vista del carico organico 3 impianti (il cui carico trattato è evidenziato in tabella 1.11), tra cui anche quello di potenzialità maggiore, risultano sovraccaricati.

Per quanto riguarda la tipologia di scarico, tutti gli impianti considerati scaricano in torrente.

Tabella 1.11 – Provincia autonoma di Bolzano: impianti di depurazione ubicati a quota superiore a 1.000 m s.l.m..

N°	Nome impianto	Altitudine [m s.l.m.]	Potenzialità autorizzata [A.E.]	Carico trattato [A.E.]	Tipologia di recapito
1	Pontives	1.106	42.000	42.147	Torrente
2	Wasseerfeld	1.072	40.000	35.155	Torrente
3	Sompunt	1.360	30.000	21.654	Torrente
4	S. Candido - Sesto	1.122	26.000	23.598	Torrente
5	Solda	1.825	7.500	2.761	Torrente
6	Saltria	1.657	3.800	2.717	Torrente
7	Lauregno	1.193	3.500	308	Torrente
8	Soprabolzano	1.115	3.000	1.276	Torrente
9	Kompatsch	1.807	2.850	1.929	Torrente
10	Meltina	1.080	1.500	1.955	Torrente
11	Anterivo	1.080	1.000	841	Torrente
12	Auna di Sopra	1.267	1.000	838	Torrente
13	S. Felice	1.167	1.000	1.047	Torrente
14	Mazia	1.372	800	311	Torrente
15	Proves	1.193	500	291	Torrente
16	Valas	1.235	500	357	Torrente
17	Vanga	1.018	500	215	Torrente

Fonte: elaborazione Studio Ecotecnò su dati Provincia di Bolzano, 2010

Nella tabella 1.12 è riportato il confronto tra Lombardia e Provincia di Bolzano in base alla suddivisione degli impianti per classi di potenzialità.

Anche in questo caso, per poter fare un confronto omogeneo, la suddivisione è stata effettuata in accordo con le classi riportate nel Regolamento Regionale della Lombardia n. 3/2006.

Si può osservare che, analogamente alla Provincia di Trento, gli impianti di depurazione appartenenti alla classe di potenzialità maggiore (10.000 ÷ 50.000 A.E.) trattano la quasi totalità del carico (in questo caso l'89%), valor decisamente superiore alla percentuale del carico trattato dagli impianti lombardi appartenenti alla medesima classe di potenzialità (pari al 76% circa).

Tabella 1.12 – Impianti di depurazione ubicati in zone montane suddivisi per classe di potenzialità: confronto tra Lombardia e Provincia autonoma di Bolzano.

Classi di potenzialità	Numero impianti		% Numero impianti		A.E. serviti		% A.E. serviti	
	Lo mb.	Prov. Bolzano	Lo mb.	Prov. Bolzano	Lo mb.	Prov. Bolzano	Lo mb.	Prov. Bolzano
P ≤ 50 A.E.	1	-	5	-	10	-	0,01	-
50 A.E. < P ≤ 100 A.E.	6	-	29	-	467	-	0,4	-
100 A.E. < P ≤ 400 A.E.	3	-	14	-	586	-	0,5	-
400 A.E. < P < 2.000 A.E.	5	8	24	47	6.715	5.855	5,9	4
2.000 A.E. ≤ P < 10.000 A.E.	3	5	14	29	19.640	8.991	17,3	7
10.000 A.E. ≤ P < 50.000 A.E.	3	4	14	24	86.333	122.554	75,9	89
Totale	21	17	100	100	113.751	137.400	100	100

Fonte: elaborazione Studio Ecotecnico su dati Provincia di Bolzano, 2010 e su dati SIRE, 2013

Nella tabella 1.13 sono riportati gli schemi impiantistici dei depuratori in Provincia di Bolzano, nonché l'anno di attivazione.

Tabella 1.13 – Provincia autonoma di Bolzano: schemi di trattamento degli impianti di depurazione ubicati a quota superiore a 1.000 m s.l.m.

N°	Nome impianto	Altitudine [m s.l.m.]	Anno di attivazione	Schema impianto
1	Pontives	1.106	1992	Fanghi attivi (rimoz. spinta azoto)
2	Wasseerfeld	1.072	1999	Fanghi attivi (rimoz. spinta azoto)
3	Sompunt	1.360	1990	Fanghi attivi + lagunaggio
4	S. Candido - Sesto	1.122	1998	Fanghi attivi (rimoz. spinta azoto)
5	Solda	1.825	1989	Fanghi attivi
6	Saltria	1.657	1989	Biodischi + filtrazione
7	Lauregno	1.193	2003	Fanghi attivi
8	Soprabolzano	1.115	1986	Fanghi attivi + biodischi + filtrazione
9	Kompatsch	1.807	1977	Fanghi attivi + filtrazione
10	Meltina	1.080	2004	Fanghi attivi
11	Anterivo	1.080	1996	Fanghi attivi
12	Auna di Sopra	1.267	1989	Imhoff + Biodischi + filtrazione
13	S. Felice	1.167	2003	Fanghi attivi
14	Mazia	1.372	2000	Fanghi attivi
15	Proves	1.193	2002	Fanghi attivi
16	Valas	1.235	1997	Imhoff
17	Vanga	1.018	1989	Biodischi + filtrazione

Il confronto con la situazione lombarda è invece riassunto nella tabella 1.14, che riporta la suddivisione degli impianti ubicati in zone montane nelle differenti tipologie di trattamento espressa sia in termini di numerosità, sia per quanto riguarda gli A.E. serviti.

Si può notare che in Lombardia sono presenti impianti costituiti da vasche Imhoff in numero decisamente superiore rispetto alla Provincia di Bolzano (12 contro 1). Inoltre, in Provincia di Bolzano, gli impianti a fanghi attivi dotati di trattamenti di rimozione spinta dell'azoto trattano più del 73% del carico complessivo, mentre in Lombardia tale dato si attesta al 47%.

Tabella 1.14 – Impianti di depurazione ubicati in zone montane suddivisi per tipologia di trattamento: confronto tra Lombardia e Provincia Autonoma di Bolzano.

Classi di potenzialità	Numero impianti		% Numero impianti		A.E. serviti		% A.E. serviti	
	Lo mb.	Prov. Bolzano	Lo mb.	Prov. Bolzano	Lo mb.	Prov. Bolzano	Lo mb.	Prov. Bolzano
Vasche Imhoff	12	1	57	5	3.243	357	3	0,3
Fanghi attivi (sola rimozione C _{org})	4	10	19	59	55.500	32.373	49	23,6
Fanghi attivi (rimozione spinta N)	4	3	19	18	53.300	100.900	47	73,4
Biomasse adese	1	3	5	18	1.708	3.770	1	2,7
Totale	21	17	100	100	113.751	137.400	100	100

Fonte: elaborazione Studio Ecotecnico su dati Provincia di Bolzano, 2010 e su dati SIRE, 2013

In Provincia di Bolzano risultano presenti 3 impianti sovraccaricati dal punto di vista organico (tabella 1.15).

Confrontando la situazione con la Lombardia, la percentuale di A.E. serviti dagli impianti sovraccaricati (calcolata come differenza tra la potenzialità di progetto ed il carico effettivo in ingresso) rispetto al carico complessivamente trattato si attesta allo 0,5%, contro il 6% in Lombardia.

L'entità del sovraccarico negli impianti della Provincia di Bolzano è pertanto irrisoria.

Tabella 1.15 – Impianti di depurazione sovraccaricati ubicati in zone montane suddivisi per classe di potenzialità: confronto tra Lombardia e Provincia autonoma di Bolzano.

Classi di potenzialità	Numero impianti		Numero impianti sovraccaricati		A.E. serviti sovraccaricati		% A.E. serviti sovraccaricati	
	Lo mb.	Prov. Bolzano	Lo mb.	Prov. Bolzano	Lo mb.	Prov. Bolzano	Lo mb.	Prov. Bolzano
P ≤ 50 A.E.	1	-	-	-	-	-	-	-
50 A.E. < P ≤ 100 A.E.	6	-	-	-	-	-	-	-
100 A.E. < P ≤ 400 A.E.	3	-	-	-	-	-	-	-
400 A.E. < P < 2.000 A.E.	5	8	-	2	-	502	-	9
2.000 A.E. ≤ P < 10.000 A.E.	3	5	1	-	1.932	-	10	-
10.000 A.E. ≤ P < 50.000 A.E.	3	4	1	1	5.000	147	6	0,1
Totale	21	17	2	2	6.932	649	6	0,5

Fonte: elaborazione Studio Ecotecnico su dati Provincia di Bolzano, 2010 e su dati SIRE, 2013

1.3.3. Veneto

Relativamente agli impianti di depurazione ubicati al di sopra dei 1.000 m s.l.m. presenti in Veneto, sono state consultate le informazioni presenti nel database regionale dei depuratori (disponibile al seguente indirizzo <http://dati.veneto.it/dataset/elenco-depuratori-pubblici>); le informazioni disponibili si riferiscono solamente alla potenzialità autorizzata ed all'altitudine.

In Veneto sono presenti 8 depuratori a quota superiore ai 1.000 m s.l.m. e la potenzialità autorizzata complessiva è pari a 50.986 A.E.. Il 76% del carico di progetto è imputabile ai 2 impianti appartenenti alla classe di potenzialità 10.000 – 50.000 A.E. (tabella 1.17).

Tabella 1.16 – Veneto: impianti di depurazione ubicati a quota superiore a 1.000 m s.l.m..

N°	Nome impianto	Provincia	Altitudine [m s.l.m.]	Potenzialità autorizzata [A.E.]
1	Asiago	Vicenza	1.001	20.000
2	Cortina d'Ampezzo	Belluno	1.211	18.500
3	San Vito di Cadore	Belluno	1.010	7.850
4	Livinallongo del Col di Lana	Belluno	1.475	2.000
5	San Pietro di Cadore	Belluno	1.100	1.000
6	Zoldo Alto	Belluno	1.177	636
7	Erbezzo	Verona	1.118	500
8	Roana	Vicenza	1.001	500

Fonte: elaborazione Studio Ecotecno su dati ARPAV, 2012

Tabella 1.17 – Veneto: impianti di depurazione ubicati in zone montane suddivisi per classe di potenzialità.

Classi di potenzialità	Numero impianti	% Numero impianti	A.E. progetto	% A.E. progetto
P ≤ 50 A.E.	-	-	-	-
50 A.E. < P ≤ 100 A.E.	-	-	-	-
100 A.E. < P ≤ 400 A.E.	-	-	-	-
400 A.E. < P < 2.000 A.E.	4	50	2.636	5
2.000 A.E. ≤ P < 10.000 A.E.	2	25	9.850	19
10.000 A.E. ≤ P < 50.000 A.E.	2	25	38.500	76
Totale	8	100	50.986	100

Fonte: elaborazione Studio Ecotecno su dati ARPAV, 2012

CAPITOLO 2. Analisi dello stato di funzionamento degli impianti di alta montagna in regione lombardia

In questo capitolo vengono presi in considerazione gli impianti lombardi di maggiore dimensione localizzati al di sopra dei 1.000 m s.l.m.; sulla base dell'elaborazione dei dati gestionali vengono analizzati lo stato di funzionamento e le prestazioni ottenute in relazione allo schema impiantistico presente.

2.1 Modalità di acquisizione dei dati gestionali

Per ciascun impianto sono state recuperate informazioni riguardanti la potenzialità di progetto, lo schema di trattamento e la tipologia di recapito; tali dati sono stati desunti dal Database regionale riguardante gli impianti di depurazione presenti in Lombardia (aggiornamento 24 settembre 2013).

Poiché non erano disponibili informazioni riguardanti le dimensioni dei principali comparti, la tipologia di fognatura a servizio dell'impianto, la presenza o meno di una fase di rimozione spinta dell'azoto (ad esempio con trattamenti di nitrificazione e denitrificazione), è stato inviato un questionario (figura 2.1) ai gestori con la richiesta di tali dati.

Al fine di valutare la funzionalità degli impianti considerati sono stati inoltre reperiti i dati gestionali (riferiti ad un anno di funzionamento) riguardanti gli esiti dei controlli ed autocontrolli (per il 2012): in particolare sono disponibili le concentrazioni degli inquinanti monitorati in ingresso ed in uscita dall'impianto, nonché le portate medie giornaliere trattate.

Figura 2.1 – Fac-simile del questionario inviato ai gestori degli impianti.

1. Nome impianto di depurazione:	
2. Gestore:	
3. Schema impiantistico:	
<u>Linea acque</u>	
Grigliatura grossolana	<input type="checkbox"/>
Grigliatura fine	<input type="checkbox"/>
Dissabbiatura	<input type="checkbox"/>
Disoleatura	<input type="checkbox"/>
Chiariflocculazione	<input type="checkbox"/>
Sedimentazione primaria	<input type="checkbox"/>
Ossidazione biologica (sola rimozione sost. organica)	<input type="checkbox"/>
Ossidazione-nitrificazione	<input type="checkbox"/>
Denitrificazione	<input type="checkbox"/> (se presente specificare lo schema previsto: es. pre-denitrificazione, post-denitrificazione, ecc.)
Sedimentazione secondaria	<input type="checkbox"/>
Altro trattamento	<input type="checkbox"/> (specificare)
Defosfatazione	<input type="checkbox"/> (se presente specificare lo schema previsto: es. in simultanea, post-denitrificazione, ecc.)
Trattamenti di affinamento	<input type="checkbox"/> (se presenti specificare i trattamenti presenti:)
.....	
Disinfezione finale	<input type="checkbox"/> (tipologia reagente)
<u>Linea fanghi</u>	
Pre-ispessimento	<input type="checkbox"/>
Digestione aerobica	<input type="checkbox"/>
Digestione anaerobica	<input type="checkbox"/>
Post-ispessimento	<input type="checkbox"/>
Disidratazione meccanica	<input type="checkbox"/> (specificare macchinario utilizzato)
Altro trattamento	<input type="checkbox"/> (specificare)
4. Dimensione dei principali comparti: specificare le dimensioni dei comparti principali quali:	
sedimentazione primaria	
ossidazione (eventualmente con nitrificazione)	
denitrificazione	
sedimentazione secondaria	
5. Tipologia fognatura:	
Mista	<input type="checkbox"/>
Separata	<input type="checkbox"/>

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnò

2.2 Modalità di elaborazione dei dati gestionali

In questo paragrafo vengono riportati i criteri generali in base ai quali sono stati elaborati i dati gestionali dei diversi depuratori al fine di valutarne l'efficienza. Le indicazioni riportate sono state desunte principalmente dal Rapporto ISPRA n.93/2009.

La funzionalità degli impianti è valutata per un periodo di funzionamento in condizioni ragionevolmente stabili, indicato come periodo di riferimento: con tale termine si intende un intervallo di tempo nel quale le variabili prese in considerazione (ad esempio portata, concentrazione dei principali parametri inquinanti, parametri operativi, ecc.) non subiscono variazioni significative.

2.2.1. Calcolo dei carichi

La determinazione dei carichi inquinanti è utile sia per valutare il grado di sovraccarico dell'impianto (ad esempio confrontando i carichi in ingresso con la potenzialità di progetto), sia per la quantificazione dei rendimenti di rimozione degli inquinanti (differenza tra i carichi in ingresso e i carichi in uscita).

Per ogni parametro chimico-fisico monitorato in ingresso ed in uscita dall'impianto, è possibile calcolare il carico medio, relativo al periodo di riferimento.

Il carico giornaliero (espresso in kg/d) è definito come prodotto tra la concentrazione del generico parametro X in un determinato giorno e la relativa portata giornaliera.

$$Carico_{giornaliero} = \frac{C \cdot Q_d}{1.000}$$

dove:

C : concentrazione del generico parametro X [mg/L];

Q_d : portata media giornaliera [m³/d].

Una volta ottenuti tutti i valori dei carichi per tutti i giorni di un periodo di riferimento si può calcolare il carico medio giornaliero riferito al periodo (espresso sempre in kg/d) eseguendo la media aritmetica dei carichi giornalieri calcolati come sopra:

$$Carico_{medio-giornaliero} = \frac{\sum_{i=1}^n Carico_i}{n}$$

dove:

$Carico_i$: carico i -esimo [kg/d];

n : numero di dati utilizzati.

2.2.2. Valutazione delle prestazioni

Una volta determinati i carichi medi relativi ad un determinato periodo di riferimento, si può calcolare il rendimento di rimozione per ciascun parametro.

Il rendimento (in termini percentuali) si determina in base alla seguente espressione:

$$\eta = \frac{X_{IN} - X_{OUT}}{X_{IN}} \cdot 100$$

dove:

X_{IN} : carico medio giornaliero in ingresso all'impianto relativo al parametro X [kg/d];

X_{OUT} : carico medio giornaliero in uscita dall'impianto relativo al parametro X [kg/d].

In particolare, per quanto riguarda l'azoto, il calcolo del rendimento di rimozione deve tener conto di tutte le forme (azoto organico + azoto inorganico) e viene calcolato nel seguente modo:

$$\eta_{N_{tot}} = \left(\frac{N_{TOT,IN} - N_{TOT,OUT}}{N_{TOT,IN}} \right) \cdot 100$$

dove:

N_{TOT} : carico medio giornaliero di tutte le forme di azoto $(TKN + N - NO_3^- + N - NO_2^-)$
rispettivamente in ingresso $(N_{TOT,IN})$ ed in uscita $(N_{TOT,OUT})$ [kg/d].

Qualora la linea di trattamento presenti una fase di nitrificazione e una di denitrificazione il rendimento dei singoli trattamenti può essere calcolato come segue.

Rendimento di nitrificazione

Il rendimento di nitrificazione è dato dal rapporto tra l'azoto nitrificato (ottenuto come differenza tra il TKN in ingresso, il TKN in uscita e l'azoto assimilato dalla biomassa) e l'azoto che può essere nitrificato (ottenuto come differenza tra il TKN in ingresso e l'azoto assimilato dalla biomassa):

$$\eta_{NIT} = \left(\frac{TKN_{IN} - TKN_{OUT} - N_{ass}}{TKN_{IN} - N_{ass}} \right) \cdot 100$$

dove:

TKN : carico medio giornaliero dell'azoto totale Kjeldahl $(N - NH_4^+ + N_{organico})$ rispettivamente in ingresso (TKN_{IN}) ed in uscita (TKN_{OUT}) [kg/d];

N_{ass} : carico medio giornaliero di azoto assimilato dalla biomassa, che può essere quantificato, in prima approssimazione, nel 5% del BOD abbattuto [kg/d].

Rendimento di denitrificazione

Il rendimento di denitrificazione è dato dal rapporto tra l'azoto effettivamente denitrificato (ottenuto come differenza tra azoto totale in ingresso, azoto totale in uscita e azoto assimilato dalla biomassa) e l'azoto "denitrificabile" (ottenuto come differenza tra azoto totale in ingresso, TKN in uscita e azoto assimilato dalla biomassa (N_{ass})):

$$\eta_{DEN} = \left(\frac{N_{TOT,IN} - N_{TOT,OUT} - N_{ass}}{N_{TOT,IN} - TKN_{OUT} - N_{ass}} \right) \cdot 100$$

dove:

N_{TOT} : carico medio giornaliero di tutte le forme di azoto $(TKN + N - NO_3^- + N - NO_2^-)$ rispettivamente in ingresso $(N_{TOT,IN})$ ed in uscita $(N_{TOT,OUT})$ [kg/d];

TKN_{OUT} : carico medio giornaliero dell'azoto totale Kjeldahl $(N - NH_4^+ + N_{organico})$ in uscita [kg/d];

N_{ass} : carico medio giornaliero di azoto assimilato dalla biomassa, che può essere quantificato, in prima approssimazione, nel 5% del BOD abbattuto [kg/d].

2.2.3. Verifiche di dimensionamento

Le verifiche di dimensionamento consistono nella valutazione (nelle diverse condizioni di funzionamento dell'impianto) dei parametri di dimensionamento dei principali comparti. Di seguito sono riportati i criteri per il calcolo di tali parametri sulla base dei dati gestionali.

Carico del fango

Il carico del fango è definito come rapporto tra il carico di substrato alimentato al comparto biologico ed il quantitativo di biomassa presente nel reattore; il carico del fango riferito al generico giorno i -esimo si calcola nel seguente modo:

$$C_{Fi} = \frac{CaricoBOD_i}{V \cdot X_i}$$

dove:

$$C_{F,i} : \text{carico del fango relativo al giorno i-esimo} \left[\frac{\text{kgBOD}_5}{\text{kgSST} \cdot d} \right];$$

$CaricoBOD_i$: carico di BOD5 in ingresso al comparto biologico¹ nel giorno i-esimo [kgBOD5/d];

X_i : concentrazione della biomassa (solidi sospesi totali) in vasca di ossidazione nel giorno i-esimo [kgSST/m3];

V : volume del reattore biologico aerobico [m3].

Il carico del fango medio riferito ad un periodo di durata n giorni si determina eseguendo la media aritmetica dei valori giornalieri C_{Fi} :

$$C_{F\text{medio-periodo}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{Fi}}{n}$$

dove n rappresenta il numero di dati utilizzati.

Velocità di denitrificazione

La velocità di denitrificazione è definita dal rapporto tra il carico di azoto denitrificato ed il quantitativo di biomassa (espressa in termini di solidi sospesi volatili) nel comparto di denitrificazione. La velocità di denitrificazione riferita al generico giorno i-esimo si calcola nel seguente modo:

$$(v_{den})_i = \frac{(CaricoN_{den})_i}{V \cdot X_i \cdot \frac{SSV}{SST}}$$

dove:

$$(v_{den})_i : \text{velocità di denitrificazione relativa al giorno i-esimo} \left[\frac{\text{gN} - \text{NO}_3^-}{\text{kgSSV} \cdot h} \right];$$

$(CaricoN_{den})_i$: carico di azoto denitrificato nel giorno i-esimo [gN-NO3-/h];

X_i : concentrazione della biomassa (solidi sospesi totali) in vasca di ossidazione nel giorno i-esimo [kgSST/m3];

¹ In presenza di sedimentazione primaria, il carico in ingresso al comparto biologico può essere determinato, in assenza di dati specifici, a partire dal carico influente all'impianto e applicando una riduzione del 30% circa. In mancanza di dati sul BOD può essere stimato pari a 0,5 volte il carico di COD (sia in riferimento al carico in ingresso, sia in riferimento al carico a valle della eventuale sedimentazione primaria).

$$\frac{SSV}{SST}$$

SST : rapporto tra i solidi sospesi volatili ed i solidi sospesi totali nel comparto di denitrificazione (generalmente pari a 0,7);

V : volume del reattore di denitrificazione [m³].

Il carico di azoto denitrificato è calcolato mediante la seguente espressione:

$$Carico N_{den} = N_{TOT,IN} - N_{TOT,OUT} - N_{ass}$$

dove

N_{TOT} : carico medio giornaliero di tutte le forme di azoto $(TKN + N - NO_3^- + N - NO_2^-)$ rispettivamente in ingresso $(N_{TOT,IN})$ ed in uscita $(N_{TOT,OUT})$ [g/h];

N_{ass} : carico medio giornaliero di azoto assimilato dalla biomassa, che può essere quantificato, in prima approssimazione, nel 5% del BOD abbattuto [g/h].

La velocità di denitrificazione media riferita ad un periodo di durata n giorni si determina eseguendo la media aritmetica dei valori giornalieri $(v_{den})_i$:

$$(v_{den})_{medio-periodo} = \frac{\sum_{i=1}^n (v_{den})_i}{n}$$

dove n rappresenta il numero di dati utilizzati.

È importante sottolineare il fatto che la velocità di denitrificazione è sensibilmente influenzata dalla temperatura di processo attraverso la seguente espressione

$v_{den,T} = v_{den,20} \cdot \alpha^{(T-20)}$, dove T è la temperatura (°C), α assume generalmente un valore di 1,1 e

$v_{den,20}$ rappresenta la velocità di denitrificazione a 20 °C e dipende dal tipo di substrato carbonioso impiegato (tabella 3.1).

Tabella 3.1 – Valori della velocità di denitrificazione a 20 °C in funzione del tipo di substrato carbonioso utilizzato.

Fonte di carbonio	$v_{den,20} \left[\frac{gN - NO_3^-}{kgSSV \cdot h} \right]$
Liquame urbano grezzo	3
Metanolo	7
Carbonio endogeno	0,3

Fonte: Vismara, 1998

Flusso solido

Il flusso solido FS (kgSST/(m²*h)) è un parametro indicatore della funzionalità del processo della sedimentazione secondaria. Il flusso solido (o carico specifico di solidi sospesi) è dato dalla seguente espressione:

$$FS = \frac{(Q_{24} + Q_{RF}) \cdot X}{S_{sed}}$$

dove

Q_{RF} : portata del fango di ricircolo [m³/h];

Q_{24} : portata media oraria [m³/h];

X : concentrazione di fango (solidi sospesi totali) nella miscela aerata [kgSST/m³];

S_{sed} : superficie del decantatore [m²].

Carico idraulico superficiale

Il carico idraulico superficiale c_i (m/h), parametro di processo della sedimentazione, è dato

dal rapporto fra la portata media oraria $Q_{24} \left(= \frac{Q_d}{24} \right)$, espressa in m³/h, e la superficie del decantatore (S_{sed}), espressa in m²:

$$c_i = \frac{Q_{24}}{S_{sed}}$$

Tempo di permanenza

Il tempo medio di residenza idraulica (T_p), espresso in ore, in un determinato reattore è dato dal rapporto fra il volume del reattore stesso (V), espresso in m³ e la portata (espressa in m³/h) che vi transita

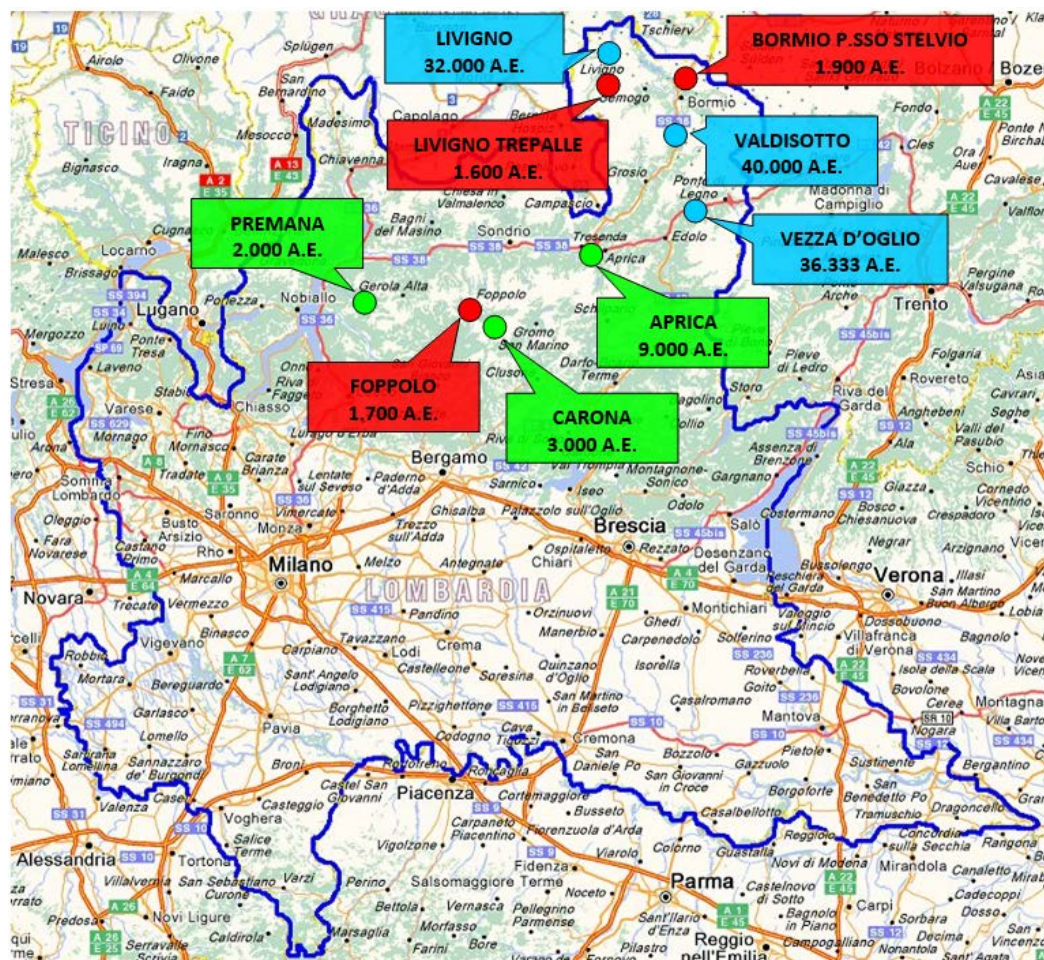
$$T_p = \frac{V}{Q_{24}}$$

2.3 Impianti considerati nel corso dell'indagine

Per quanto riguarda la valutazione della funzionalità dei depuratori lombardi ubicati a quota superiore a 1.000 m s.l.m., sono stati presi in considerazione 9 impianti (con riferimento alla tabella 1.1 del capitolo 1, dal n° 1 al n° 9).

Nella figura 2.2 è rappresentata la localizzazione geografica degli impianti considerati (con le rispettive potenzialità di progetto).

Figura 2.2 – Localizzazione geografica degli impianti considerati nell'indagine.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2013

2.3.1. Impianto di Valdisotto (SO)

Descrizione dell'impianto

L'impianto di depurazione di Valdisotto (attivato nel 1991) è a servizio del comprensorio territoriale dell'Alta Valtellina costituito dai comuni di Bormio, Santa Caterina Valfurva, Valdidentro, Valdisotto. La fognatura che convoglia i reflui all'impianto è di tipo misto.

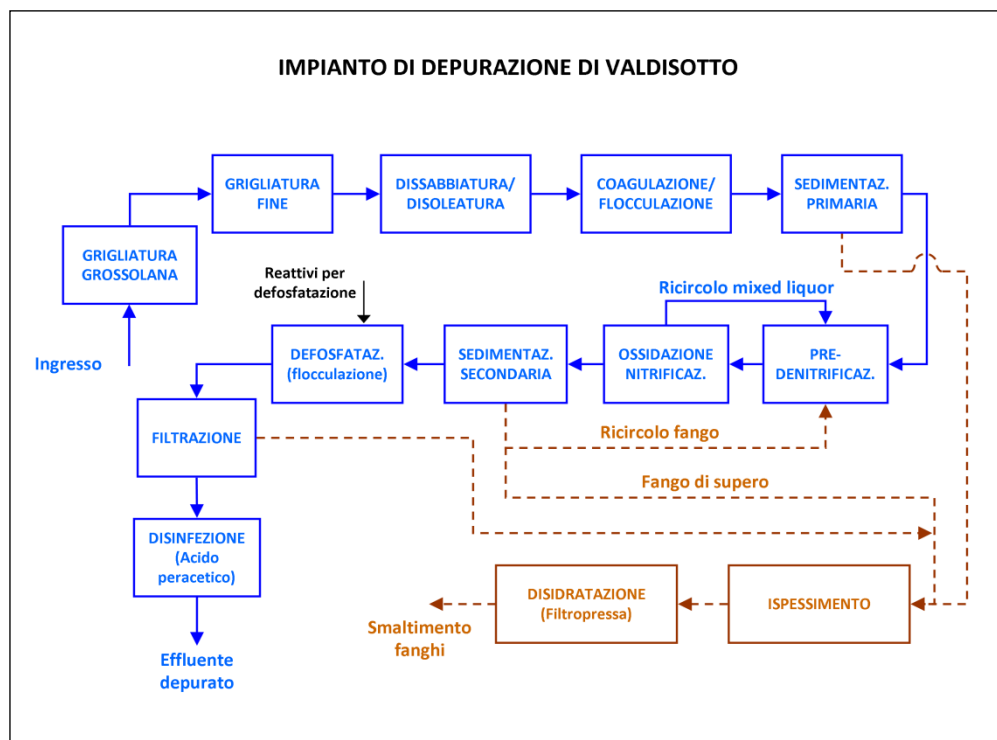
L'impianto è ubicato ad una quota di 1.120 m s.l.m. e scarica nel Fiume Adda.

La potenzialità di progetto è pari a 40.000 A.E.; i carichi e le portate alimentate all'impianto risentono notevolmente dell'andamento turistico stagionale.

Nella figura 2.3 è riportato lo schema di trattamento. Si può notare che, dopo il trattamento di dissabbiatura/disoleatura, è previsto un comparto di coagulazione-flocculazione. La rimozione dell'azoto avviene mediante uno schema di pre-denitrificazione ed ossidazione-nitrificazione. Infine è previsto un trattamento di flocculazione e successiva filtrazione per l'abbattimento del fosforo.

Sia in ingresso che in un uscita è presente un misuratore di portata ed un campionatore automatico.

Figura 2.3 – Valdisotto: schema di trattamento dell'impianto di depurazione.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati Società Multiservizi Alta Valle S.p.A., 2014

Nella tabella 2.2 sono riportate le dimensioni geometriche dei principali comparti.

Tabella 2.2 – Valdisotto: dimensioni geometriche dei comparti principali.

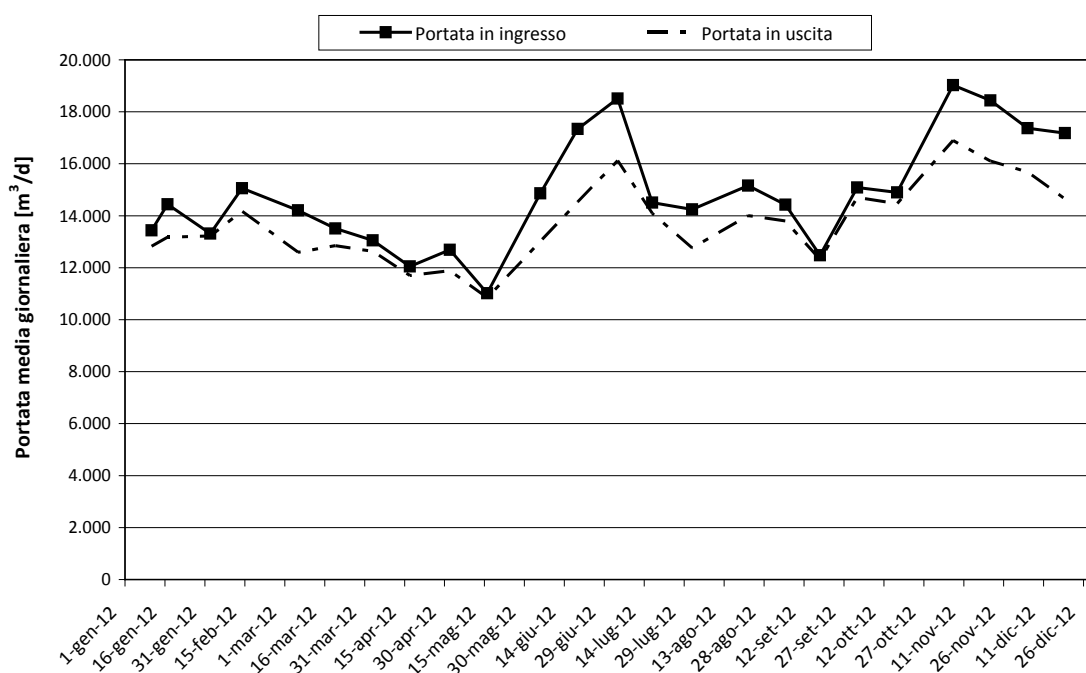
COMPARTO	Numero unità	Superficie tot. [m ²]	Volume tot. [m ³]
Sedimentazione primaria	2	432	1.080
Denitrificazione	1	222	844
Ossidazione-nitrificazione	1	222	910
Sedimentazione secondaria	2	768	1.843

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati Società Multiservizi Alta Valle S.p.A., 2014

Caratteristiche del liquame influente

L'andamento temporale della portata media giornaliera in ingresso e in uscita dall'impianto è riportato nella figura 2.4. La portata media giornaliera trattata è di circa 14.800 m³/d; nei mesi di novembre e dicembre si arriva ad un valore medio di 18.000 m³/d, mentre da giugno ad agosto si registrano 15.700 m³/d.

Figura 2.4 – Valdisotto: portata media giornaliera in ingresso e in uscita dall'impianto.

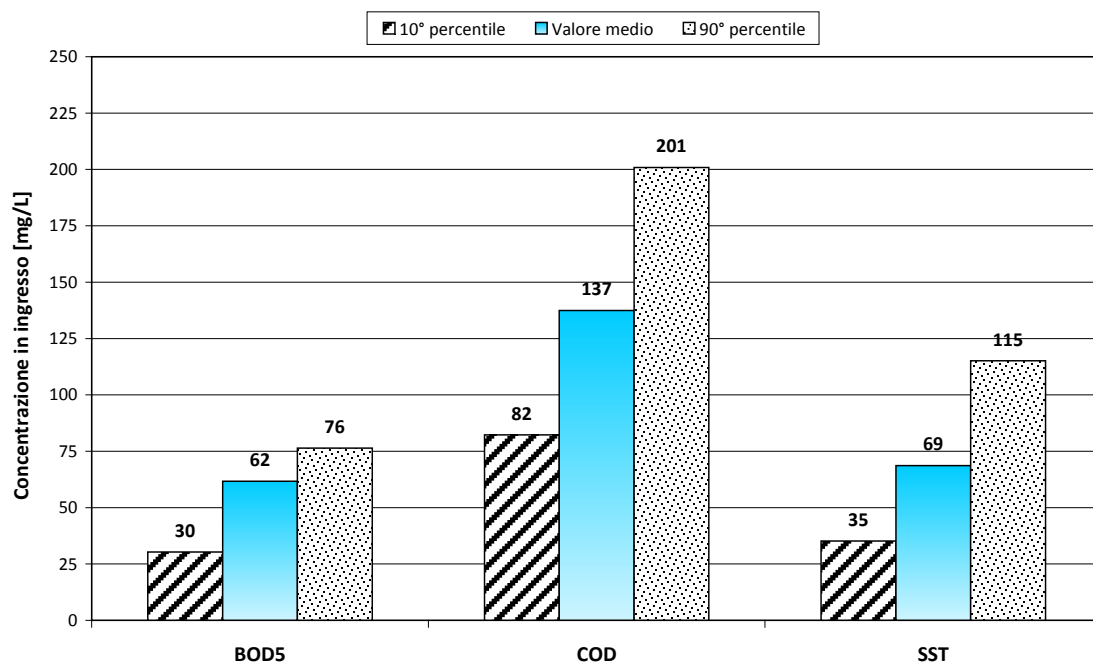


Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Nelle figure 2.5 ÷ 2.7 sono riportate le concentrazioni degli inquinanti (valore medio, 10° e 90° percentile) misurati in ingresso all'impianto di depurazione.

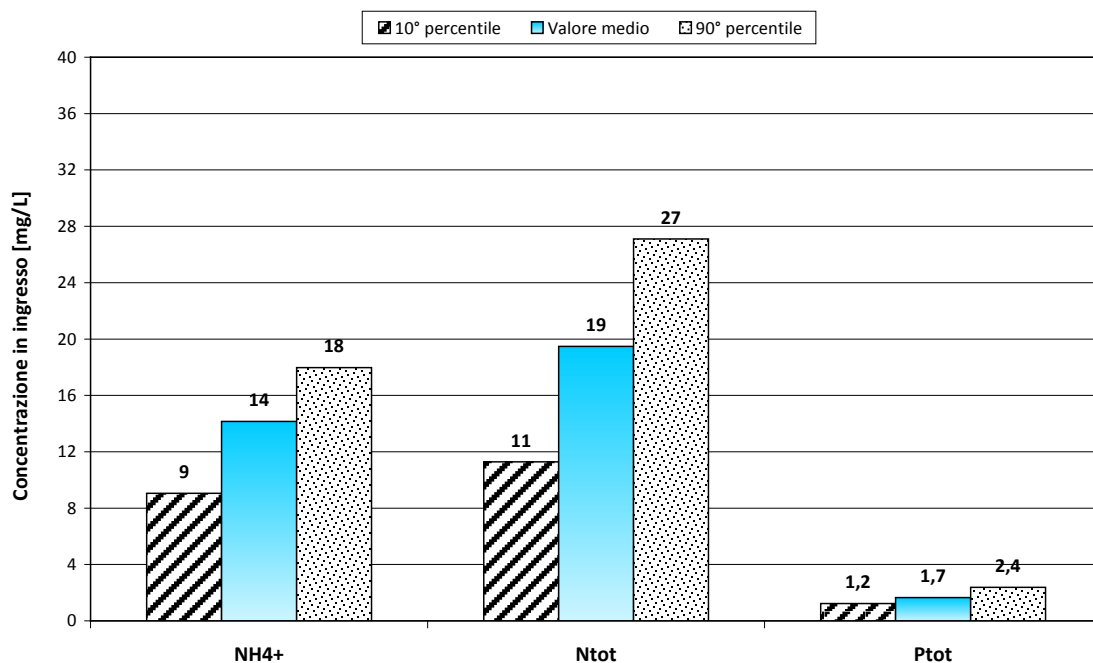
Le concentrazioni di BOD₅, COD, SST e N_{tot} e P_{tot} sono inferiori rispetto a quelle normalmente rilevate per un liquame di natura domestica, denotando un notevole fenomeno di diluizione, soprattutto nei periodi riconducibili al fenomeno del disgelo. Per quanto riguarda azoto e fosforo, non si osservano particolari carenze rispetto ad un liquame di origine domestica.

Figura 2.5 – Valdisotto: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all’impianto.



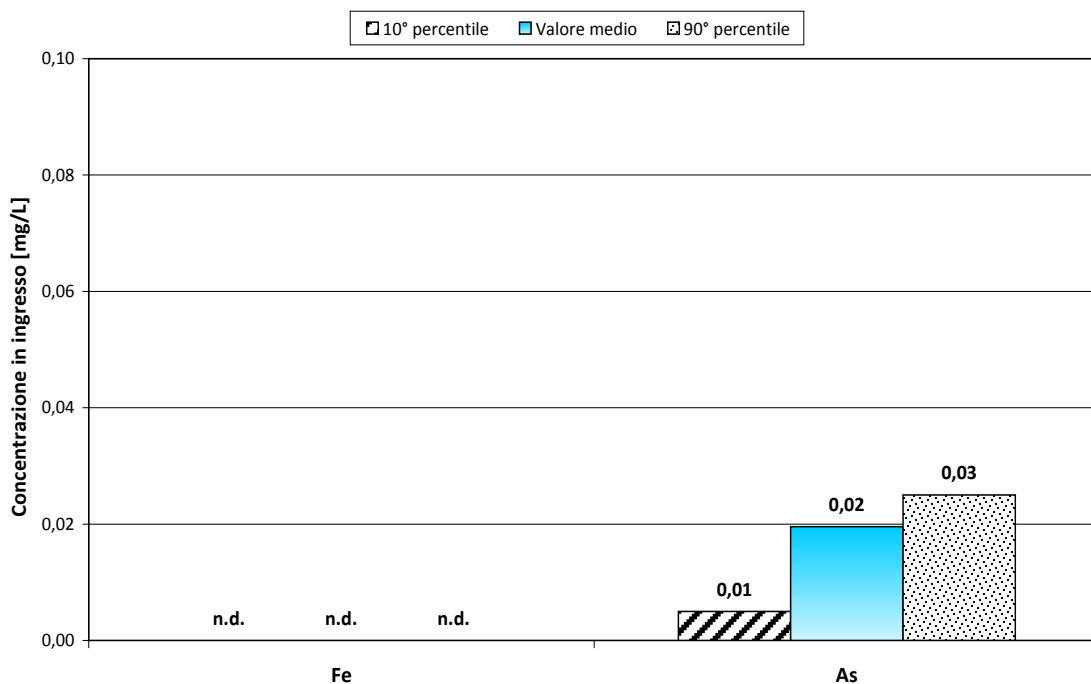
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.6 – Valdisotto: concentrazioni di NH4+, Ntot e Ptot (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all’impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.7 – Valdisotto: concentrazioni di Fe e As (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

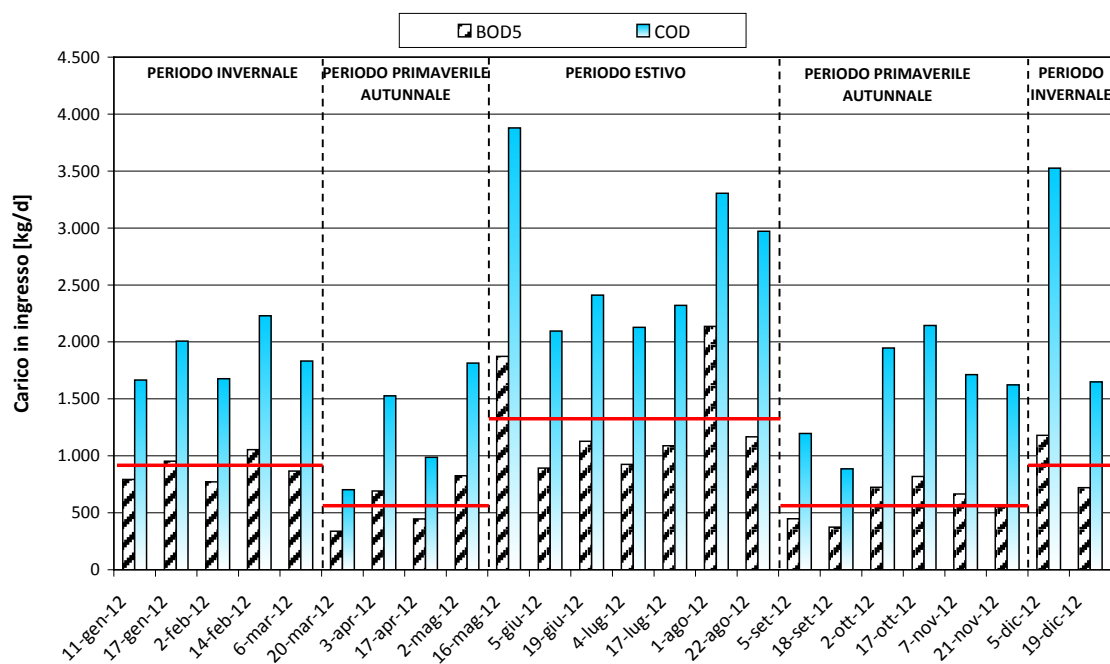
Nelle figure 2.8 ÷ 2.11 sono riportati gli andamenti dei carichi di BOD5, COD, SST, Ntot e Ptot in ingresso all'impianto.

Sulla base dei valori di BOD5 si possono individuare tre periodi di riferimento:

20. - periodo invernale (dicembre-inizio marzo), dove il carico trattato si attesta a 15.000 A.E.;
21. - periodo estivo (metà maggio-settembre), in cui vengono trattati 22.000 A.E.;
22. - periodo primaverile - autunnale (altri mesi dell'anno), che corrisponde ad un carico trattato pari a 10.000 A.E..

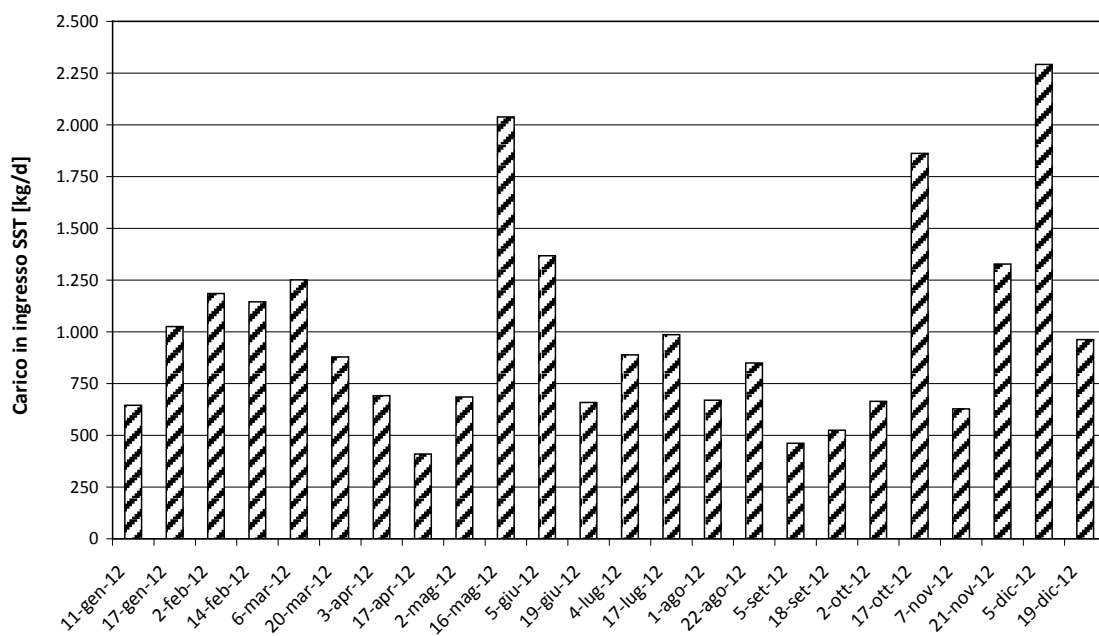
Per quanto riguarda il carico di azoto totale (figura 2.10) si osservano valori più elevati nel periodo estivo rispetto alla restante parte dell'anno.

Figura 2.8 – Valdisotto: carico medio di BOD5 e COD in ingresso all’impianto.



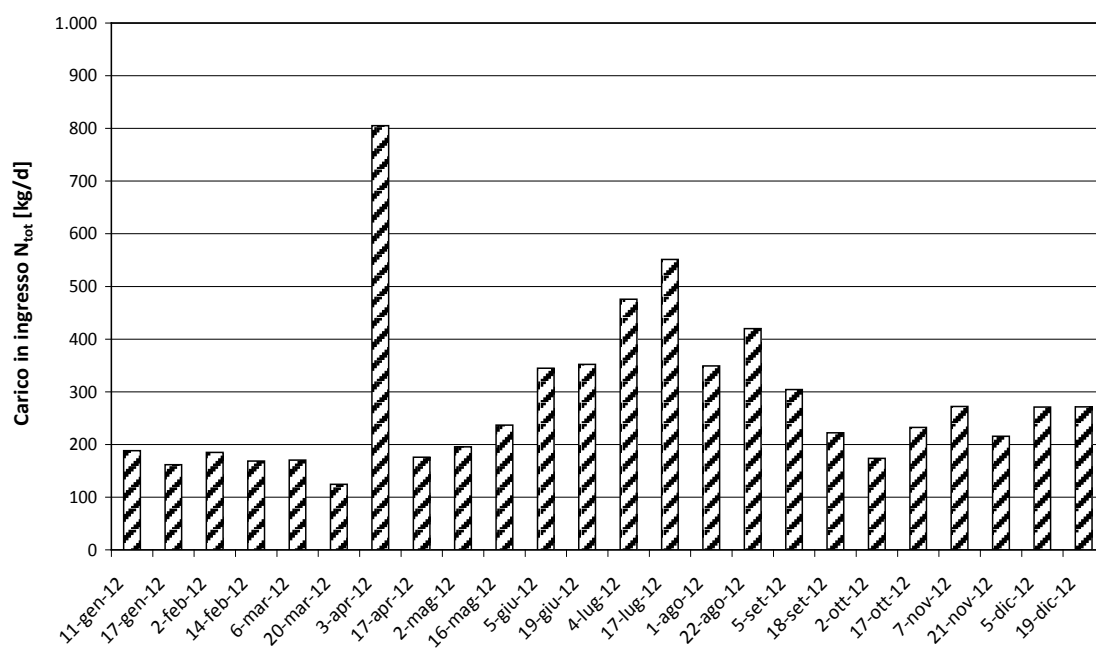
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.9 – Valdisotto: carico medio di SST in ingresso all’impianto.



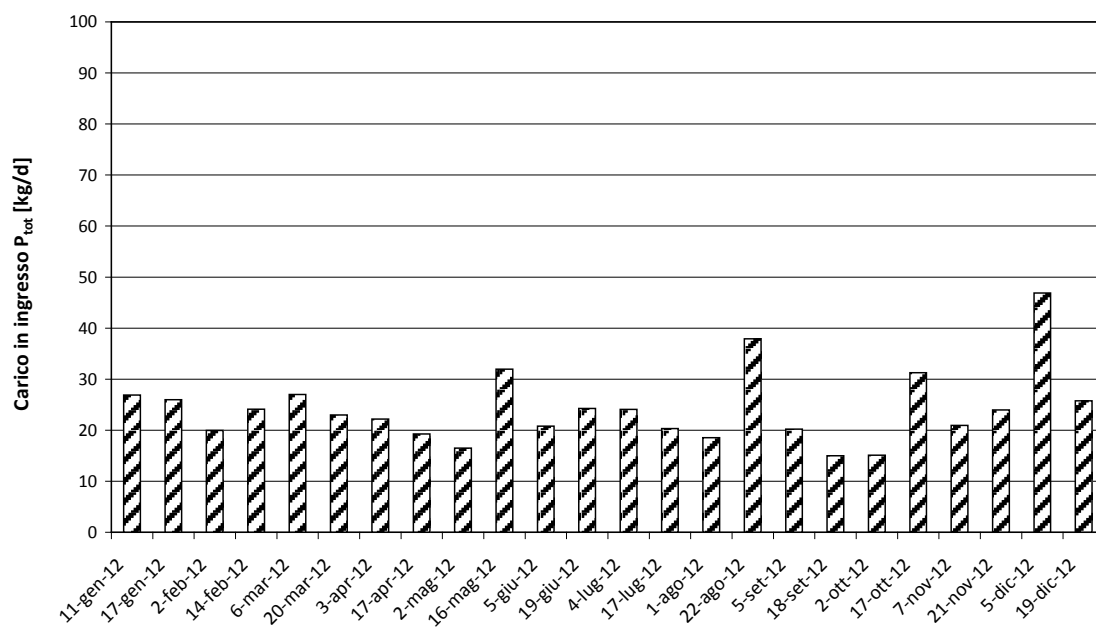
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.10 – Valdisotto: carico medio di N_{tot} in ingresso all'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.11 – Valdisotto: carico medio di P_{tot} in ingresso all'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Caratteristiche dell'effluente depurato

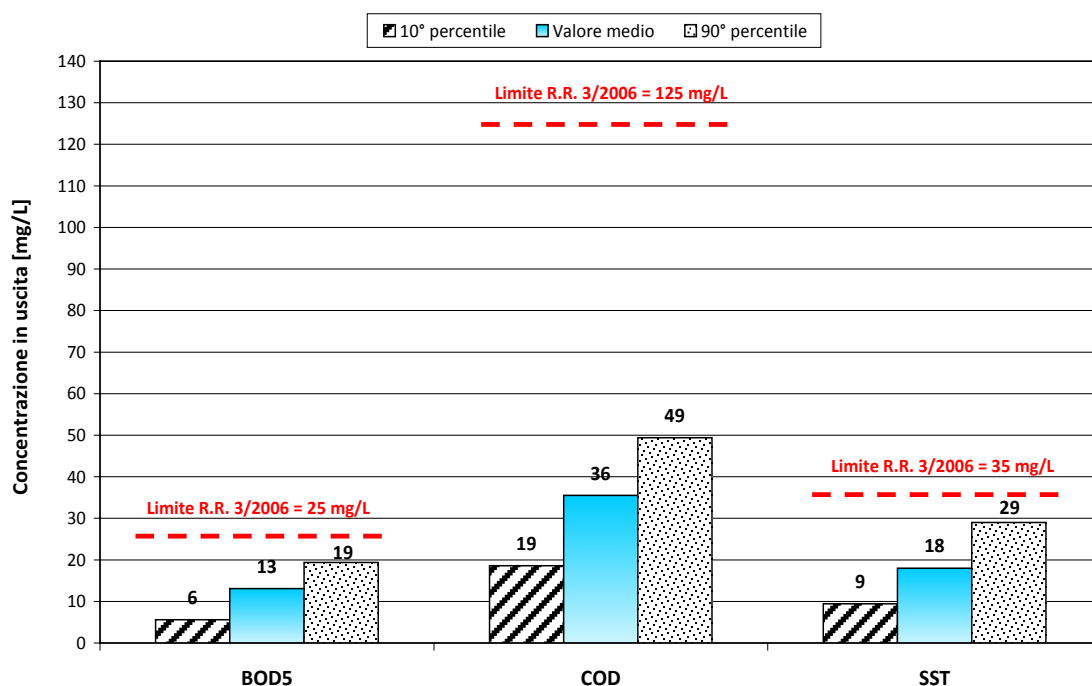
Per quanto riguarda le caratteristiche degli effluenti, nelle figure 2.12 ÷ 2.14 sono indicate le concentrazioni degli inquinanti (valore medio, 10° e 90° percentile) monitorati in uscita; sono inoltre indicati i limiti riportati nel Regolamento Regionale n. 3/2006.

Per quanto concerne BOD5 e COD non si osservano particolari criticità. In merito ai SST, invece, bisogna sottolineare il fatto che le concentrazioni in uscita, che peraltro rispettano il limite di legge, sono superiori ai valori normalmente ottenibili da un trattamento di filtrazione finale (pari a circa 15 mg/L, ISPRA, 2009).

Per quanto riguarda le forme azotate, si osserva una bassa rimozione dell'azoto totale con valori massimi prossimi al limite normativo (15 mg/L). Inoltre, come indicato nell'art. 10 comma 2 del Regolamento Regionale n. 3/2006, gli scarichi in acque superficiali di acque reflue urbane provenienti da agglomerati con popolazione equivalente pari o superiore a 10.000 A.E. devono rispettare i valori limite di azoto totale e di azoto ammoniacale, con una concentrazione media giornaliera di azoto ammoniacale non superiore al 30% dell'azoto totale.

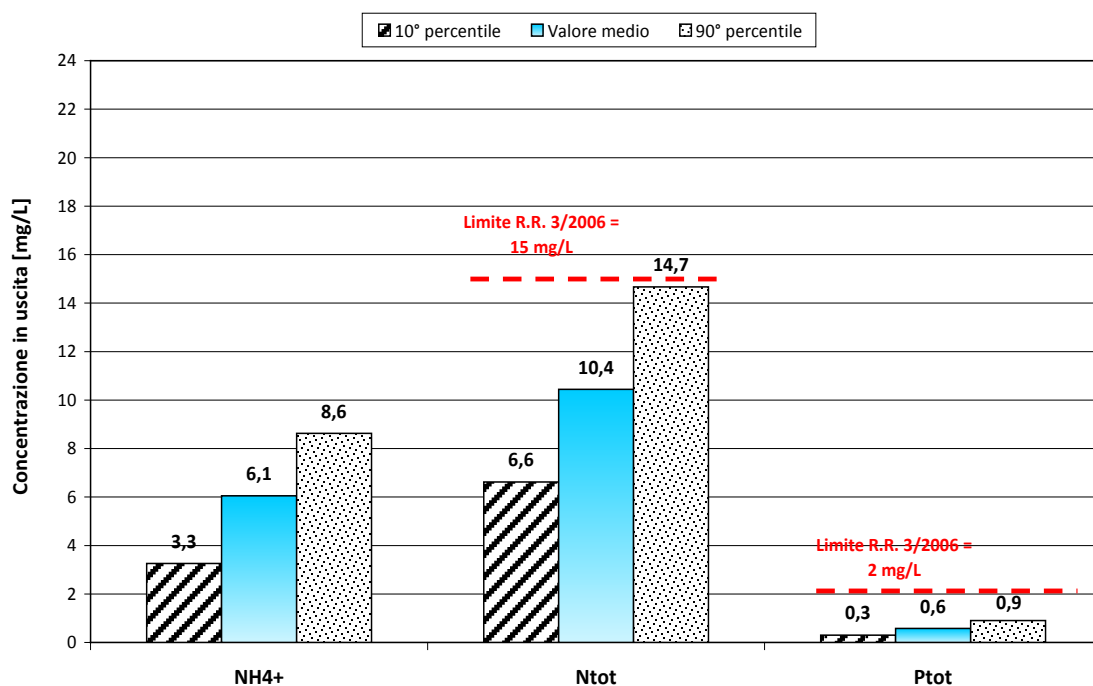
Nel caso in esame, la concentrazione media di azoto ammoniacale (espresso come N) è pari a 4,7 mg/L che risulta superiore al 30% dell'azoto totale ($10,4 \text{ mg/L} \cdot 30\% = 3,12 \text{ mg/L}$).

Figura 2.12 – Valdisotto: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



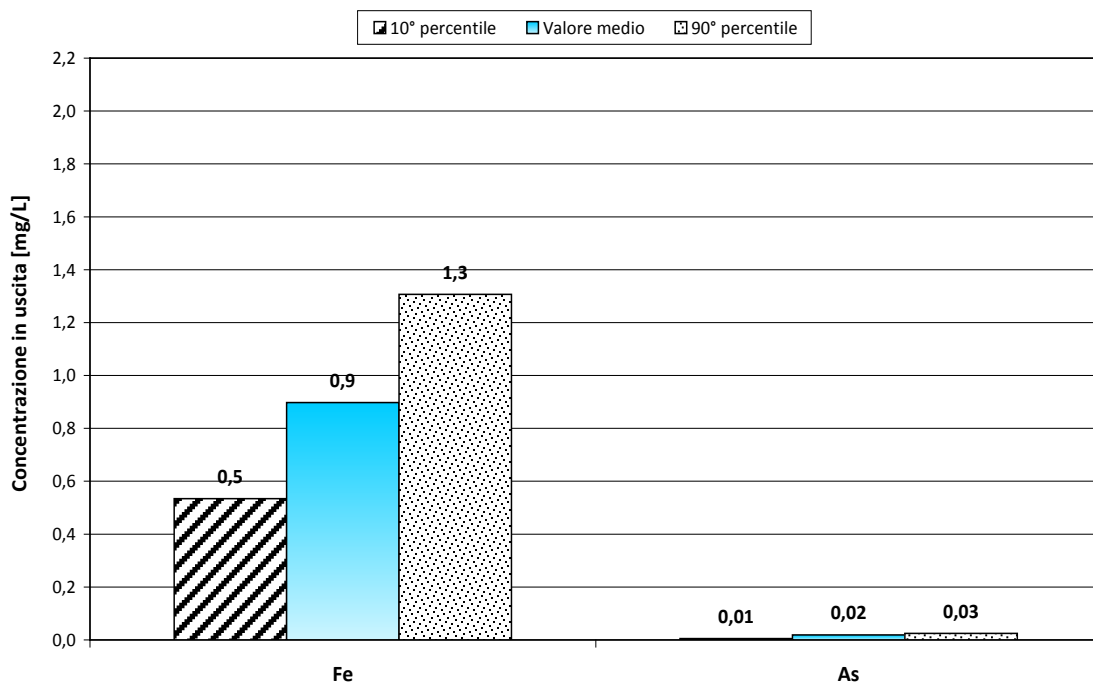
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.13 – Valdisotto: concentrazioni di NH_4^+ , Ntot e Ptot (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.14 – Valdisotto: concentrazioni di Fe e As (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Prestazioni

Osservando i rendimenti medi di rimozione calcolati nei diversi periodi di riferimento (tabella 2.3) si evidenziano valori piuttosto bassi per quasi tutti i parametri inquinanti presi in considerazione, soprattutto nel periodo invernale e primaverile - autunnale.

In particolare, il rendimento di nitrificazione è basso; soprattutto nei mesi invernali si osserva una scarsa nitrificazione. Il rendimento di rimozione del fosforo è ai limiti inferiori, considerando che l'impianto è dotato di un comparto di defosfatazione; tuttavia è sufficiente a mantenere le concentrazioni entro i limiti normativi (anche di futura applicazione – Regolamento Regionale n. 3/2006).

Tabella 2.3 – Valdisotto: rendimenti di rimozione dei principali inquinanti nelle diverse condizioni di funzionamento.

Parametro	Rendimento di rimozione [%]				Rendimenti attesi ¹ [%] (ISPRA, 2009; Bonomo, 2008; Masotti, 2011)
	Periodo invernale	Periodo estivo	Periodo primaverile-autunnale	Intero anno (2012)	
BOD ₅	77	86	73	80	88-98
COD	74	81	69	76	80-85
N _{tot}	26	65	48	50	60-85
TKN	37*	74*	63*	62*	-
P _{tot}	68	71	64	67	70-95

¹ I rendimenti attesi sono in funzione della tipologia di trattamenti presenti.

* Calcolato considerando l'assimilazione di azoto da parte della biomassa pari al 5% del BOD₅ abbattuto.

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Approfondimenti

Nella tabella 2.4 sono riportati i risultati delle verifiche di dimensionamento dei principali comparti nei diversi periodi di funzionamento. Si nota che il comparto di denitrificazione presenta una leggera criticità solamente nei mesi invernali.

Per quanto riguarda la fase di ossidazione-nitrificazione, essa presenta una criticità, in quanto nel periodo estivo il carico del fango non è compatibile con il dato di progetto (dato il volume a disposizione emerge un sensibile sovraccarico organico).

In merito alla sedimentazione secondaria il parametro critico è rappresentato dal flusso solido.

Tabella 2.4 – Valdisotto: risultati della verifica di dimensionamento.

Comparto	Parametro di dimensionamento	Valore ottenuto				Valore atteso	
		Periodo invernale	Periodo estivo	Periodo primaverile-autunnale	Intero anno (2012)		
Sediment. primaria	C	[m h ⁻¹]	1,4	1,4	1,5	1,4	1 – 2
	I.	[h]	1,7	1,8	1,7	1,7	1,5 – 2
Denitrific.	P	[gN-NO ₃ ⁻ kgSSV ⁻¹ h ⁻¹]	0,6	3,5	1,9	2,0	0,7*-1,1**
Ossid-nitrif.	V	[kgBOD ₅ kgSST ⁻¹ d ⁻¹]	0,17	0,25	0,11	0,17	0,1 – 0,15
	den						
Sediment. secondaria	C	[kgSST m ⁻² h ⁻¹]	6,5	6,3	6,6	6,4	5 – 6
	F						
Sediment. secondaria	S.	[m h ⁻¹]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6 – 0,8
	C						
	I.	[h]	2,9	3	2,9	3	3
	T						
	P						

* valore a 5 °C; ** valore a 10 °C; in altri casi è possibile utilizzare la formula $v_{den}(T) = v_{den}(20^{\circ}C) 1,1^{(T-20)}$

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

2.3.2. Impianto di Vezza d'Oglio (BS)

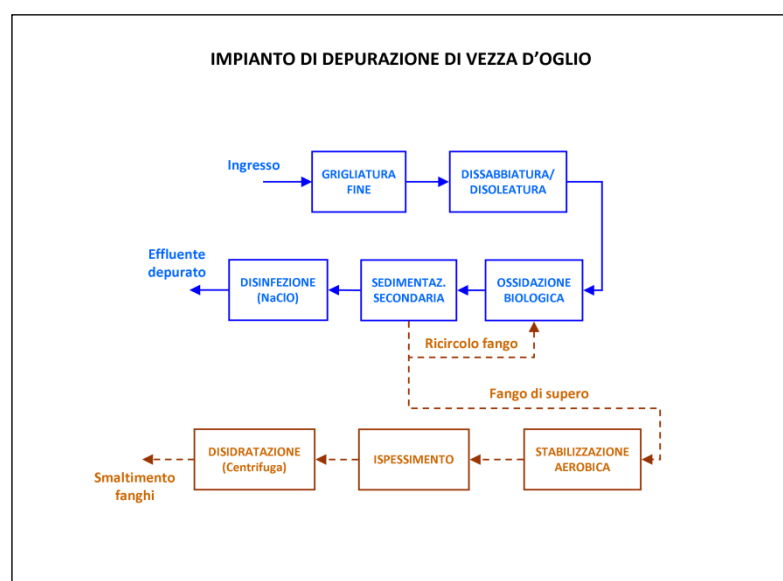
Descrizione dell'impianto

L'impianto di depurazione di Vezza d'Oglio (attivato nel 1995) è a servizio dei seguenti comuni: Temù, Ponte di Legno, Vezza d'Oglio, Vione. La fognatura che convoglia i reflui all'impianto è di tipo misto.

L'impianto scarica nel Fiume Oglio ed ha una potenzialità di progetto pari a 36.333 A.E..

Nella figura 2.15 è riportato lo schema di trattamento dell'impianto. In questo caso non sono previsti trattamenti specifici per la rimozione di azoto e fosforo.

Figura 2.15 – Vezza d'Oglio: schema di trattamento dell'impianto di depurazione.



Nella tabella 2.5 sono riportate le dimensioni geometriche dei principali comparti.

Tabella 2.5 – Vezza d’Oglio: dimensioni geometriche dei comparti principali.

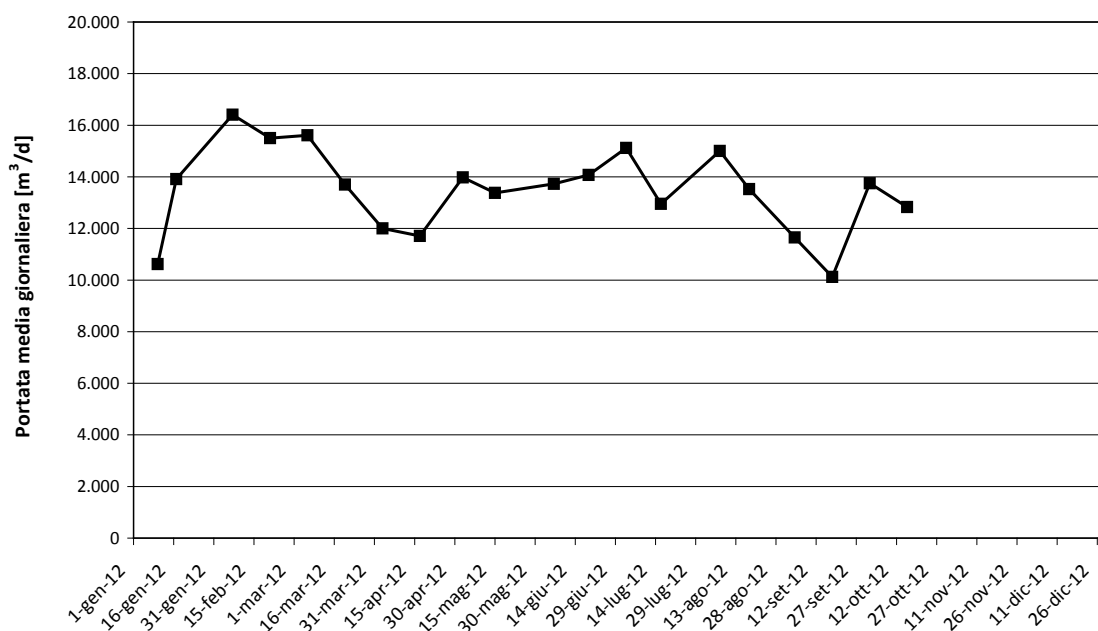
COMPARTO	Numero unità	Superficie tot. [m ²]	Volume tot. [m ³]
Dissabbiatura/disoleatura	1	20	80
Ossidazione	2	480	1.920
Sedimentazione secondaria	3	2.115	8.460
Stabilizzazione aerobica	2	480	1.920
Ispessitore	2	76	266

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati Valle Camonica Servizi S.p.A., 2014

Caratteristiche del liquame influente

La portata media giornaliera in ingresso all’impianto di depurazione, calcolata considerando tutti i dati gestionali a disposizione ad eccezione degli ultimi tre valori (poiché di un ordine di grandezza inferiori rispetto agli altri), è pari a 13.500 m³/d (figura 2.16). Nei mesi invernali ci sono picchi di portata di oltre 15.000 m³/d, mentre nel periodo estivo il valore medio è in linea con quello calcolato prendendo in considerazione tutti i dati.

Figura 2.16 – Vezza d’Oglio: portata media giornaliera in ingresso all’impianto.

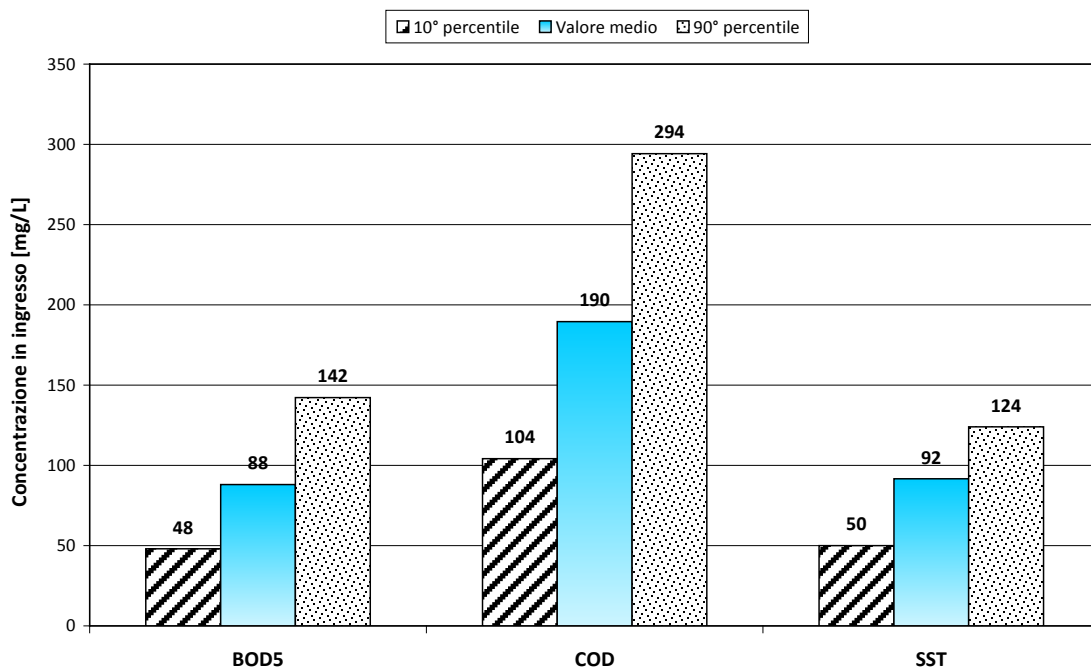


Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Nelle figure 2.17 e 2.18 sono riportate le caratteristiche principali del liquame in ingresso all'impianto; in particolare sono indicate le concentrazioni dei principali inquinanti (valore medio, 10° e 90° percentile).

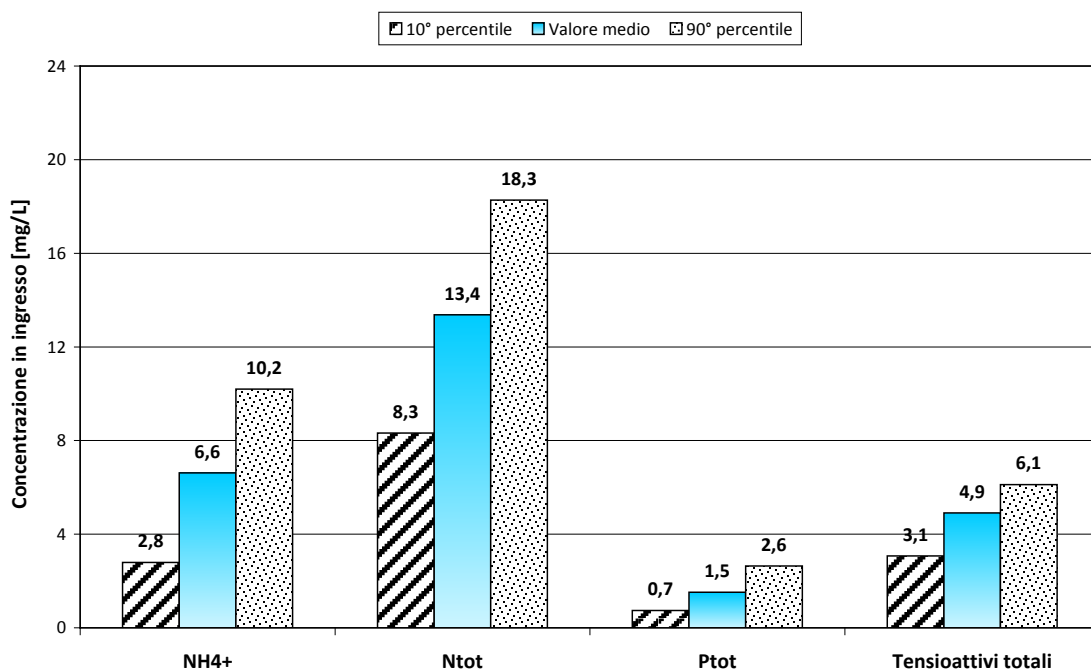
L'effetto di diluizione, rispetto all'impianto di Valdisotto, è decisamente più contenuto. Si osserva invece una leggera carenza di fosforo rispetto ad un liquame "tipico" di origine domestica.

Figura 2.17 – Vezza d'Oglio: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Figura 2.18 – Vezza d'Oglio: concentrazioni di NH_4^+ , Ntot, Ptot e tensioattivi totali (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

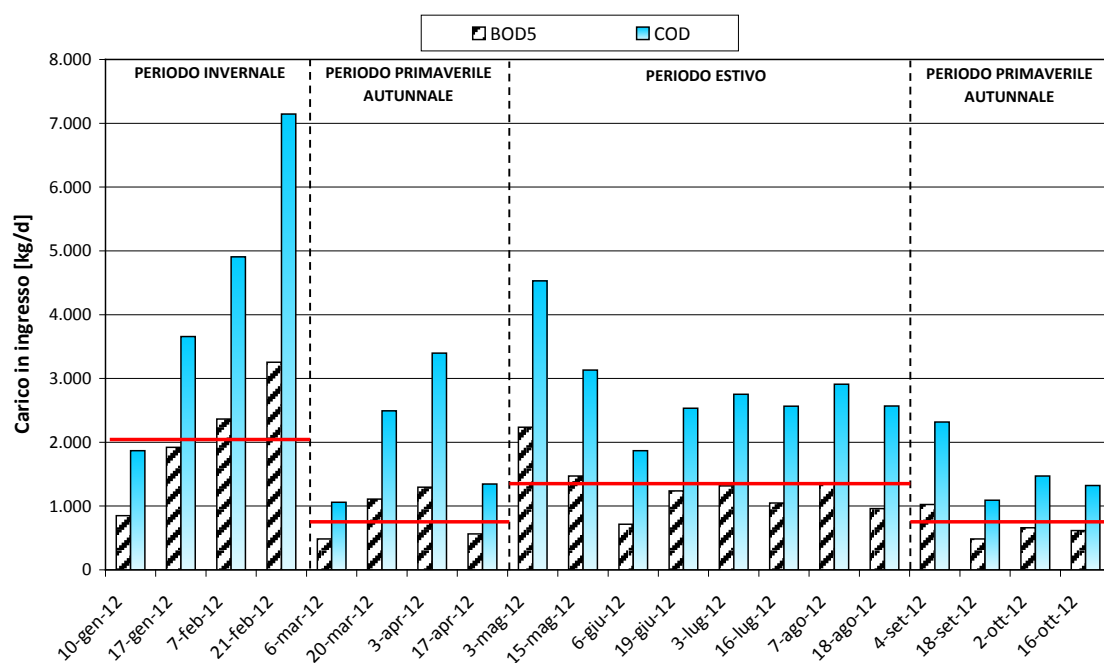
Gli andamenti temporali dei carichi di BOD5, COD, SST, Ntot e Ptot in ingresso all'impianto sono riportati nelle figure 2.19 ÷ 2.22. Analogamente all'impianto precedente, considerando il BOD5, è possibile individuare tre periodi di riferimento:

- 23. - periodo invernale (gennaio-febbraio), dove il carico trattato si attesta a 35.000 A.E.;
- 24. - periodo estivo (maggio-agosto), con un carico trattato pari a 21.500 A.E.;
- 25. - periodo primaverile - autunnale (marzo, aprile, settembre ed ottobre), che corrisponde ad un carico trattato pari a 13.000 A.E..

Prendendo in considerazione tutti i dati, il carico medio trattato si attesta a 21.000 A.E..

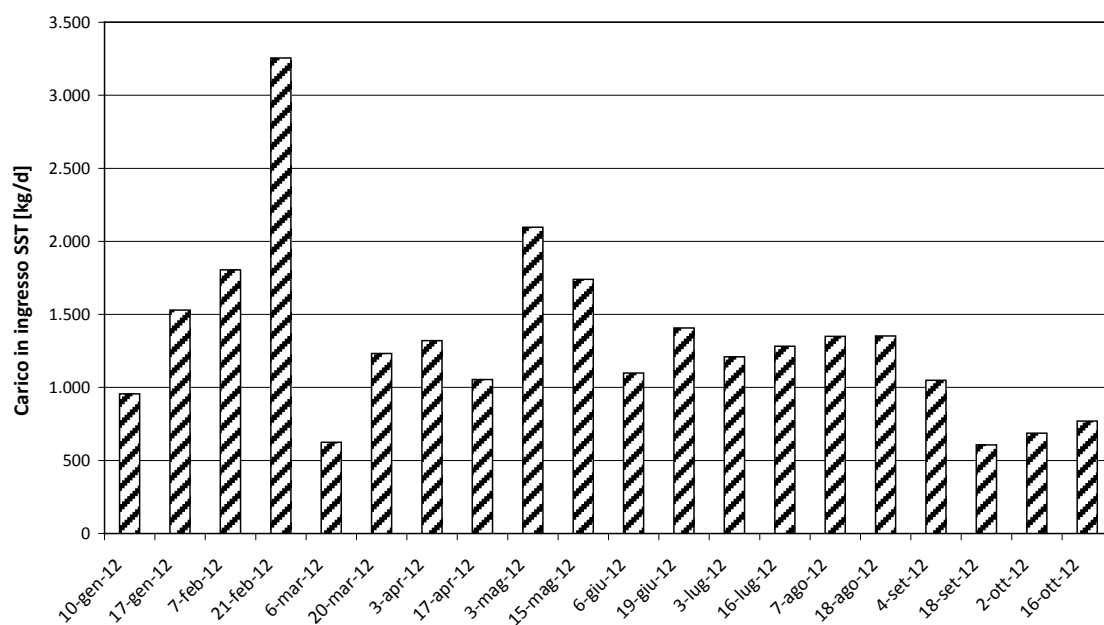
Anche i carichi in ingresso di SST (figura 2.20) ed Ntot (figura 2.21) mostrano andamenti simili a quelli rilevati per BOD5 e COD.

Figura 2.19 – Vezza d'Oglio: carico medio di BOD5 e COD in ingresso all'impianto.



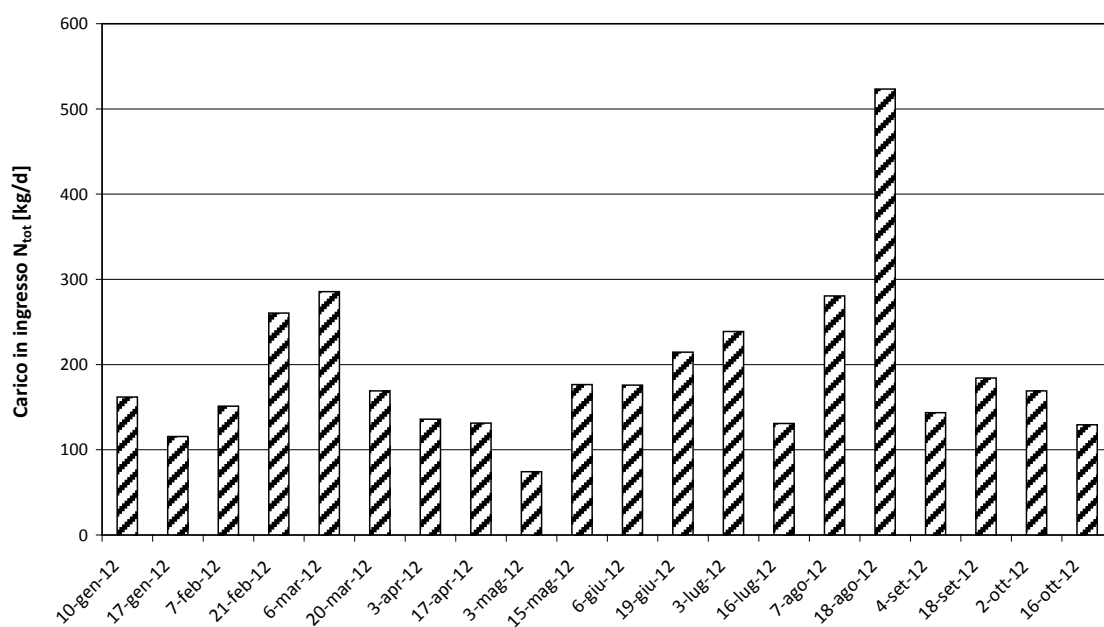
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.20 – Vezza d'Oglio: carico medio di SST in ingresso all'impianto.



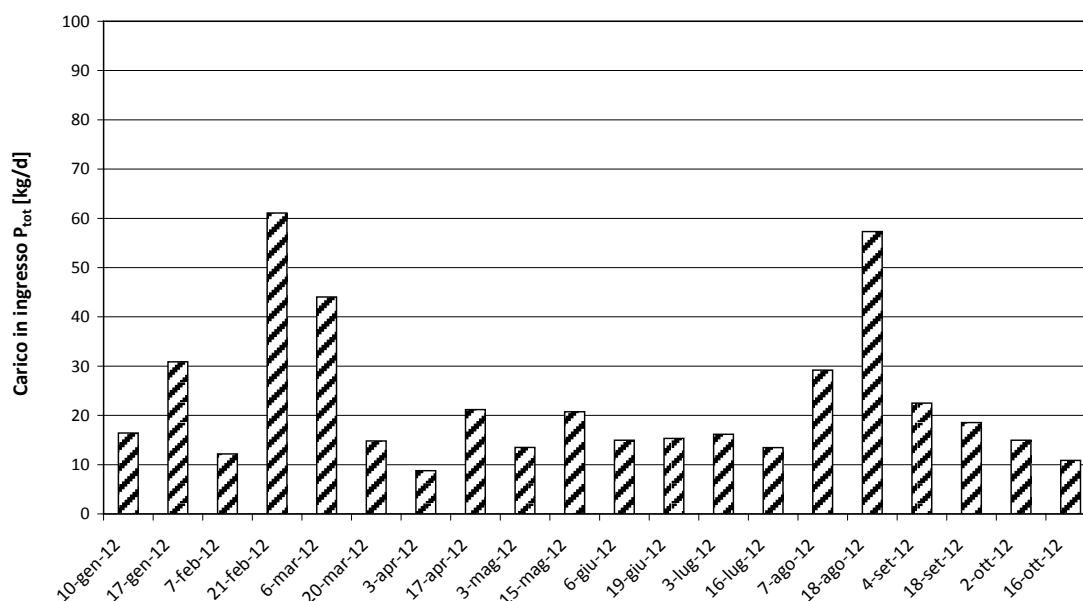
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.21 – Vezza d'Oglio: carico medio di Ntot in ingresso all'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.22 – Vezza d'Oglio: carico medio di P_{tot} in ingresso all'impianto.



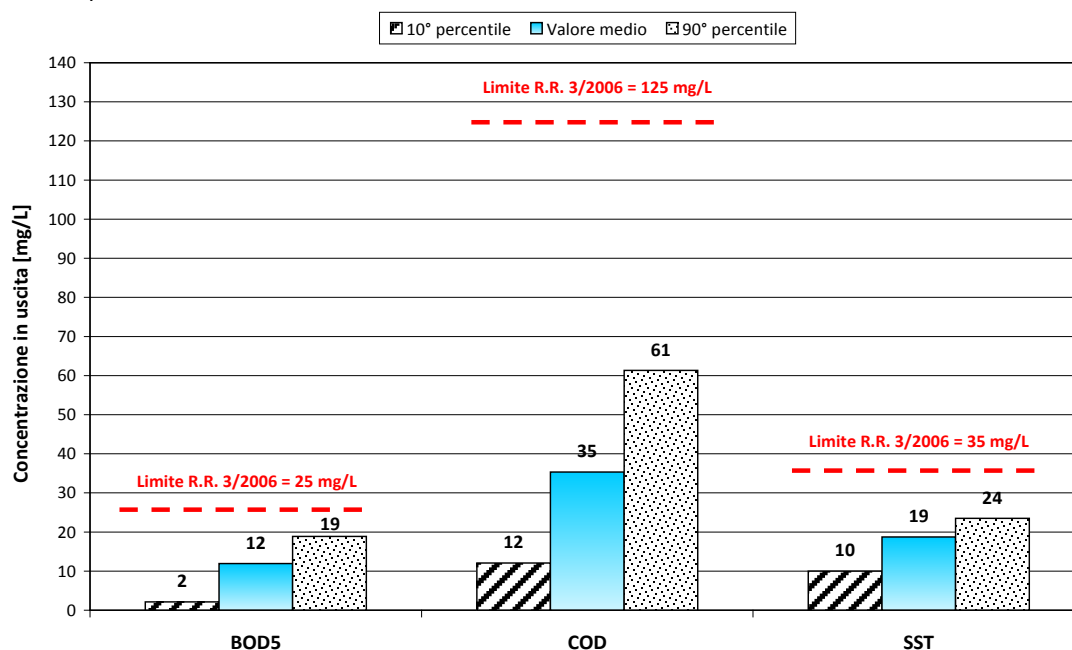
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Caratteristiche dell'effluente depurato

Nelle figure 2.23 e 2.24 sono riportate le concentrazioni degli inquinanti (valore medio, 10° e 90° percentile) monitorati in uscita, nonché i limiti del Regolamento Regionale n. 3/2006.

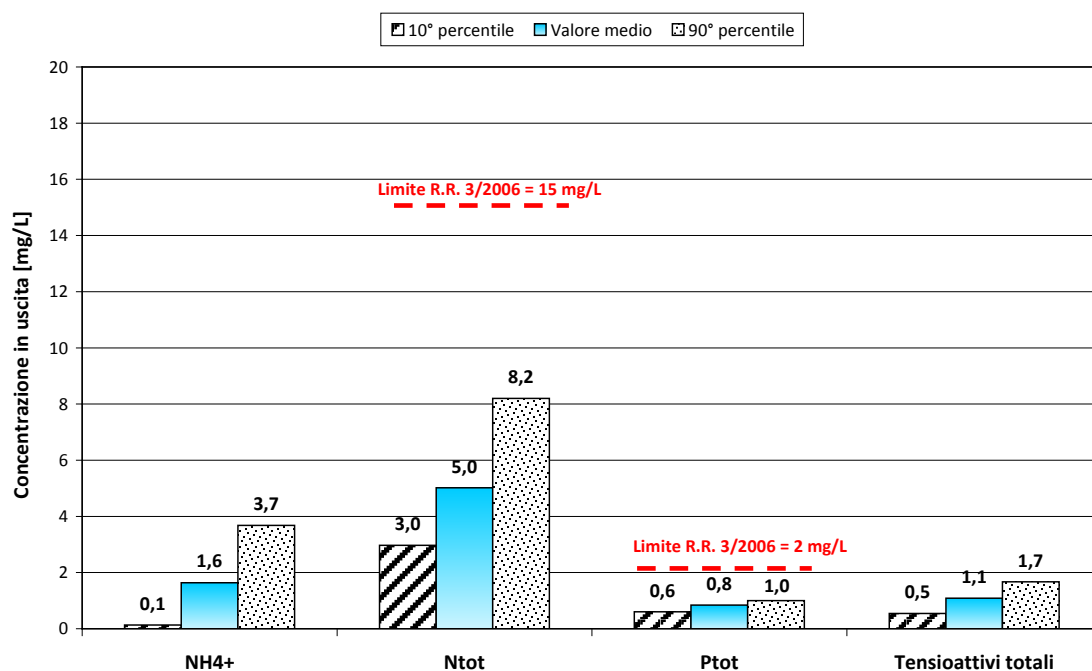
Non si osservano particolari criticità. Inoltre per quanto riguarda le forme azotate, la concentrazione media di azoto ammoniacale (espresso come N), pari a 1,24 mg/L, risulta correttamente inferiore al 30% dell'azoto totale ($5 \text{ mg/L} \cdot 30\% = 1,5 \text{ mg/L}$).

Figura 2.23 – Vezza d'Oglio: concentrazioni di BOD₅, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.24 – Vezza d'Oglio: concentrazioni di NH_4^+ , N_{tot} , P_{tot} e tensioattivi totali (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Prestazioni

Nella tabella 2.6 sono riportati i rendimenti di rimozione dei principali inquinanti nei differenti periodi di funzionamento dell'impianto. I valori ottenuti sono in linea ed in molti casi addirittura superiori rispetto ai rendimenti attesi per uno schema impiantistico simile a quello dell'impianto in questione.

Inoltre, si osserva che nel periodo primaverile - autunnale i rendimenti di abbattimento di BOD_5 , COD e, anche se in maniera meno pronunciata, P_{tot} diminuiscono rispetto agli altri periodi di funzionamento. Nel periodo invernale, come era logico prevedere, i rendimenti di rimozione di N_{tot} si dimezzano rispetto agli altri mesi.

Tabella 2.6 – Vezza d'Oglio: rendimenti di rimozione dei principali inquinanti nelle diverse condizioni di funzionamento.

Parametro	Rendimento di rimozione [%]				Rendimenti attesi ¹ [%] (ISPRA, 2009; Bonomo, 2008; Masotti, 2011)
	Periodo invernale	Periodo estivo	Periodo primaverile-autunnale	Intero anno (2012)	
BOD_5	92	94	87	91	85-95
COD	87	90	76	85	75-80
N_{tot}	34	69	68	65	15-25
P_{tot}	65	49	46	51	15-25

¹ I rendimenti attesi sono in funzione della tipologia di trattamenti presenti.

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Approfondimenti

I risultati delle verifiche di dimensionamento dei principali comparti nei diversi periodi di funzionamento sono riassunti nella tabella 2.7. Si nota che il comparto di ossidazione biologica è ampiamente sufficiente per trattare il carico organico in ingresso; anzi, ad eccezione del periodo invernale, il processo funziona con un carico del fango basso: sono pertanto spiegabili gli elevati rendimenti di rimozione di N_{tot} che vanno oltre le attese per uno schema a fanghi attivi a medio carico così come da progetto (senza cioè una specifica nitrificazione).

Si osserva inoltre un notevole sovradimensionamento della sedimentazione secondaria.

Tabella 2.7 – Vezza d'Oglio: risultati della verifica di dimensionamento.

Comparto	Parametro di dimensionamento	Valore ottenuto				Valore atteso
		Periodo invernale	Periodo estivo	Periodo primaverile-autunnale	Intero anno (2012)	
Ossidazione	C_F [kgBOD ₅ kgSST ⁻¹ d ⁻¹]	0,27	0,17	0,10	0,16	0,3
Sediment. secondaria	S_F [kgSST m ⁻² h ⁻¹]	2,2	2,2	2,0	2,1	5 – 6
	$C_{I.I.}$ [m h ⁻¹]	0,3	0,3	0,2	0,3	0,6 – 0,8
	T_p [h]	14,4	14,5	16,0	15,1	3

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

2.3.3. Impianto di Livigno (SO)

Descrizione dell'impianto

L'impianto di depurazione di Livigno, avviato nel 2002, ha una potenzialità di progetto pari a 32.000 A.E. e scarica nel Torrente Valle Viera. L'impianto è fortemente influenzato dalla presenza turistica sia durante il periodo invernale che estivo. La fognatura che convoglia i reflui è di tipo misto.

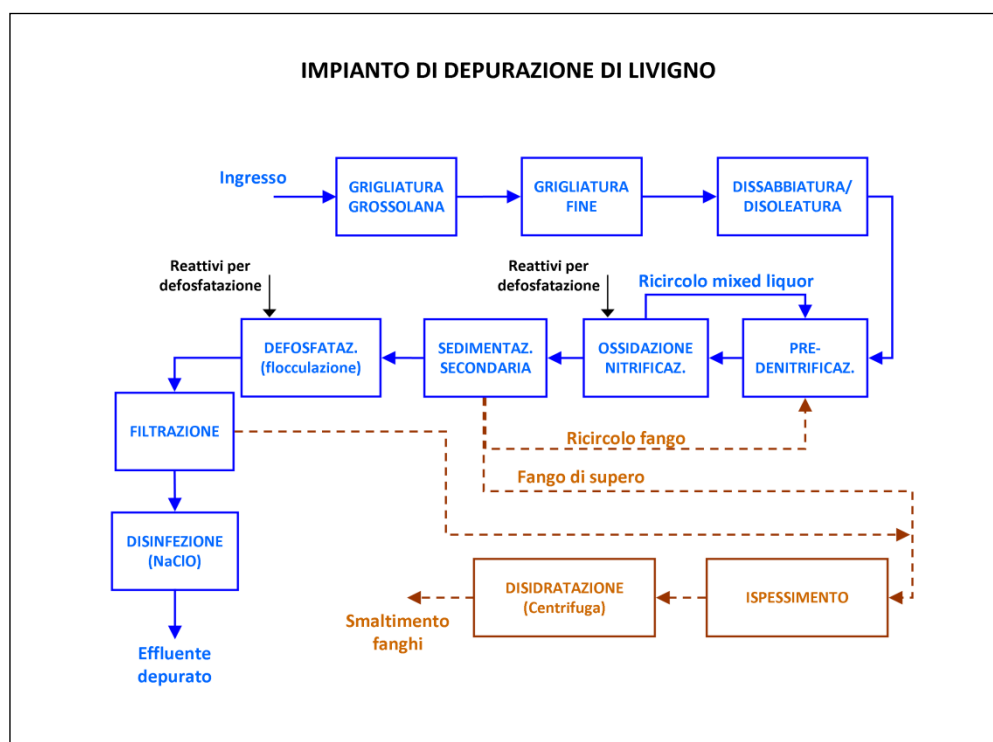
Lo schema di trattamento dell'impianto è riportato nella figura 2.25.

Per quanto riguarda l'abbattimento del fosforo, una prima rimozione si realizza nella vasca di ossidazione-nitrificazione (mediante il dosaggio di idonei reattivi chimici); un ulteriore abbattimento avviene invece a valle nei comparti di flocculazione e successiva filtrazione.

Sia in ingresso, sia in uscita è presente un campionatore automatico; il misuratore di portata è presente solamente in uscita.

Nella tabella 2.8 sono riportate le dimensioni geometriche dei principali comparti.

Figura 2.25 – Livigno: schema di trattamento dell’impianto di depurazione.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SACECCAV S.p.A., 2014

Tabella 2.8 – Livigno: dimensioni geometriche dei comparti principali.

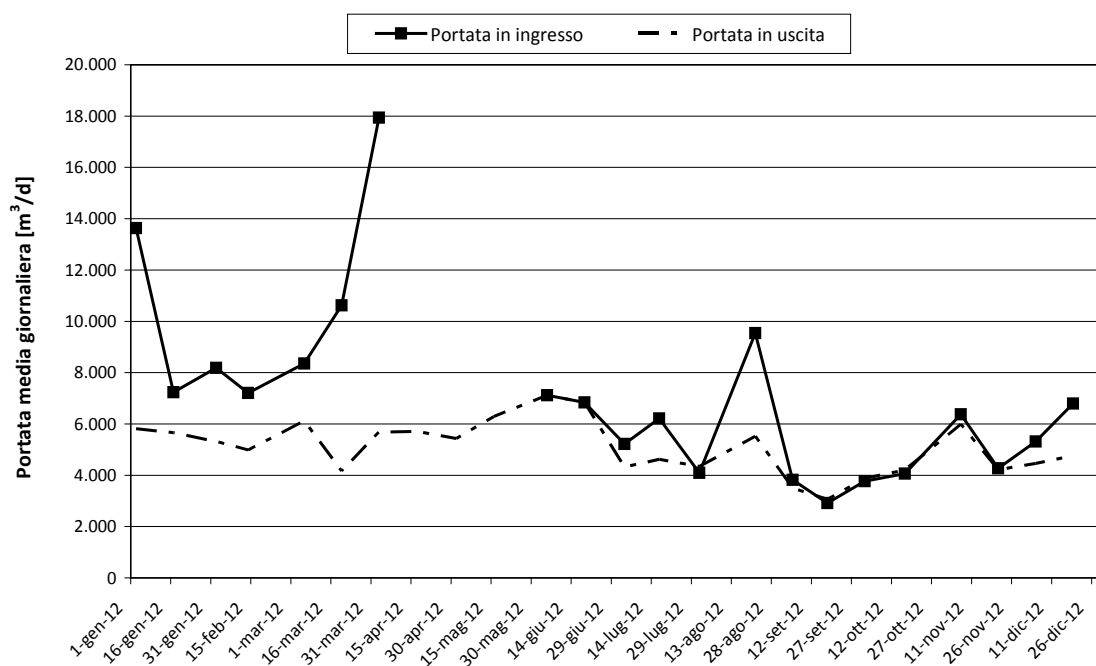
COMPARTO	Numero unità	Superficie tot. [m ²]	Volume tot. [m ³]
Denitrificazione	2	480	2.400
Ossidazione-nitrificazione	2	1.200	5.400
Sedimentazione secondaria	2	880	2.640

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SACECCAV S.p.A., 2014

Caratteristiche del liquame influente

L’andamento delle portate medie giornaliere in ingresso e in uscita dall’impianto è riportato nella figura 2.26. La portata giornaliera in ingresso è molto variabile, con punte di circa 18.000 m³/d nel periodo primaverile e valori inferiori a 4.000 m³/d nel periodo estivo. L’uscita è invece molto più costante rispetto all’ingresso: considerando tutti i dati a disposizione si attesta a circa 5.100 m³/d.

Figura 2.26 – Livigno: portata media giornaliera in ingresso e in uscita dall’impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

In merito alle caratteristiche del liquame influente, nelle figure 2.27 e 2.28 sono riportate le concentrazioni dei parametri inquinanti (valore medio, 10° e 90° percentile) monitorati in ingresso all’impianto.

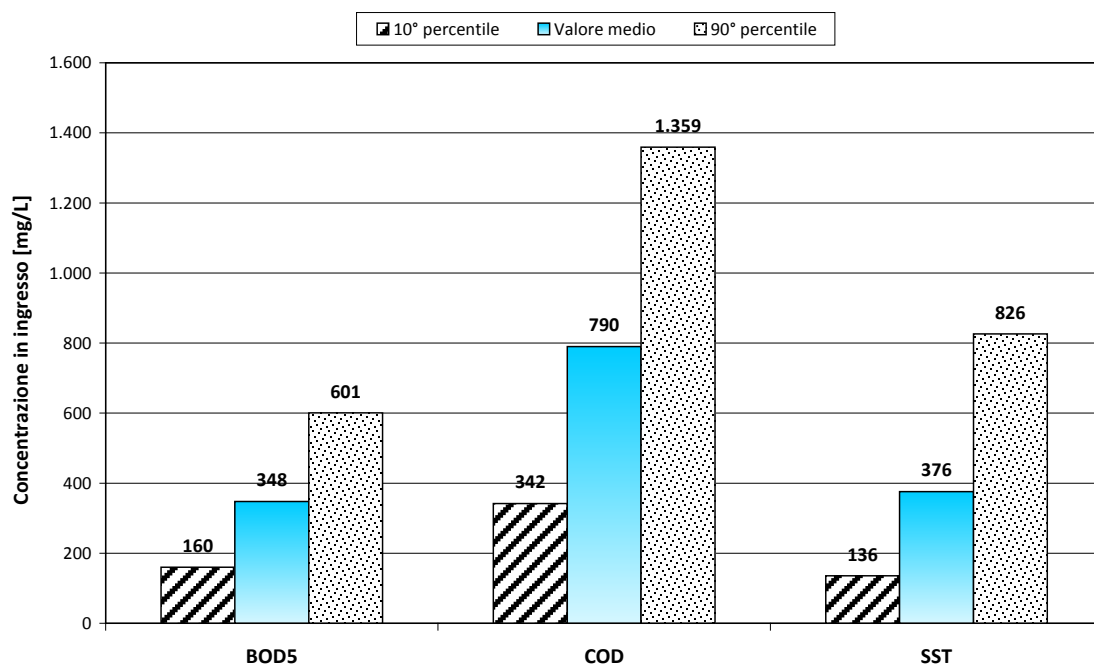
Rispetto agli impianti di Valdisotto e Vezza d’Oglio, le concentrazioni rilevate sono decisamente più elevate; visto che la fognatura è di tipo misto, sarebbe importante ricercare le tipologie di scarichi non domestici convogliati all’impianto. Si osserva inoltre una carenza di azoto e fosforo rispetto ad un liquame di origine domestica.

Nelle figure 2.29 ÷ 2.32 sono riportati gli andamenti dei carichi di BOD5, COD, SST, Ntot e Ptot in ingresso all’impianto. Sulla base dei valori di BOD5 si individuano due periodi di riferimento:

26. - periodo invernale - primaverile, con un carico trattato di circa 85.600 A.E.; tale valore è decisamente superiore al dato di progetto (pari a 32.000 A.E.);
27. - periodo estivo - autunnale, che corrisponde ad un carico in ingresso di 24.000 A.E.; in questo periodo si nota solamente un picco di carico in ingresso nella seconda metà di agosto.
- 28.

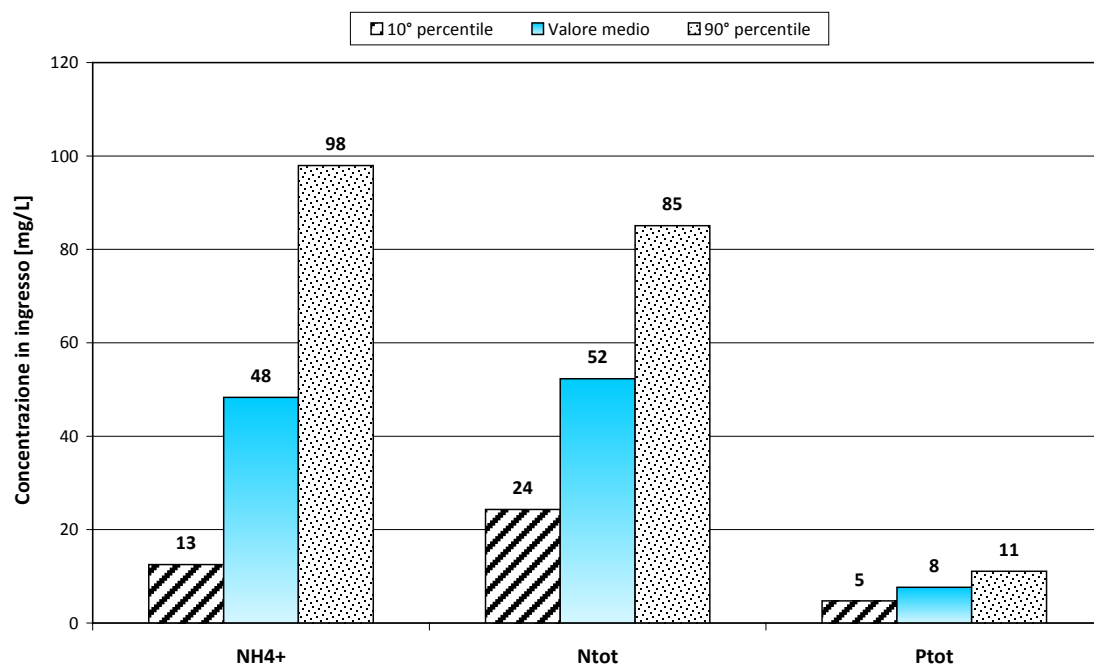
In merito al carico in ingresso di Ntot (figura 2.31) si notano valori più elevati nei mesi estivi.

Figura 2.27 – Livigno: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all’impianto.



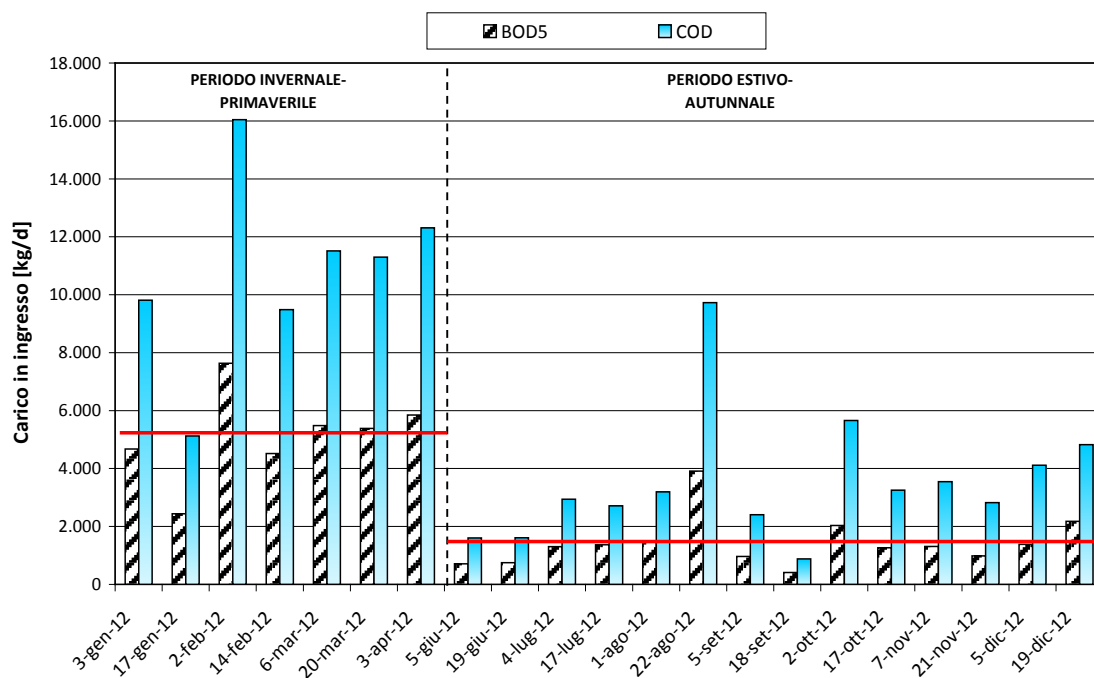
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.28 – Livigno: concentrazioni di NH4+, Ntot e Ptot (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all’impianto.



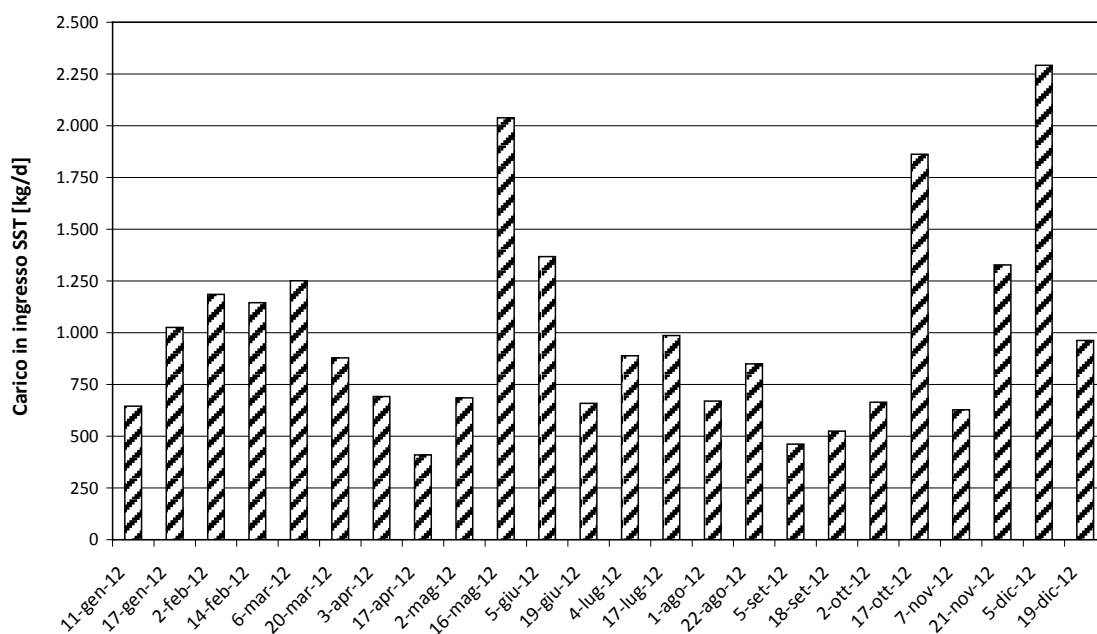
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.29 – Livigno: carico medio di BOD5 e COD in ingresso all'impianto.



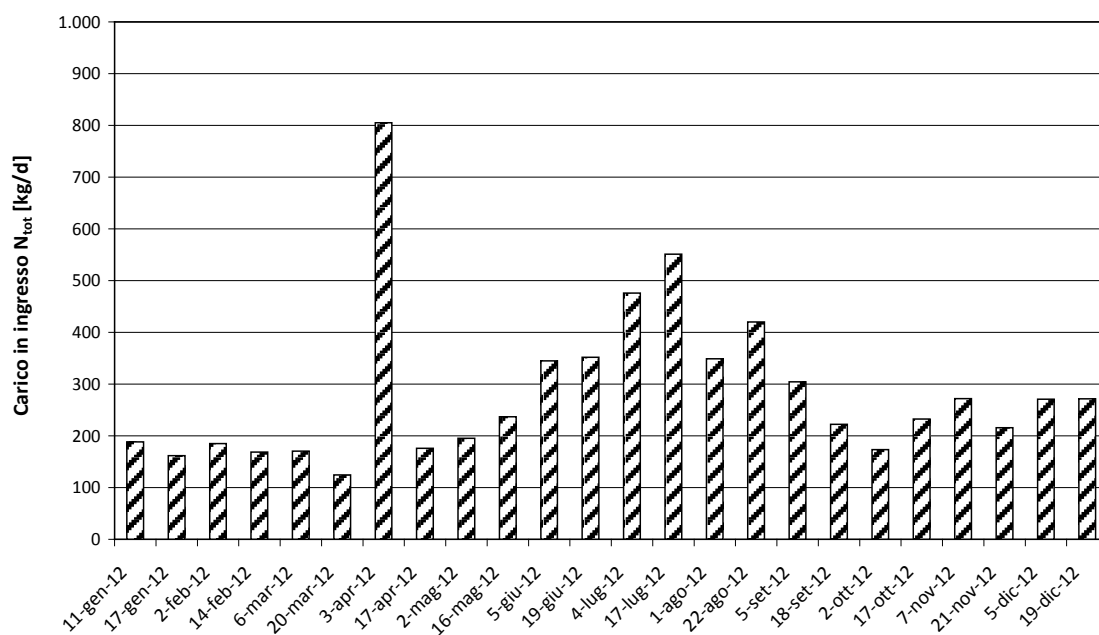
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.30 – Livigno: carico medio di SST in ingresso all'impianto.



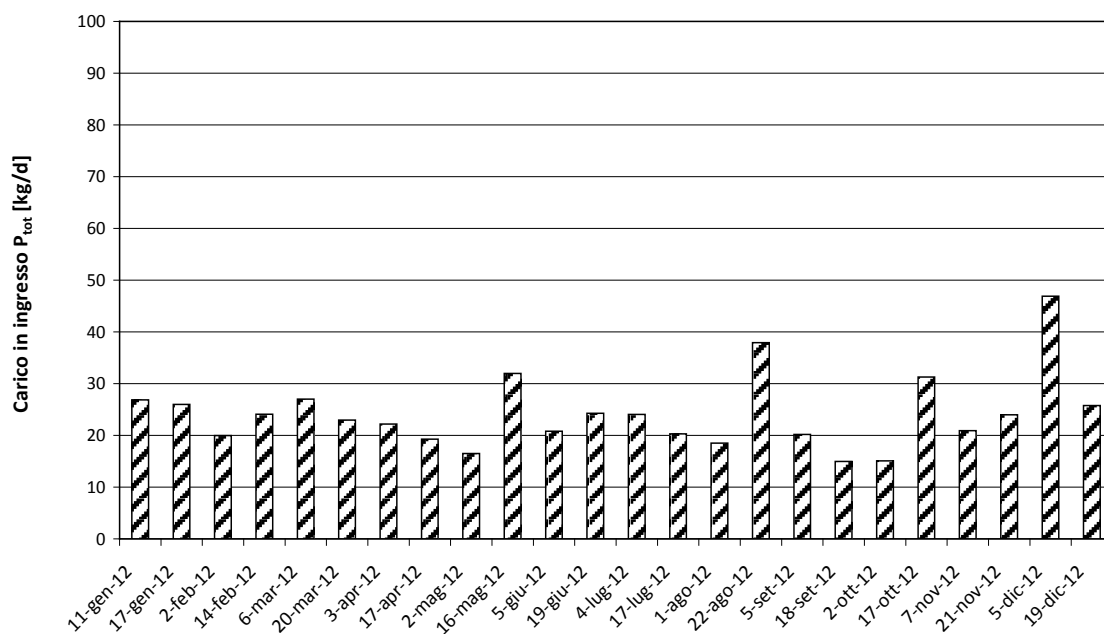
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.31 – Livigno: carico medio di N_{tot} in ingresso all’impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.32 – Livigno: carico medio di P_{tot} in ingresso all’impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

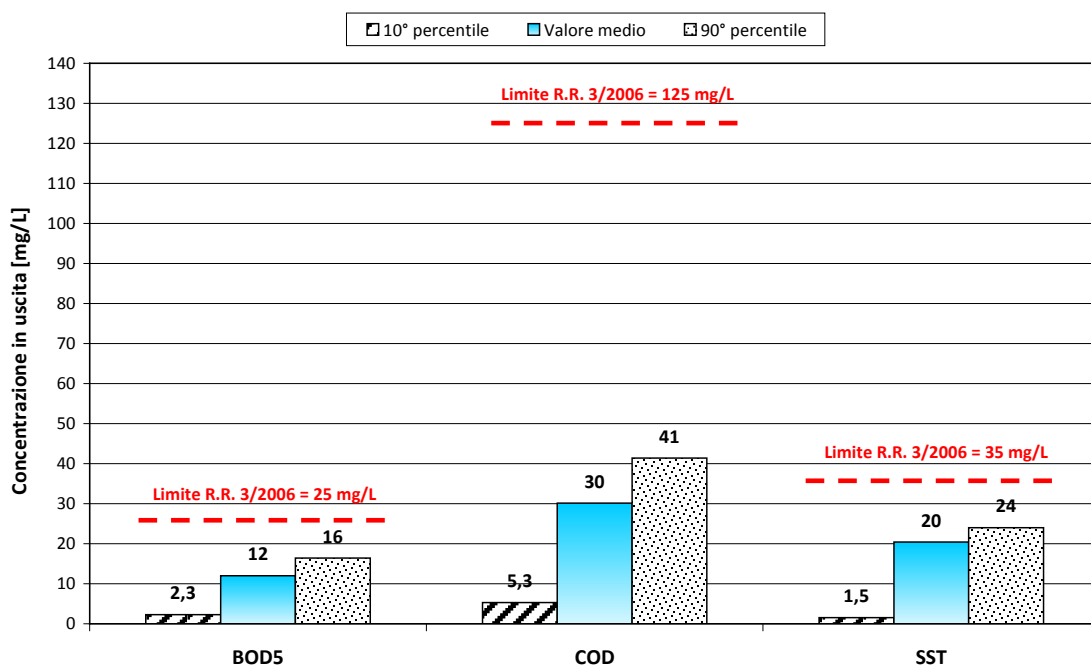
Caratteristiche dell'effluente depurato

Nelle figure 2.33 e 2.34 sono riportate le concentrazioni degli inquinanti (valore medio, 10° e 90° percentile) misurate in uscita confrontate con i limiti del Regolamento Regionale n. 3/2006.

Non si osservano particolari criticità per BOD5, COD SST e Ntot. Inoltre, per quanto riguarda le forme azotate, la concentrazione media di azoto ammoniacale (espresso come N), pari a 0,16 mg/L, risulta decisamente inferiore al 30% dell'azoto totale ($7 \text{ mg/L} \cdot 30\% = 2,1 \text{ mg/L}$).

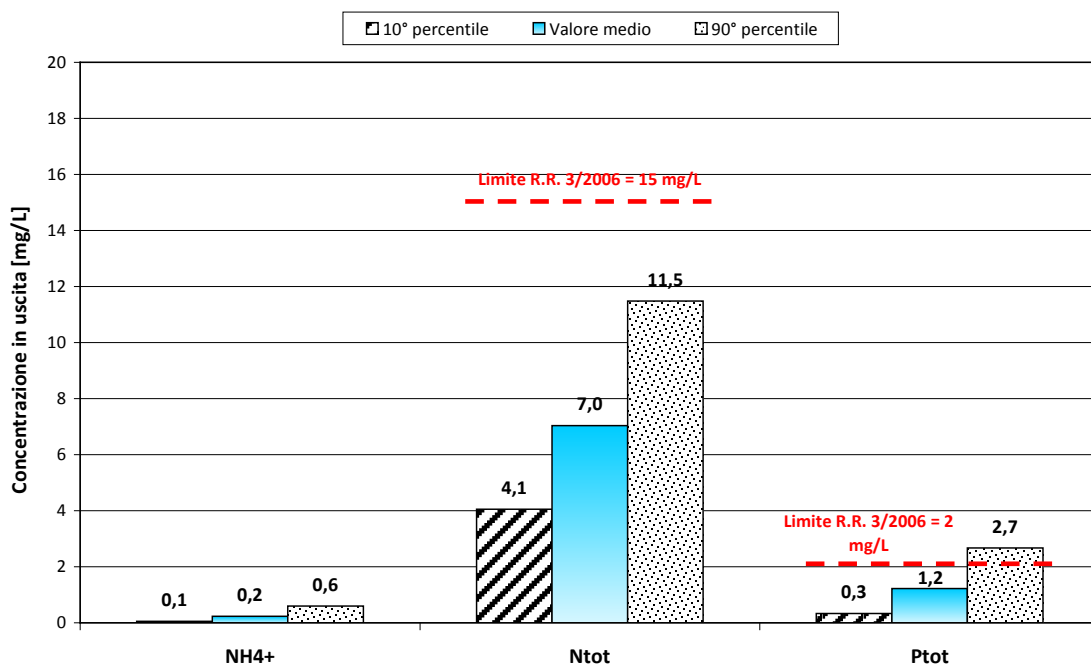
La concentrazioni di Ptot in uscita (in particolare il 90° percentile) è risultata superiore al limite allo scarico indicato nel Regolamento Regionale n. 3/2006 di futura applicazione.

Figura 2.33 – Livigno: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Figura 2.34 – Livigno: concentrazioni di NH_4^+ , N_{tot} e P_{tot} (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Prestazioni

Nella tabella 2.9 sono riportati i rendimenti di rimozione dei principali inquinanti nei due periodi di funzionamento dell'impianto e considerando l'intero anno di riferimento. Si osserva che i valori ottenuti sono molto buoni (molto spesso superiori agli abbattimenti attesi in funzione dello schema dell'impianto). Per quanto riguarda la defosfatazione, nonostante il buon rendimento ottenuto, i valori massimi delle concentrazioni di P_{tot} in uscita talvolta superano il limite normativo riportato dal Regolamento Regionale n. 3/2006 (figura 2.34).

Tabella 2.9 – Livigno: rendimenti di rimozione dei principali inquinanti nelle diverse condizioni di funzionamento.

Parametro	Rendimento di rimozione [%]			Rendimenti attesi ¹ [%] (ISPRA, 2009; Bonomo, 2008; Masotti, 2011)
	Periodo invernale-primaverile	Periodo estivo-autunnale	Intero anno (2012)	
BOD_5	98	98	98	88-98
COD	97	97	97	80-85
N_{tot}	94	87	91	60-85
TKN	99,7*	93*	96*	-
P_{tot}	96	82	89	70-95

¹ I rendimenti attesi sono in funzione della tipologia di trattamenti presenti.

* Calcolato considerando l'assimilazione di azoto da parte della biomassa pari al 5% del BOD_5 abbattuto.

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Approfondimenti

I risultati delle verifiche di dimensionamento dei principali comparti nei diversi periodi di funzionamento dell'impianto sono riassunti nella tabella 2.10. Si osserva che il comparto di ossidazione-nitrificazione è sufficiente nel periodo estivo - autunnale, mentre nel periodo invernale - primaverile il carico del fango assume un valore medio di 0,24 e, pertanto non compatibile con il processo di nitrificazione. In quest'ultimo periodo non sono stati osservati comunque diminuzioni dei rendimenti di rimozione di tutti i parametri inquinanti monitorati. Per garantire un carico del fango basso in tale periodo, l'impianto potrebbe lavorare con una concentrazione di biomassa più elevata di 4 kgSST/m³ (ipotizzando di utilizzare 5,5 kgSST/m³ il carico del fango, nel periodo invernale - primaverile, è pari a 0,17 kgBOD₅ kgSST⁻¹ d⁻¹). Concentrazioni di biomassa più elevate non dovrebbero comunque causare eccessivi problemi alla sedimentazione secondaria visto il sovradimensionamento di tale comparto.

Tabella 2.10 – Livigno: risultati della verifica di dimensionamento.

Comparto	Parametro di dimensionamento		Valore ottenuto			Valore atteso
			Periodo invernale-primaverile	Periodo estivo-autunnale	Intero anno (2012)	
Denitrific.	v_{de} _n	[gN-NO ₃ ⁻ kgSSV ⁻¹ h ⁻¹]	2,11	0,96	1,34	0,7* - 1,1**
Ossid-nitrif.	C_F	[kgBOD ₅ kgSST ⁻¹ d ⁻¹]	0,24	0,07	0,12	0,1 - 0,15
Sediment. secondaria	F.S.	[kgSST m ⁻² h ⁻¹]	4,0	2,1	2,7	5 - 6
	C.I.	[m h ⁻¹]	0,5	0,3	0,3	0,6 - 0,8
	T_p	[h]	5,6	10,8	8,3	3

* valore a 5 °C; ** valore a 10 °C; in altri casi è possibile utilizzare la formula $v_{den}(T) = v_{den}(20^{\circ}C) 1,1^{(T-20)}$

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

2.3.4. Impianto di Aprica (SO)

Descrizione dell'impianto

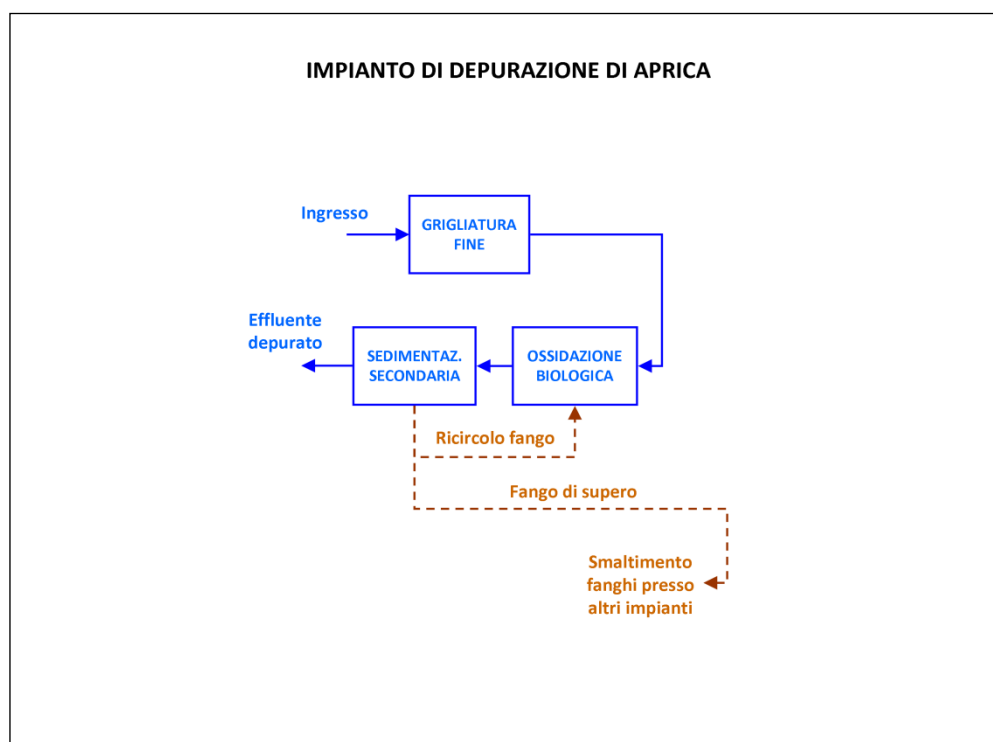
L'impianto di depurazione di Aprica ha una potenzialità di progetto di 9.000 A.E. e scarica nel Torrente Belviso. La fognatura che convoglia i reflui all'impianto è di tipo misto.

L'impianto è stato avviato nel 1979 e, secondo le indicazioni del database regionale, è prevista la chiusura nel 2016.

L'afflusso turistico, sia durante il periodo invernale che estivo influenza sensibilmente i carichi in ingresso all'impianto.

Nella figura 2.35 è riportato lo schema a blocchi dell'impianto.

Figura 2.35 – Aprica: schema di trattamento dell’impianto di depurazione.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati S.EC.AM. S.p.A., 2014

Nella tabella 2.11 sono riportate le dimensioni geometriche dei principali comparti.

Tabella 2.11 – Aprica: dimensioni geometriche dei comparti principali.

COMPARTO	Numero unità	Superficie tot. [m ²]	Volume tot. [m ³]
Ossidazione	1	-	1.500
Sedimentazione secondaria	1	-	620

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati S.EC.AM. S.p.A., 2014

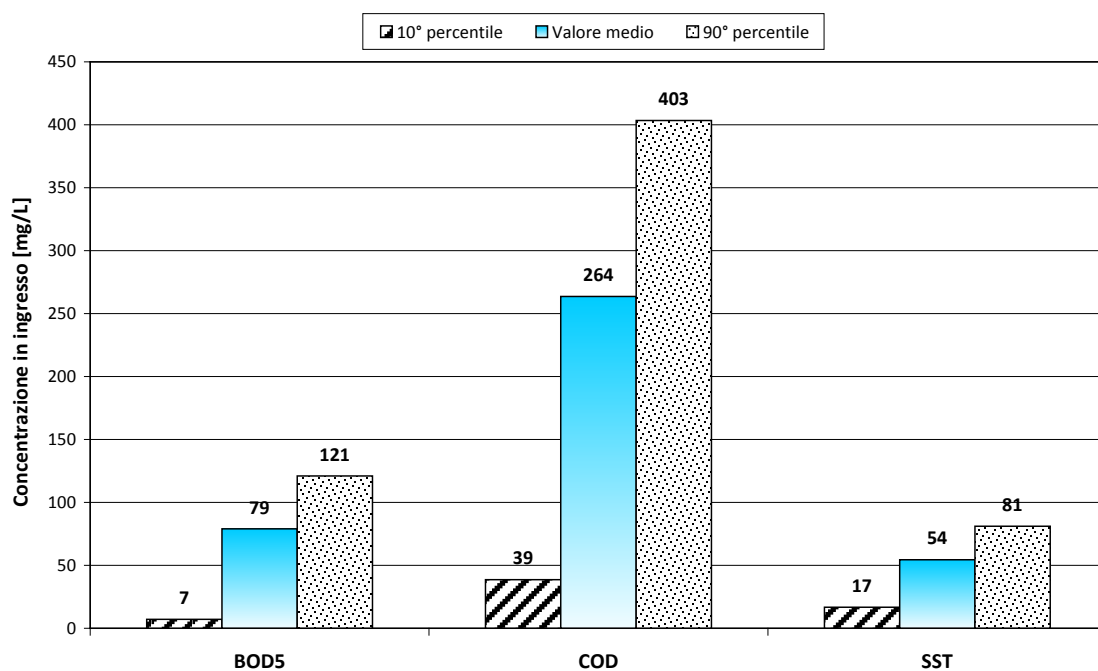
Caratteristiche del liquame influente

Per quanto riguarda la portata media giornaliera in ingresso all’impianto non è possibile analizzarne l’andamento temporale. Il valore indicato è pari a 1.300 m³/d.

Nelle figure 2.36 ÷ 2.39 sono riportate le caratteristiche qualitative, in termini di concentrazione degli inquinanti monitorati, del liquame in ingresso all’impianto (valore medio, 10° e 90° percentile). Rispetto agli impianti di Valdisotto e Vezza d’Oglio, il problema del disgelo è meno significativo, poiché l’acqua di scioglimento dei ghiacciai viene inviata direttamente nei torrenti limitrofi; la possibile diluizione è dovuta alle piogge.

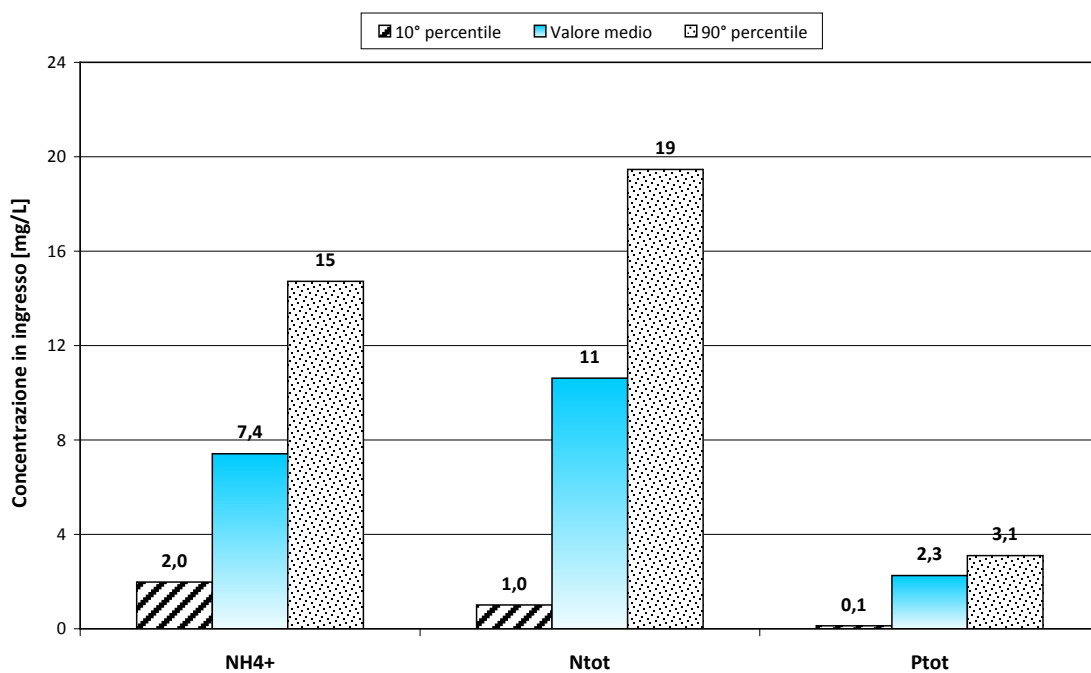
Il rapporto tra BOD₅ e COD (valore medio = 0,3) è un po’ basso rispetto ad un liquame di origine domestica; si nota inoltre una significativa carenza di azoto e fosforo.

Figura 2.36 – Aprica: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all'impianto.



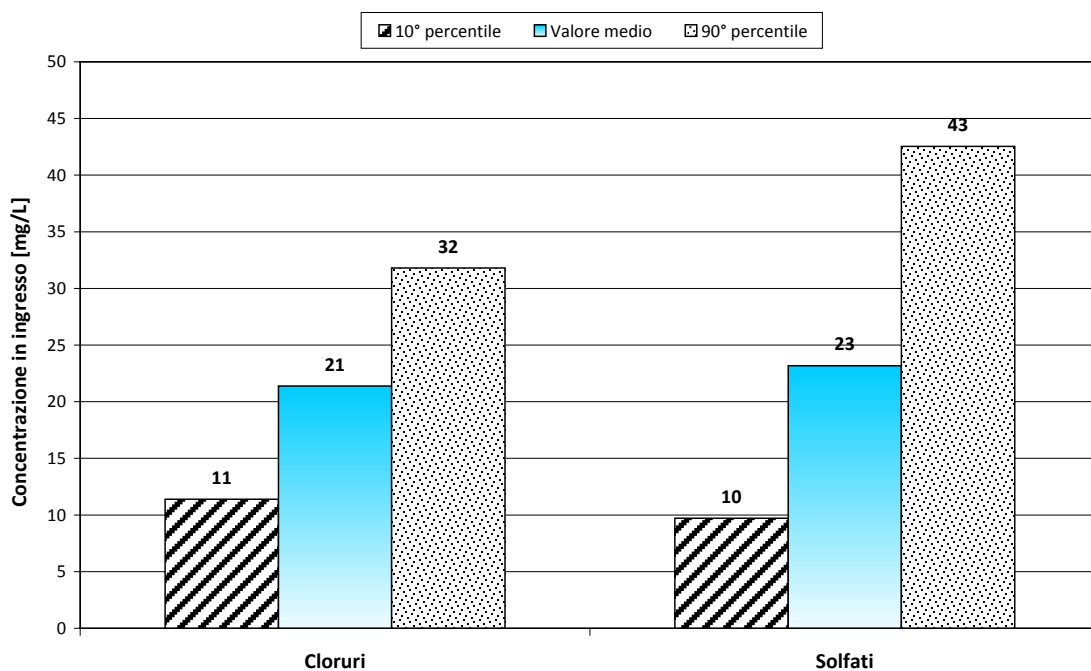
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.37 – Aprica: concentrazioni di NH4+, Ntot e Ptot (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all'impianto.



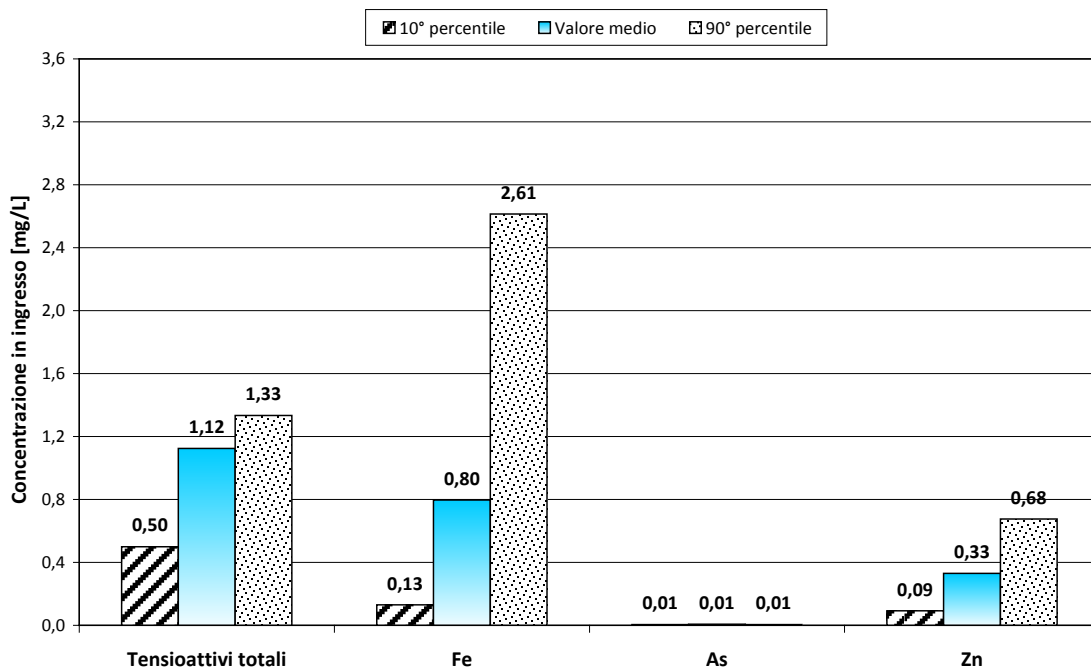
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.38 – Aprica: concentrazioni di cloruri e solfati (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.39 – Aprica: concentrazioni di tensioattivi totali, Fe, As e Zn (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all'impianto.



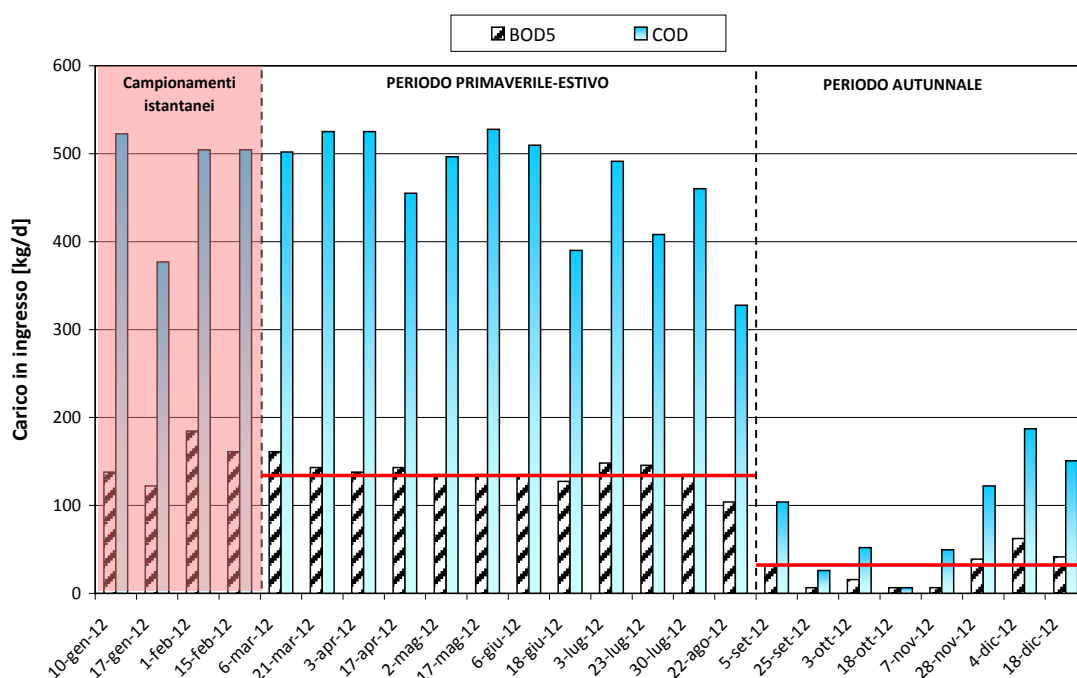
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Nelle figure 2.40 ÷ 2.43 sono riportati gli andamenti dei carichi di BOD5, COD, SST, Ntot e Ptot in ingresso all'impianto. Sulla base dei valori di BOD5 si individuano i seguenti periodi di riferimento (i valori calcolati nei mesi di gennaio e febbraio non sono stati considerati nel calcolo del carico trattato poiché le concentrazioni si riferiscono a campionamenti istantanei):

- 29. - periodo primaverile - estivo, con un carico trattato di 2.300 A.E.;
- 30. - periodo autunnale, con un carico in ingresso di 450 A.E..

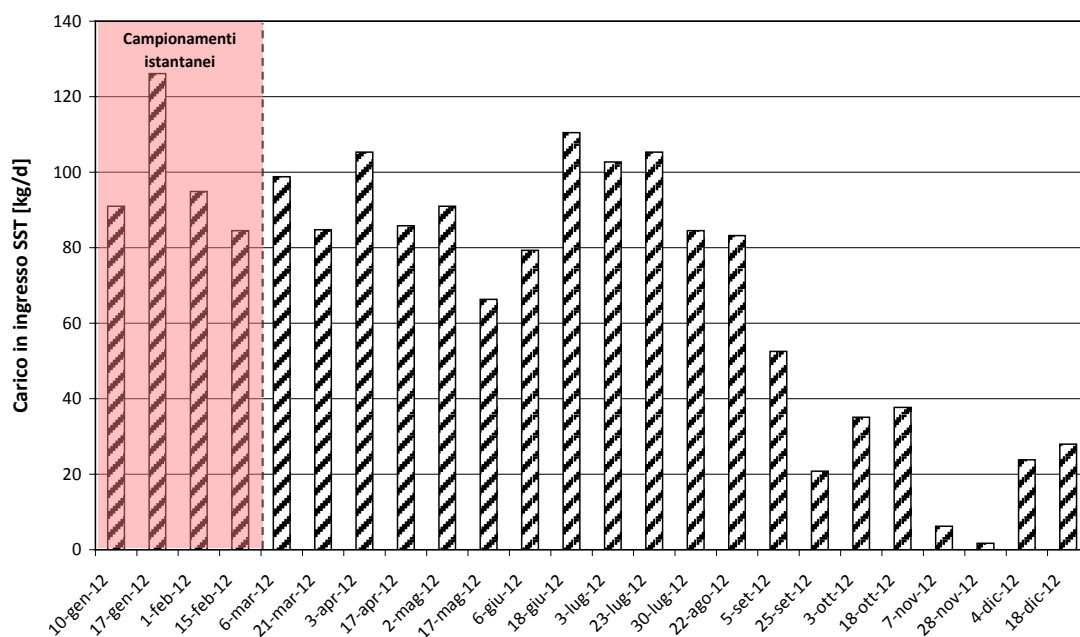
Anche i carichi di SST ed Ntot in ingresso mostrano un andamento simile a quello analizzato in precedenza per BOD5 e COD.

Figura 2.40 – Aprica: carico medio di BOD5 e COD in ingresso all'impianto.



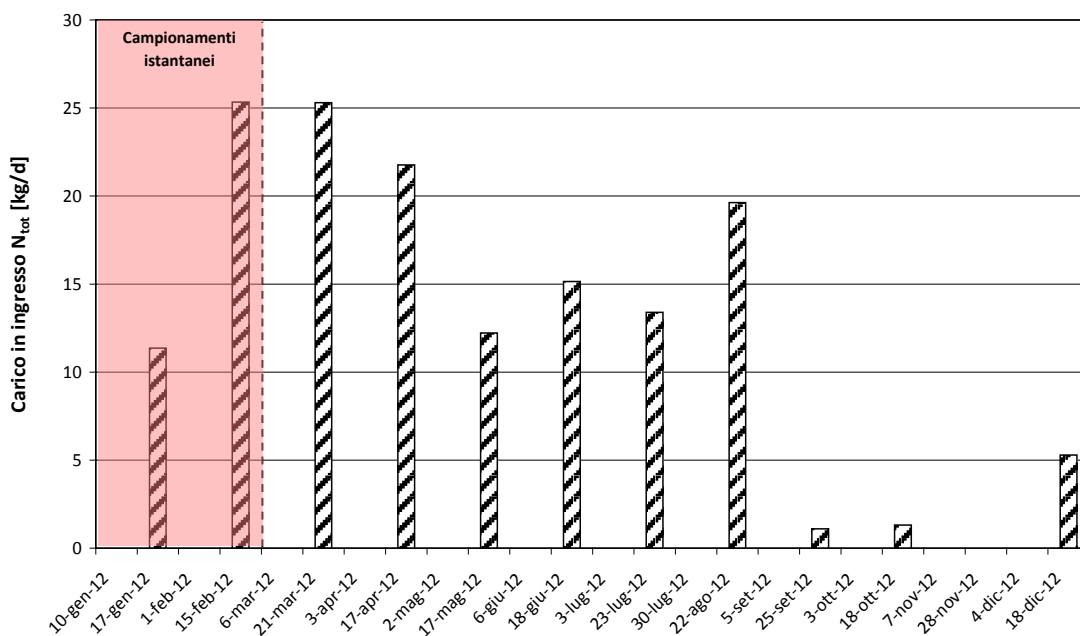
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.41 – Aprica: carico medio di SST in ingresso all’impianto.



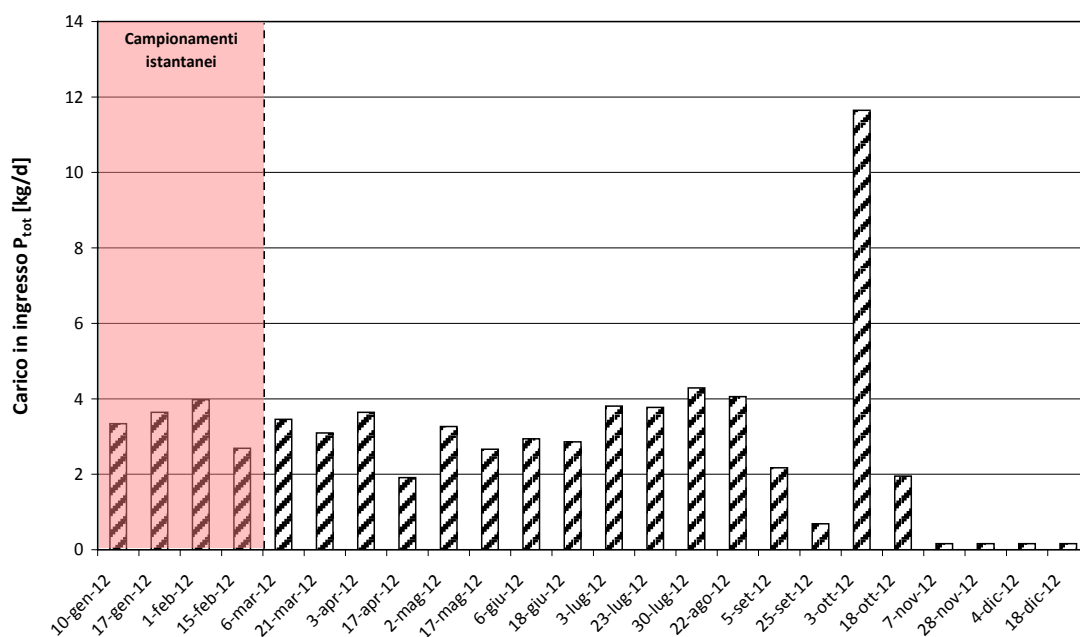
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.42 – Aprica: carico medio di N_{tot} in ingresso all’impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.43 – Aprica: carico medio di P_{tot} in ingresso all'impianto.



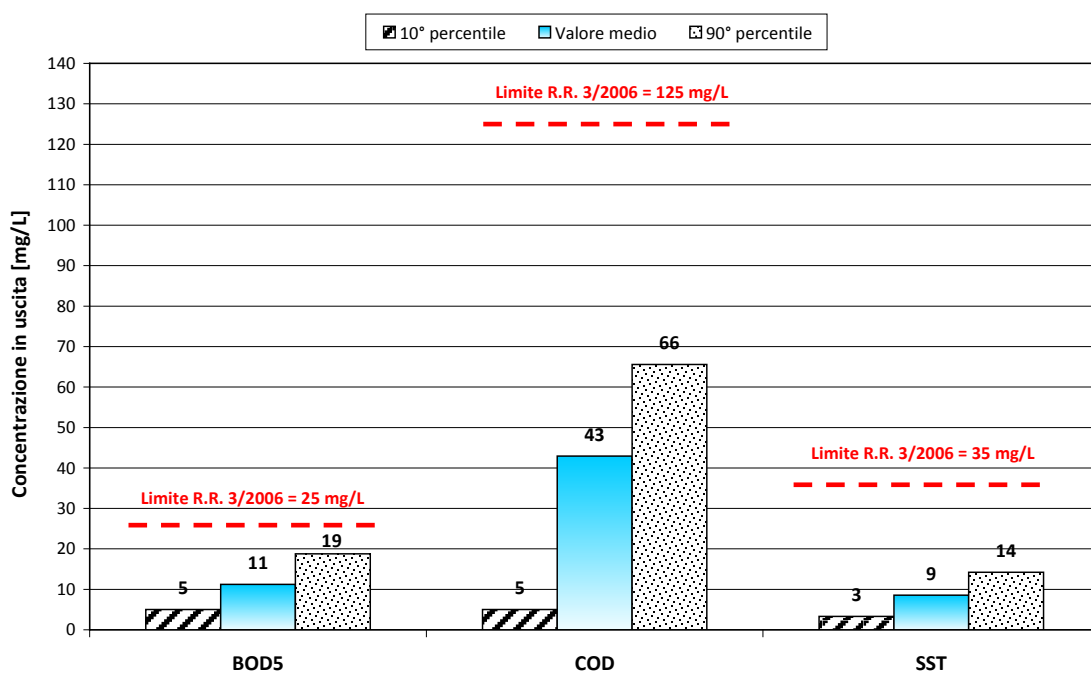
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Caratteristiche dell'effluente depurato

Nelle figure 2.44 ÷ 2.47 sono riportate le concentrazioni degli inquinanti (valore medio, 10° e 90° percentile) misurate in uscita confrontate con i limiti del Regolamento Regionale n. 3/2006.

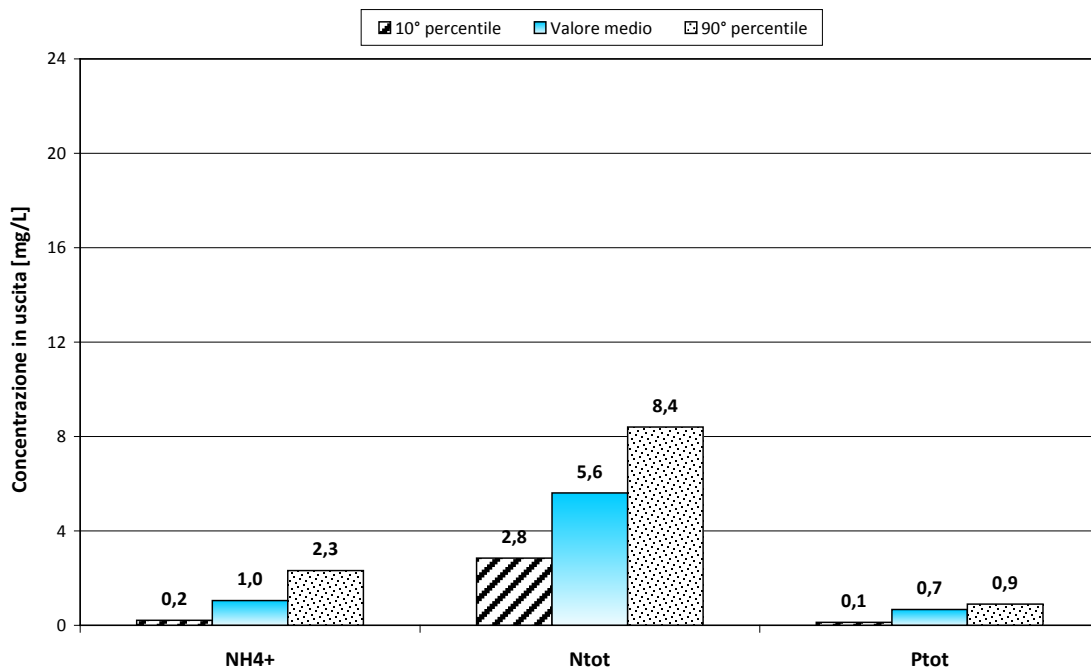
Per tutti i parametri monitorati non si osservano particolari criticità.

Figura 2.44 – Aprica: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



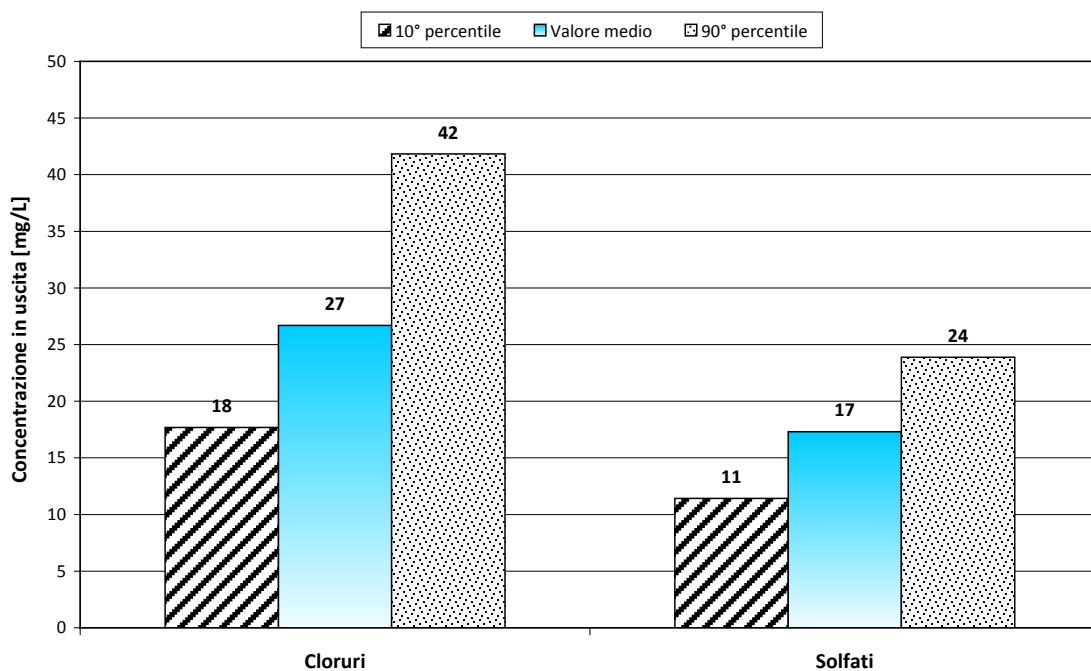
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.45 – Aprica: concentrazioni di NH4+, Ntot e Ptot (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



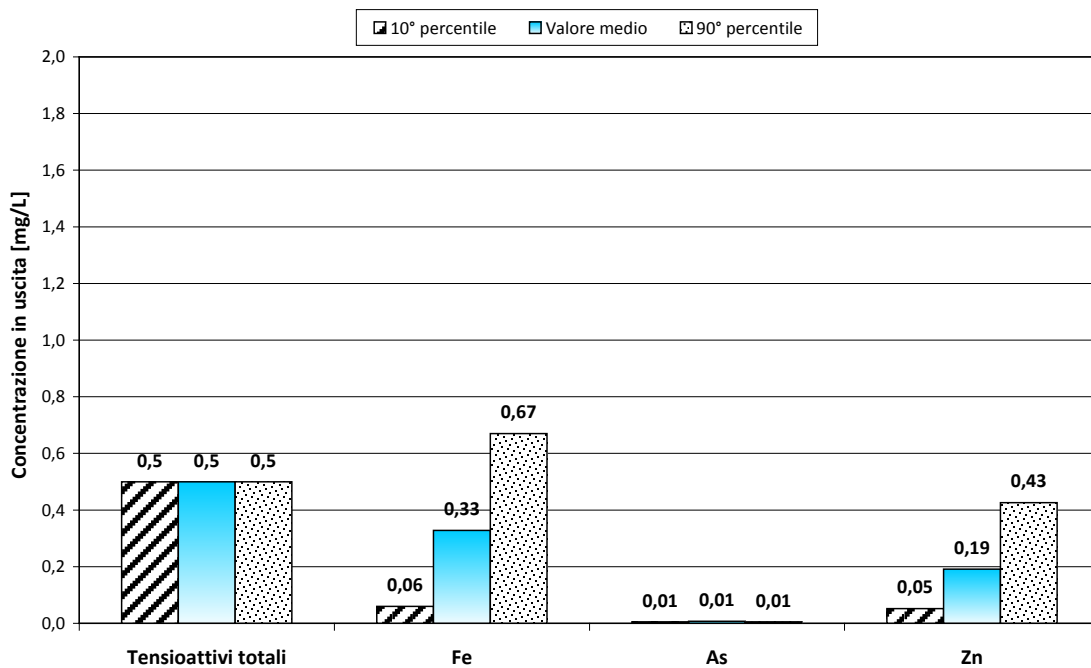
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.46 – Aprica: concentrazioni di cloruri e solfati (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.47 – Aprica: concentrazioni di tensioattivi totali, Fe, As e Zn (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Prestazioni

Le prestazioni dell'impianto in termini di rimozione degli inquinanti monitorati sono riportati nella tabella 2.12.

I rendimenti medi di abbattimento di BOD₅, COD ed N_{tot} nel periodo autunnale sono molto bassi. Invece, considerando che non è presente una defosfatazione chimica, il rendimento di rimozione del P_{tot} è molto elevato.

Tabella 2.12 – Aprica: rendimenti di rimozione dei principali inquinanti nelle diverse condizioni di funzionamento.

Parametro	Rendimento di rimozione [%]			Rendimenti attesi ¹ [%] (ISPRA, 2009; Bonomo, 2008; Masotti, 2011)
	Periodo primaverile-estivo	Periodo autunnale	Intero anno (2012)	
BOD ₅	90	32	84	88-98*
COD	88	39	83	75-80
N _{tot}	65	-	52	15-25
P _{tot}	67	78	70	15-25

* Tali rendimenti si riferiscono ad un carico del fango basso (viste le ridotte dimensioni del depuratore).

¹ I rendimenti attesi sono in funzione della tipologia di trattamenti presenti.

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Approfondimenti

I risultati delle verifiche di dimensionamento dei principali comparti nei diversi periodi di funzionamento dell'impianto sono riassunti nella tabella 2.13. I valori del carico idraulico e del flusso solido non sono stati calcolati poiché non sono state fornite indicazioni riguardanti la superficie del sedimentatore secondario.

Dall'analisi dei risultati i comparti, per il carico idraulico ed i carichi organici in ingresso sono dimensionati correttamente.

Tabella 2.13 – Aprica: risultati della verifica di dimensionamento.

Comparto	Parametro di dimensionamento	Valore ottenuto			Valore atteso
		Periodo primaverile-estivo	Periodo autunnale	Intero anno (2012)	
Ossidazione	C _F [kgBOD ₅ kgSST ⁻¹ d ⁻¹]	0,02	0,004	0,02	0,1 - 0,15*
Sediment. secondario	F _S [kgSST m ⁻² h ⁻¹]	n.d.	n.d.	n.d.	5 - 6
	C _I [m h ⁻¹]	n.d.	n.d.	n.d.	0,6 - 0,8
	T _P [h]	11,4	11,4	11,4	3

* in questo caso, pur non essendo previsti trattamenti di rimozione spinta dell'azoto, viste le ridotte dimensioni del depuratore, si considera comunque un carico del fango basso.

n.d.: non disponibile

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

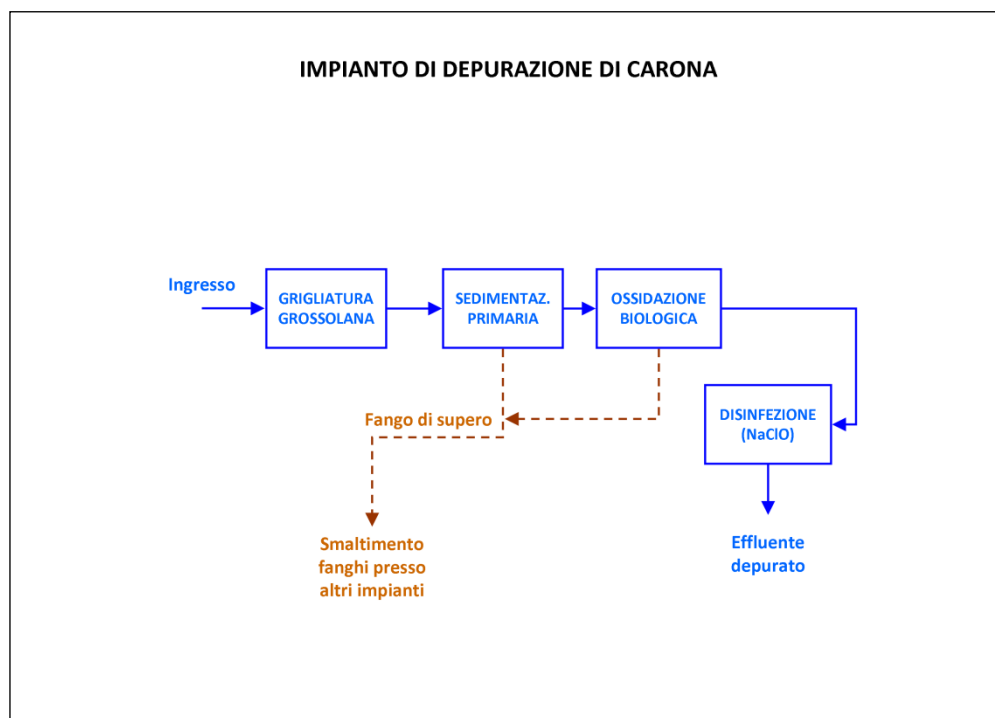
2.3.5. Impianto di Carona (BG)

Descrizione dell'impianto

L'impianto di depurazione di Carona (attivato nel 1985) ha una potenzialità di progetto pari a 3.000 A.E. e scarica nel Fiume Brembo di Carona. La fognatura a servizio dell'impianto è in gran parte separata.

L'impianto è costituito da un trattamento di ossidazione biologica (a biomassa adesa - biodischi) preceduto da una fase di sedimentazione primaria (vedi figura 2.48).

Figura 2.48 – Carona: schema di trattamento dell'impianto di depurazione.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati Comune di Carona, 2014

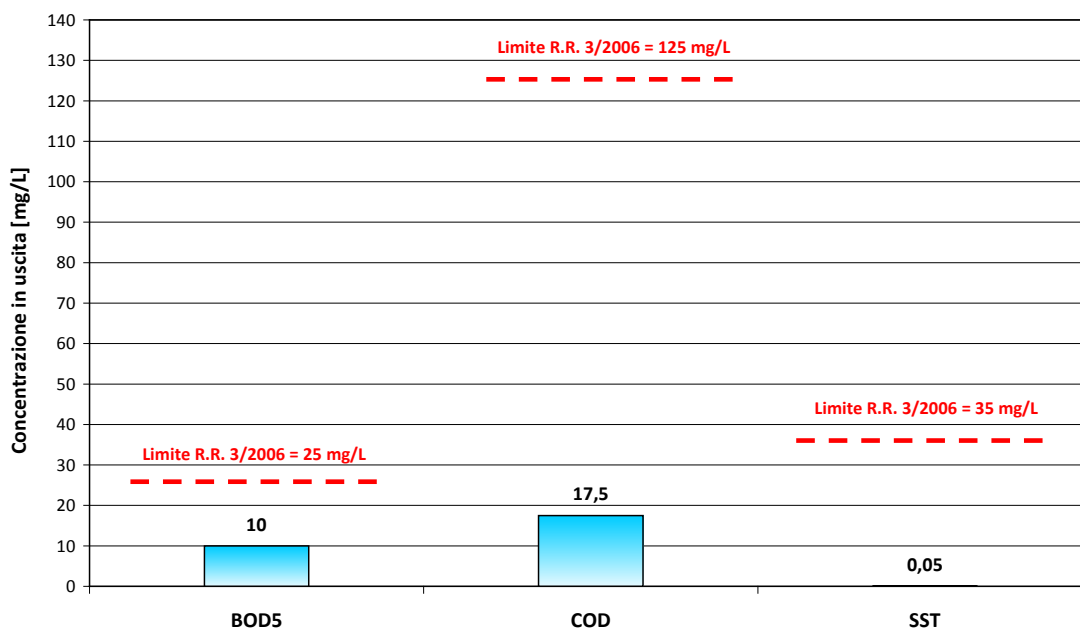
Caratteristiche del liquame influente

Non è stato possibile recuperare informazioni in merito alle caratteristiche del liquame influente.

Caratteristiche dell'effluente depurato

Nella figura 2.49 sono riportate le concentrazioni di BOD5, COD ed SST misurate in un campionamento (effettuato nel mese di novembre 2012) in uscita dall'impianto. I valori rilevati sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi indicati nel Regolamento Regionale n. 3/2006 di futura applicazione.

Figura 2.49 – Carona: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Prestazioni

Non avendo a disposizione informazioni riguardanti il liquame influente, non è possibile calcolare le prestazioni depurative.

Approfondimenti

Non è riportato alcun approfondimento, non avendo a disposizione informazioni riguardanti il liquame in ingresso.

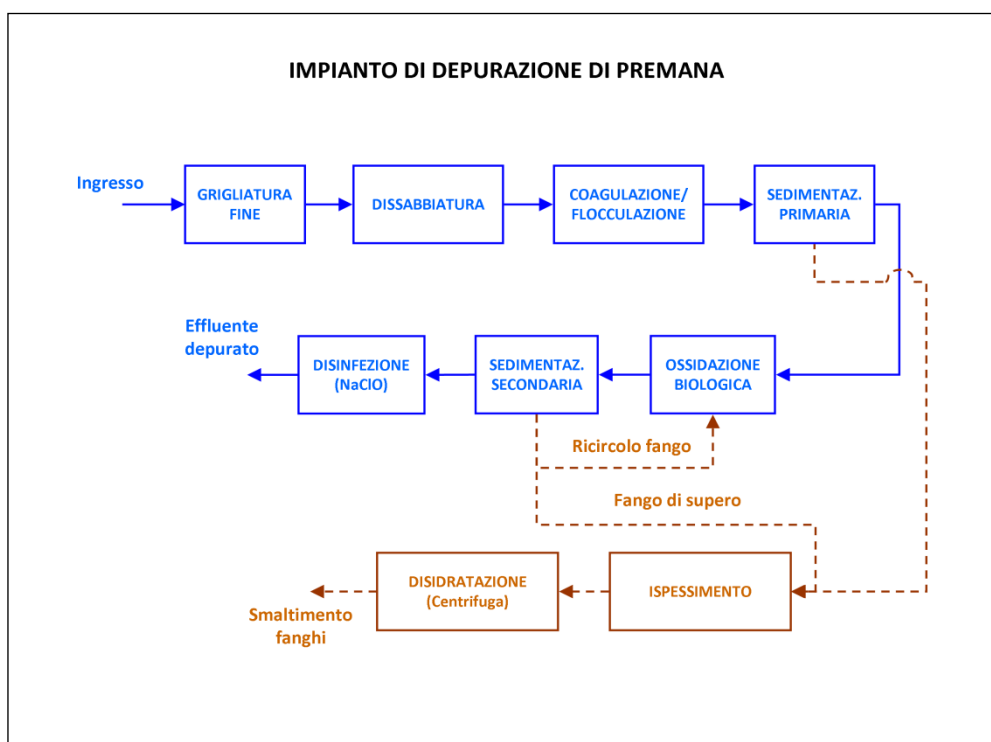
2.3.6. Impianto di Premana (LC)

Descrizione dell'impianto

L'impianto di depurazione di Premana (avviato nel 1980) ha una potenzialità di progetto di 2.000 A.E. e scarica nel Torrente Varrone. La fognatura che convoglia i reflui è di tipo misto.

Nella figura 2.50 è riportato lo schema a blocchi dell'impianto. È presente una fase di sedimentazione primaria a monte di un classico processo a fanghi attivi ad alto carico. Inoltre a monte della sedimentazione primaria, è previsto un trattamento di coagulazione-flocculazione allo scopo di proteggere il trattamento di ossidazione biologica dalla forte componente industriale dei reflui in ingresso.

Figura 2.50 – Premana: schema di trattamento dell’impianto di depurazione.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecn su dati Idroservice S.r.l., 2014

Nella tabella 2.14 sono riportate le dimensioni geometriche dei principali comparti.

Tabella 2.14 – Premana: dimensioni geometriche dei comparti principali.

COMPARTO	Numero unità	Superficie tot. [m ²]	Volume tot. [m ³]
Sedimentazione primaria	1	-	45
Ossidazione	1	-	650
Sedimentazione secondaria	1	-	155

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecn su dati Idroservice S.r.l., 2014

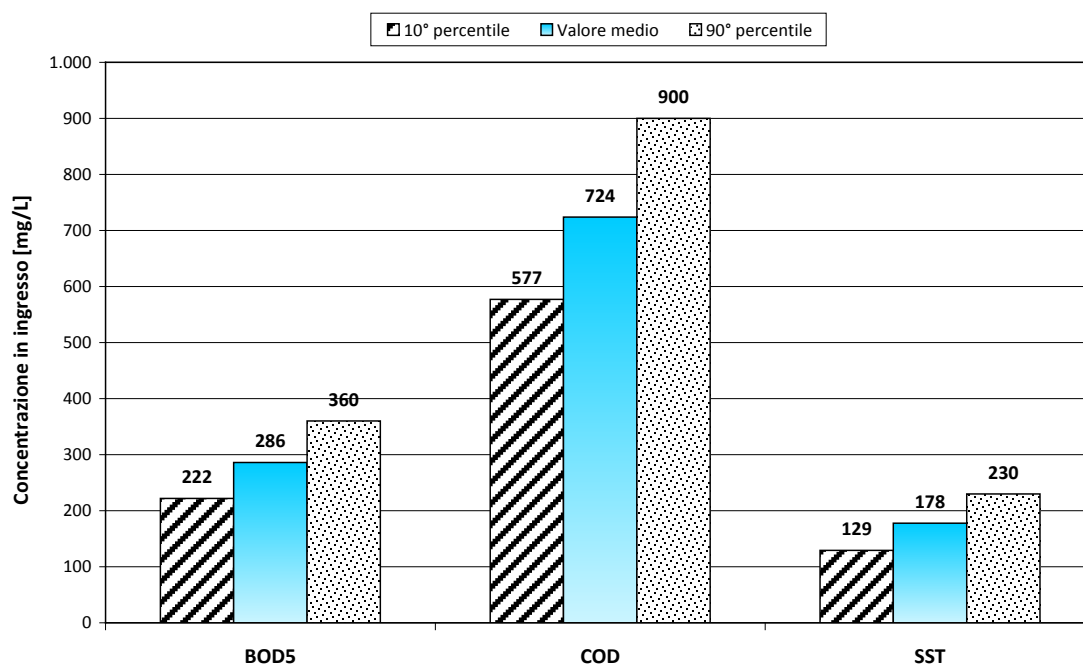
Caratteristiche del liquame influente

Per quanto riguarda la portata in ingresso il valore indicato è pari a 550 m³/d.

Nelle figure 2.51 e 2.52 sono riportate le caratteristiche qualitative, in termini di concentrazione degli inquinanti monitorati, del liquame in ingresso all’impianto (valore medio, 10° e 90° percentile).

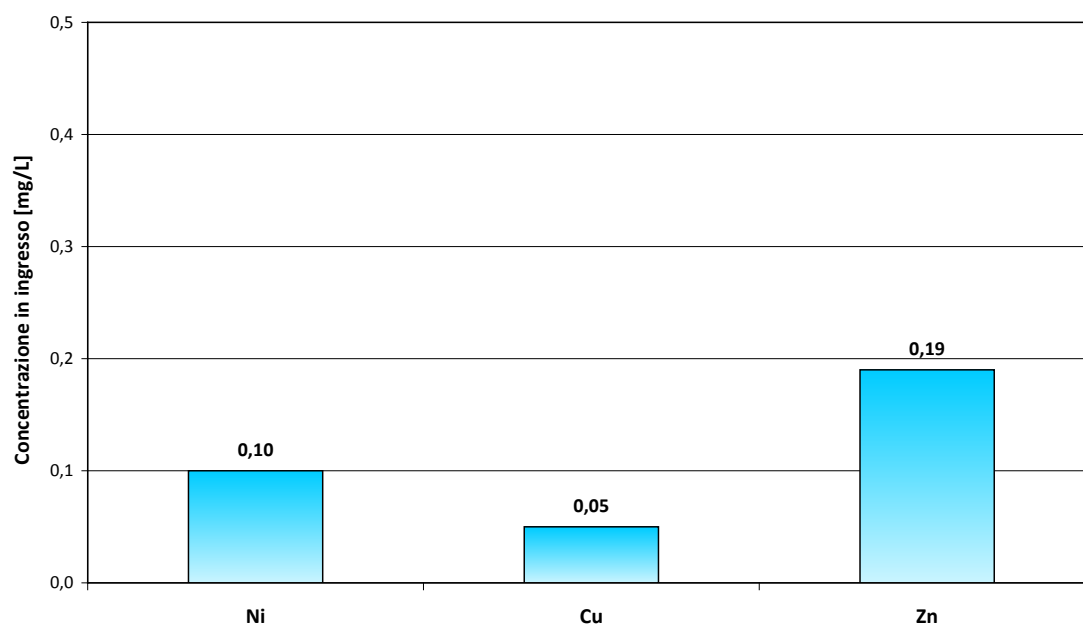
Le concentrazioni rilevate sono decisamente più elevate rispetto agli altri impianti presi in considerazione; probabilmente il contributo delle acque reflue industriali è tutt’altro che trascurabile (a Premana sono presenti numerosi aziende di lavorazione del metallo principalmente per la fabbricazione di coltelli e forbici).

Figura 2.51 – Premana: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.52 – Premana: concentrazioni di Ni, Cu e Zn (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all'impianto.



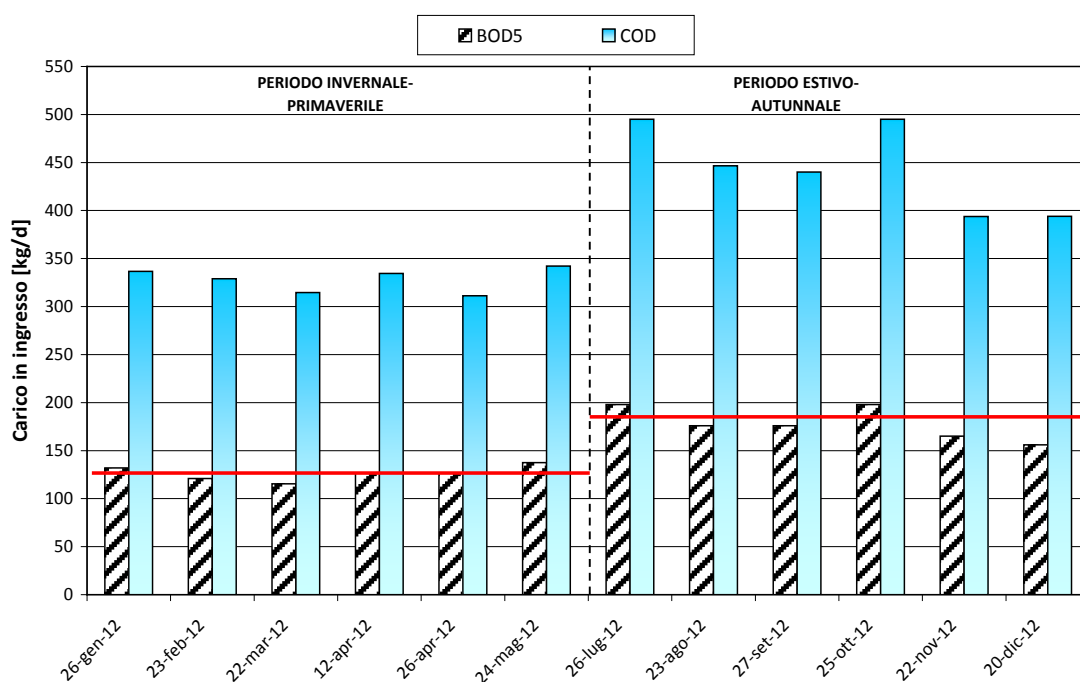
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Nelle figure 2.53 e 2.54 sono riportati gli andamenti dei carichi di BOD5, COD ed SST in ingresso all'impianto. Prendendo in considerazione i valori di BOD5 è possibile individuare due differenti periodi di riferimento:

31. - periodo invernale - primaverile, con un carico trattato di 2.000 A.E.;
32. - periodo estivo - autunnale, corrispondente ad un carico trattato di 3.000 A.E..

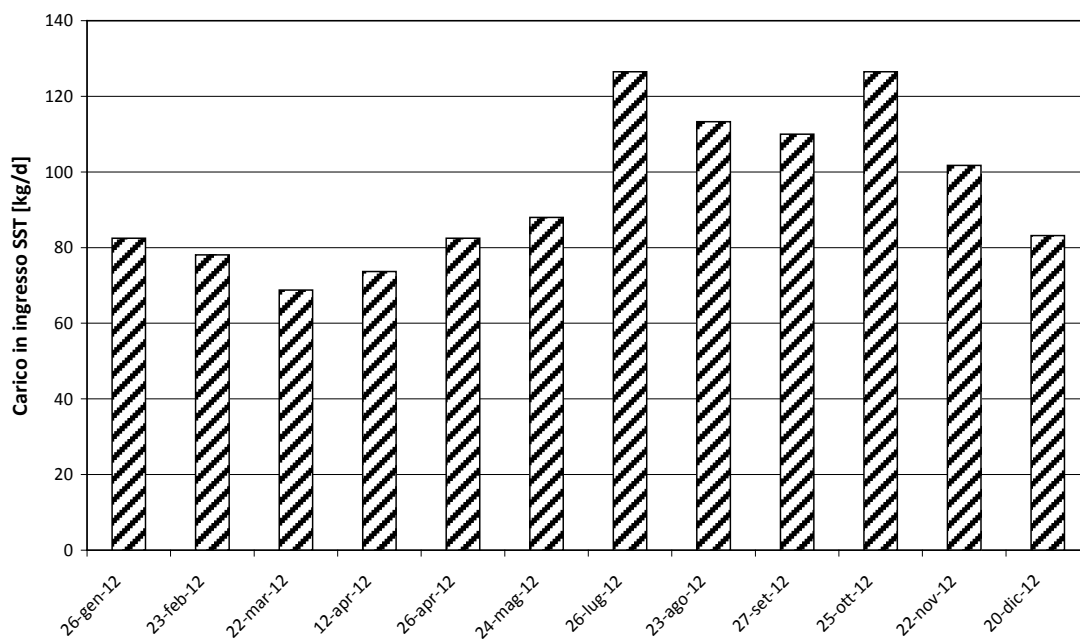
Anche i carichi di SST mostrano un andamento simile a quello analizzato in precedenza per BOD5 e COD.

Figura 2.53 – Premana: carico medio di BOD5 e COD in ingresso all'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.54 – Premana: carico medio di SST in ingresso all’impianto.

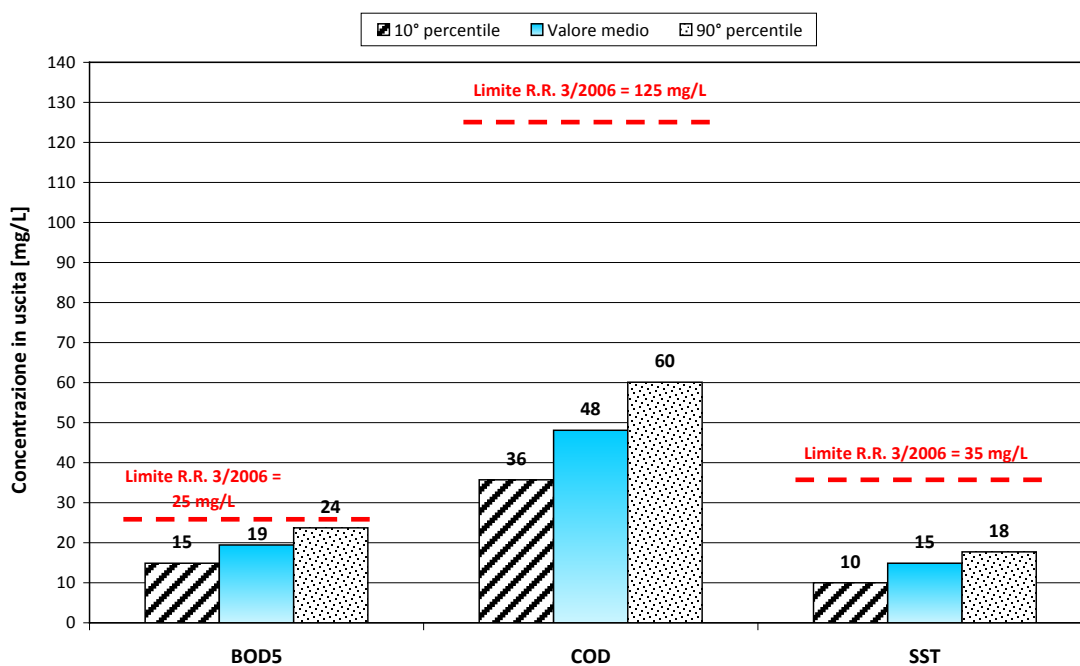


Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Caratteristiche dell’effluente depurato

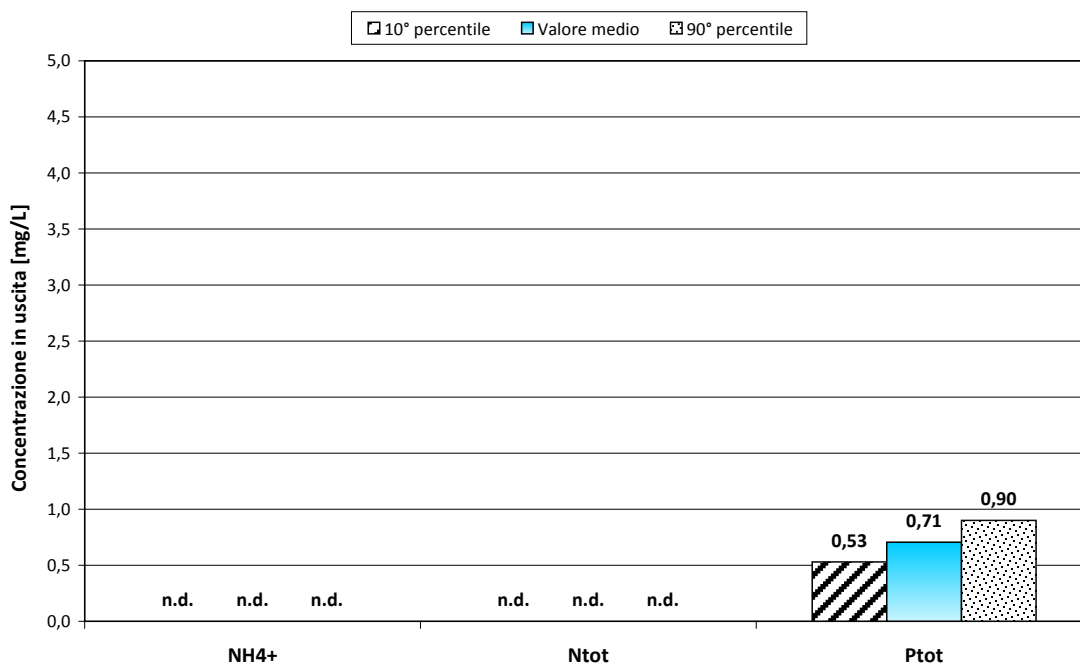
Nelle figure 2.55 e 2.56 sono riportate le concentrazioni (valore medio, 10° e 90° percentile) degli inquinanti monitorati nel liquame i uscita. Il valore relativo al 90° percentile per il BOD5 è molto prossimo al limite allo scarico indicato nel Regolamento Regionale n. 3/2006 che entrerà in vigore dal 2016. Per gli altri parametri non si osservano particolari problematiche.

Figura 2.55 – Premana: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.56 – Premana: concentrazioni di Ptot (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Prestazioni

Nella tabella 2.15 sono riportati, per i differenti periodi di funzionamento dell'impianto, i rendimenti di abbattimento di BOD₅ e COD.

Le prestazioni, in termini di rimozione della sostanza organica, sono molto buone.

Tabella 2.15 – Premana: rendimenti di rimozione dei principali inquinanti nelle diverse condizioni di funzionamento.

Parametro	Rendimento di rimozione [%]			Rendimenti attesi ¹ [%] (ISPRA, 2009; Bonomo, 2008; Masotti, 2011)
	Periodo invernale-primaverile	Periodo estivo-autunnale	Intero anno (2012)	
BOD ₅	92	94	93	88-98*
COD	93	94	93	75-80

* Tali rendimenti si riferiscono ad un carico del fango basso (viste le ridotte dimensioni del depuratore).

¹ I rendimenti attesi sono in funzione della tipologia di trattamenti presenti.

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Approfondimenti

I risultati delle verifiche di dimensionamento dei principali comparti nei diversi periodi di funzionamento dell'impianto sono riassunti nella tabella 2.16. I valori del carico idraulico e del flusso solido non sono stati calcolati poiché non sono state fornite indicazioni riguardanti la superficie del sedimentatore secondario.

Il comparto di ossidazione biologica e di sedimentazione secondaria risultano sovradimensionati per le caratteristiche delle acque reflue trattate; il sedimentatore primario è invece al limite per quanto riguarda il tempo di permanenza.

Tabella 2.16 – Premana: risultati della verifica di dimensionamento.

Comparto	Parametro di dimensionamento		Valore ottenuto			Valore atteso
			Periodo primaverile-estivo	Periodo autunnale	Intero anno (2012)	
Sediment. primaria	C.I.	[m h ⁻¹]	n.d.	n.d.	n.d.	1 – 2
	T _p	[h]	2,0	2,0	2,0	1,5 – 2
Ossidazione	C _F	[kgBOD ₅ kgSST ⁻¹ d ⁻¹]	0,03	0,05	0,04	0,1 – 0,15*
Sediment. secondaria	F.S.	[kgSST m ⁻² h ⁻¹]	n.d.	n.d.	n.d.	5 – 6
	C.I.	[m h ⁻¹]	n.d.	n.d.	n.d.	0,6 – 0,8
	T _p	[h]	6,8	6,8	6,8	3

* in questo caso, pur non essendo previsti trattamenti di rimozione spinta dell'azoto, viste le ridotte dimensioni del depuratore, si considera comunque un carico del fango basso.

n.d.: non disponibile

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

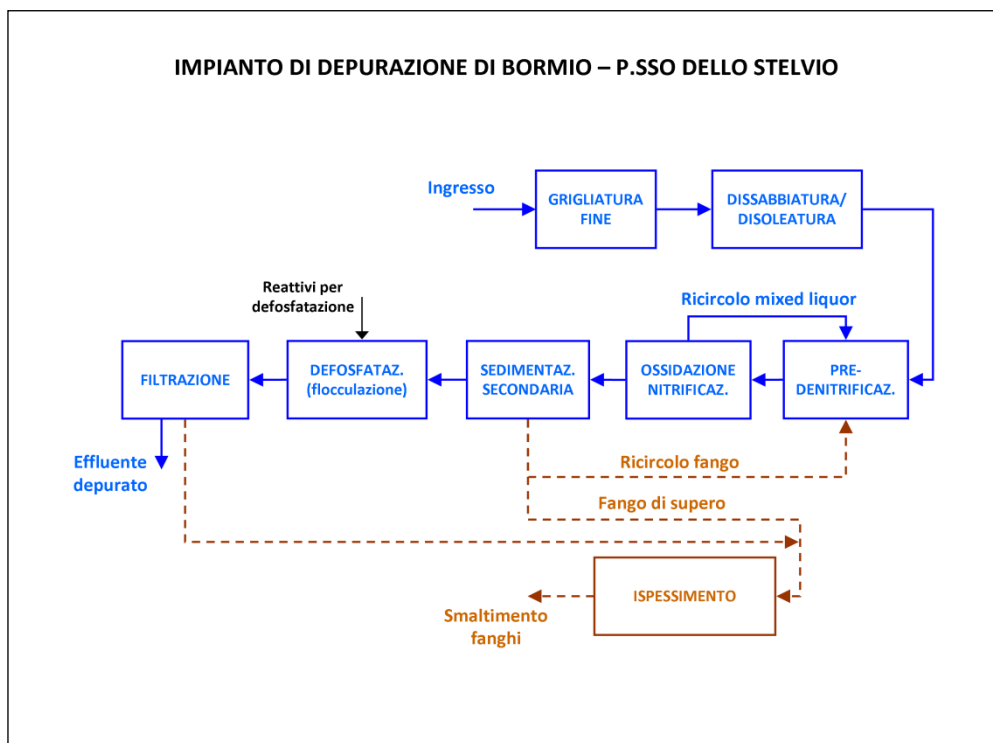
2.3.7. Impianto di Bormio – P.sso dello Stelvio (SO)

Descrizione dell'impianto

L'impianto di depurazione di Bormio – P.sso dello Stelvio, avviato nel 1998, ha una potenzialità di progetto di 1.900 A.E. e scarica nel Torrente Braulio. La fognatura a servizio dell'impianto è di tipo misto. Lo schema di trattamento (figura 2.57) prevede, oltre ai pre-trattamenti di grigliatura e dissabbiatura/disoleatura, un tradizionale impianto a fanghi attivi a basso carico con un comparto di pre-denitrificazione; è inoltre presente una fase di defosfatazione chimica a valle del trattamento biologico. La linea fanghi è costituita solamente dal solo ispessitore.

Nella tabella 2.17 sono riportate le dimensioni geometriche dei principali comparti.

Figura 2.57 – Bormio – P.sso dello Stelvio: schema di trattamento dell'impianto di depurazione.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati Società Multiservizi Alta Valle S.p.A., 2014

Tabella 2.17 – Bormio – P.sso dello Stelvio: dimensioni geometriche dei comparti principali.

COMPARTO	Numero unità	Superficie tot. [m ²]	Volume tot. [m ³]
Denitrificazione	1	20	80
Ossidazione-nitrificazione	2	40	160
Sedimentazione secondaria	1	20	76

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati Società Multiservizi Alta Valle S.p.A., 2014

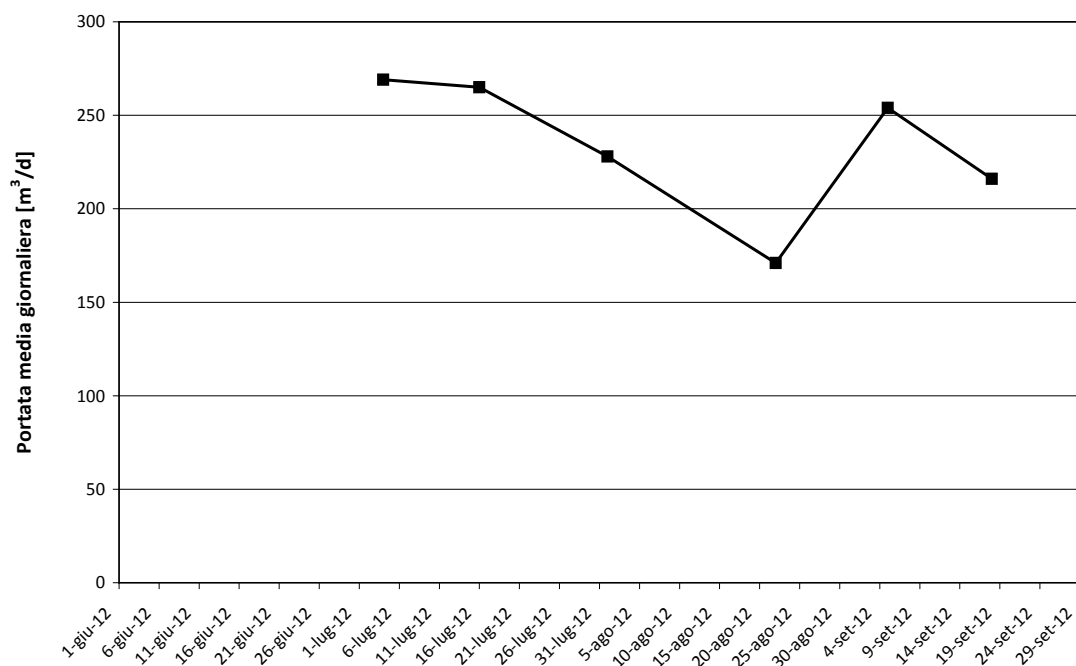
Caratteristiche del liquame influente

Nella figura 2.58 è riportato l'andamento della portata media giornaliera misurata nei mesi di luglio, agosto e settembre. L'impianto tratta mediamente 234 m³/d.

Le caratteristiche del liquame in ingresso all'impianto, in termini di concentrazioni dei differenti parametri inquinanti (valore medio, 10° e 90° percentile), sono riportate nelle figure 2.59 e 2.60.

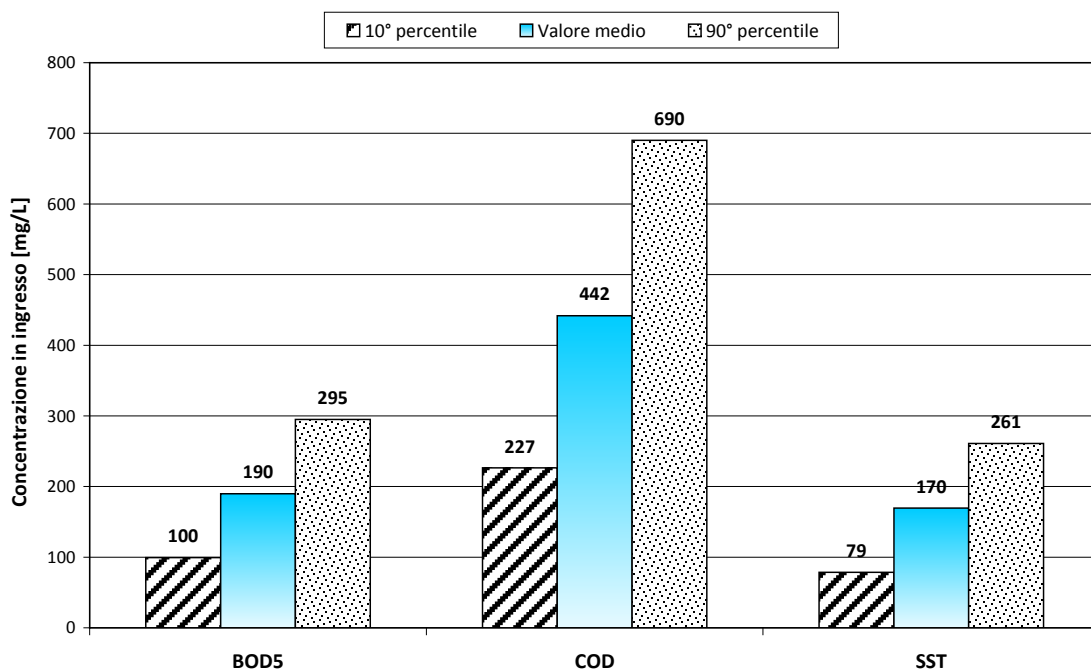
Le analisi si riferiscono ai mesi di luglio, agosto e settembre. Il rapporto tra COD e Ntot è tipico di un liquame di origine domestica.

Figura 2.58 – Bormio – P.sso dello Stelvio: portata media giornaliera in ingresso all'impianto di depurazione.



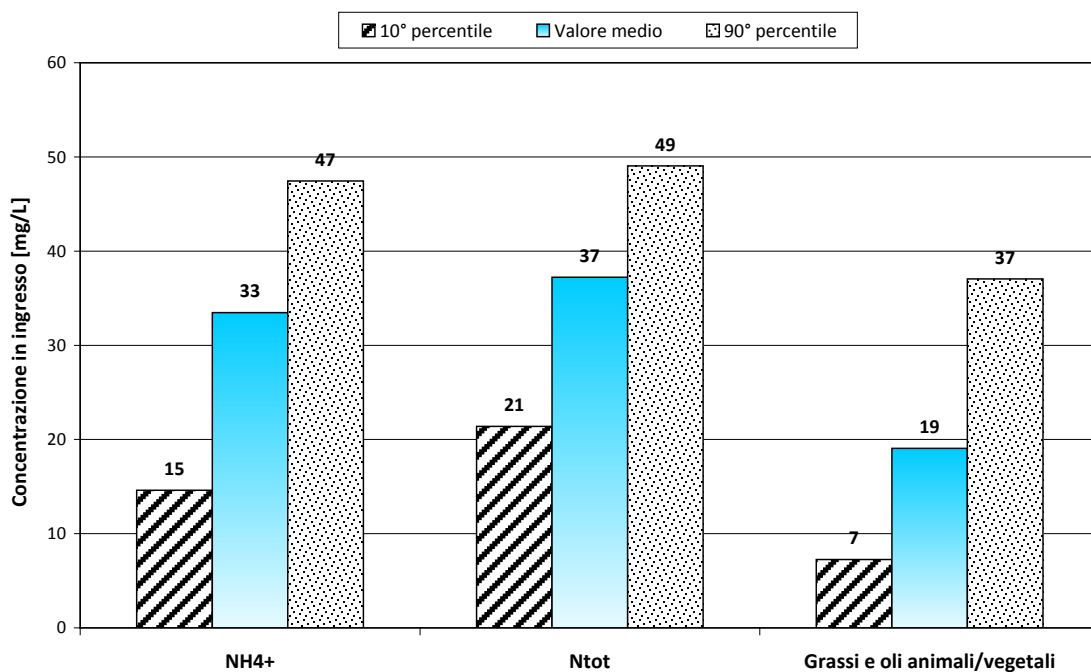
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.59 – Bormio – P.sso dello Stelvio: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all’impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.60 – Bormio – P.sso dello Stelvio: concentrazioni di NH4+, Ntot e grassi e oli animali/vegetali (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all’impianto.



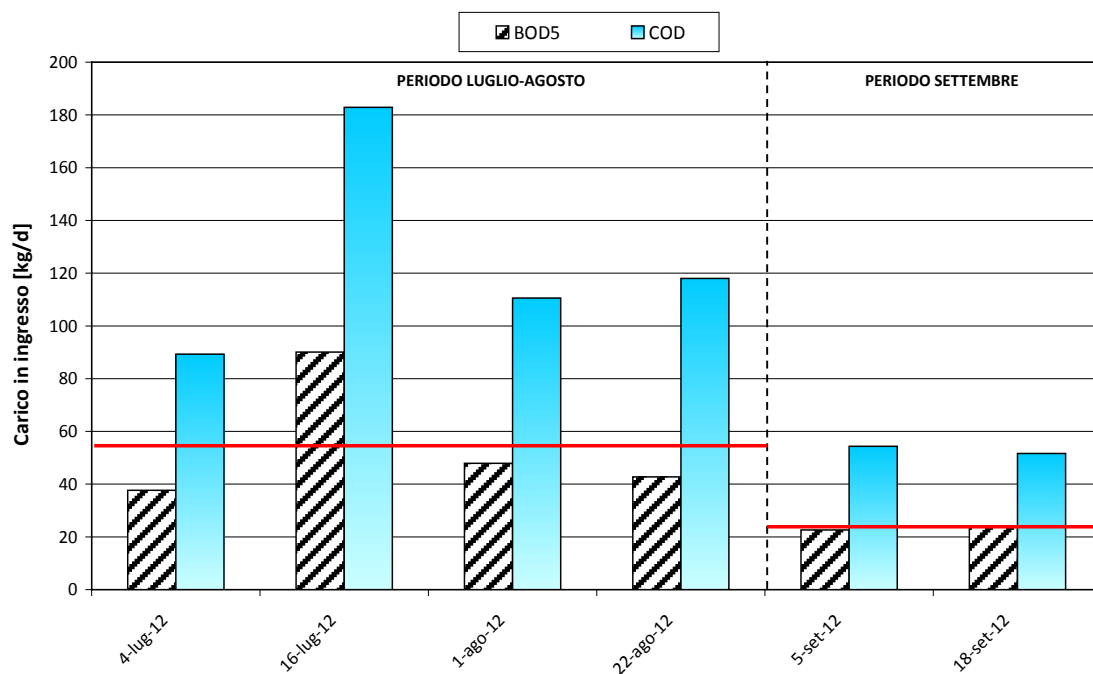
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Per quanto riguarda l’andamento dei carichi inquinanti, nelle figure 2.61 ÷ 2.63 sono indicati i valori dei carichi di BOD5, COD, SST e Ntot in ingresso all’impianto.

Prendendo in considerazione i valori di BOD5 si individuano i seguenti periodi di riferimento:

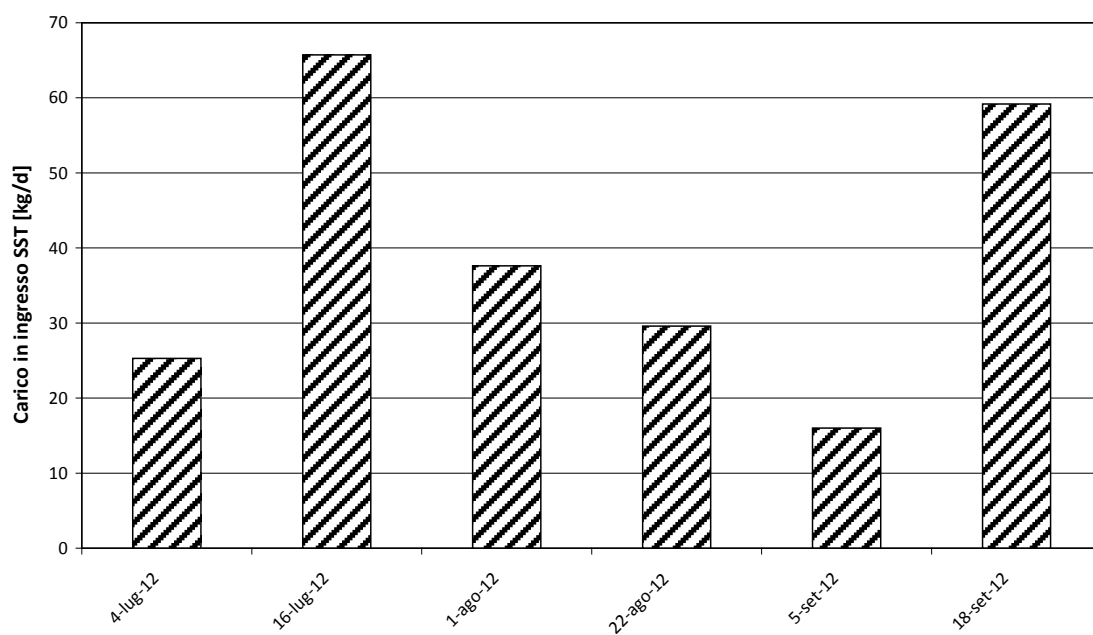
- 33. - periodo luglio - agosto, con un carico trattato di 900 A.E.;
- 34. - periodo settembre, con un carico in ingresso di 390 A.E..

Figura 2.61 – Bormio – P.sso dello Stelvio: carico medio di BOD5 e COD in ingresso all’impianto.



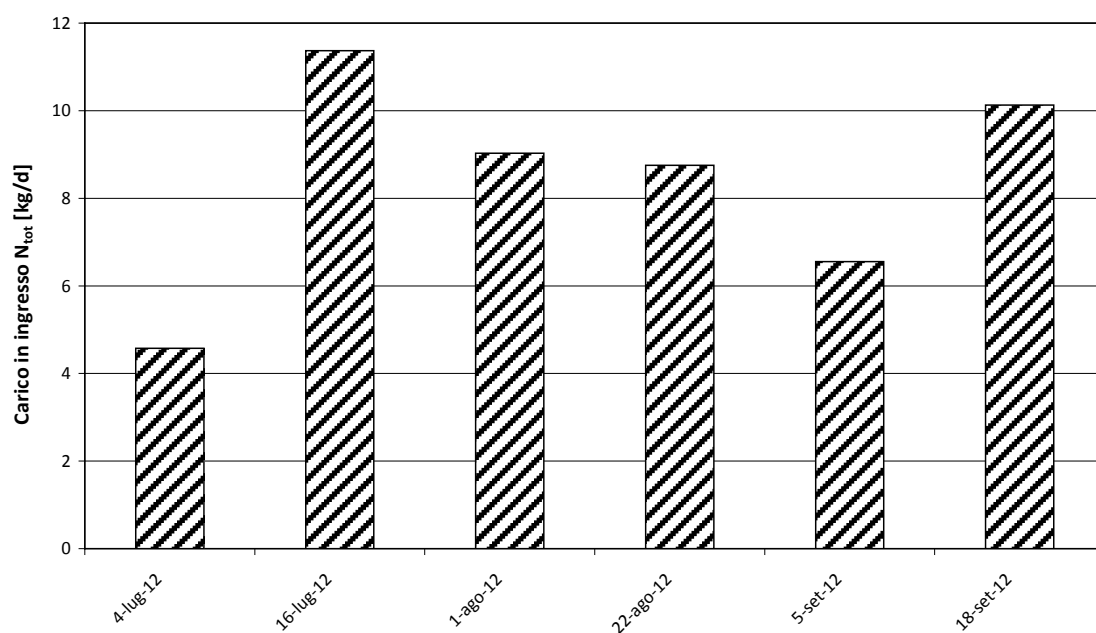
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.62 – Bormio – P.sso dello Stelvio: carico medio di SST in ingresso all’impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.63 – Bormio – P.sso dello Stelvio: carico medio di N_{tot} in ingresso all’impianto.



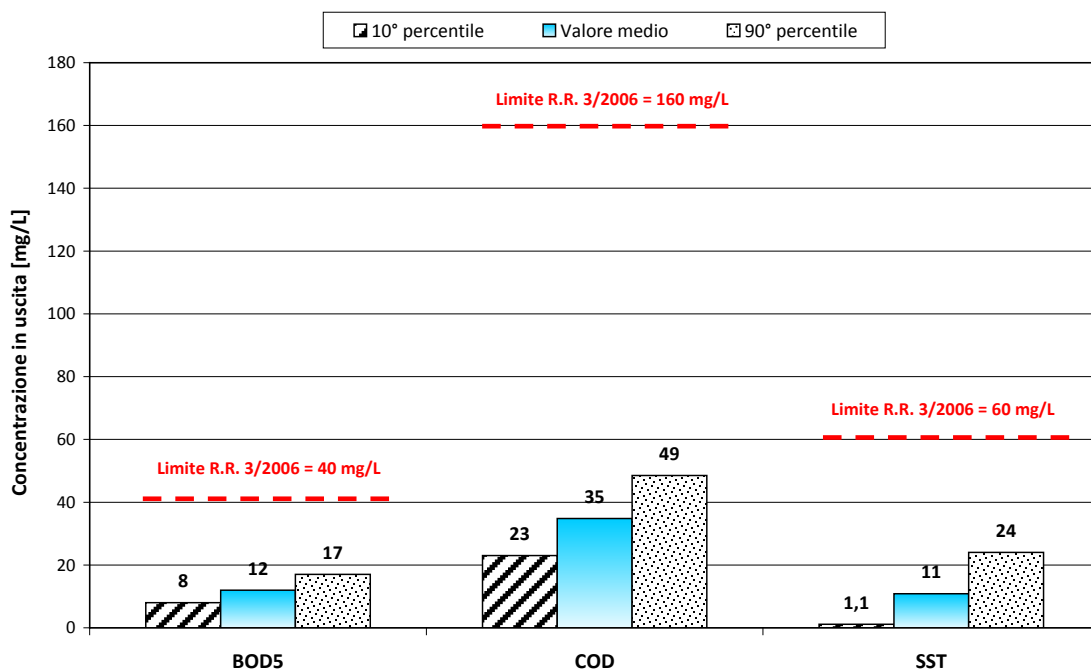
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Caratteristiche dell’effluente depurato

Nelle figure 2.64 ÷ 2.66 sono riportate le concentrazioni (valore medio, 10° e 90° percentile) degli inquinanti monitorati nell’effluente depurato, confrontate con i limiti del Regolamento Regionale n. 3/2006.

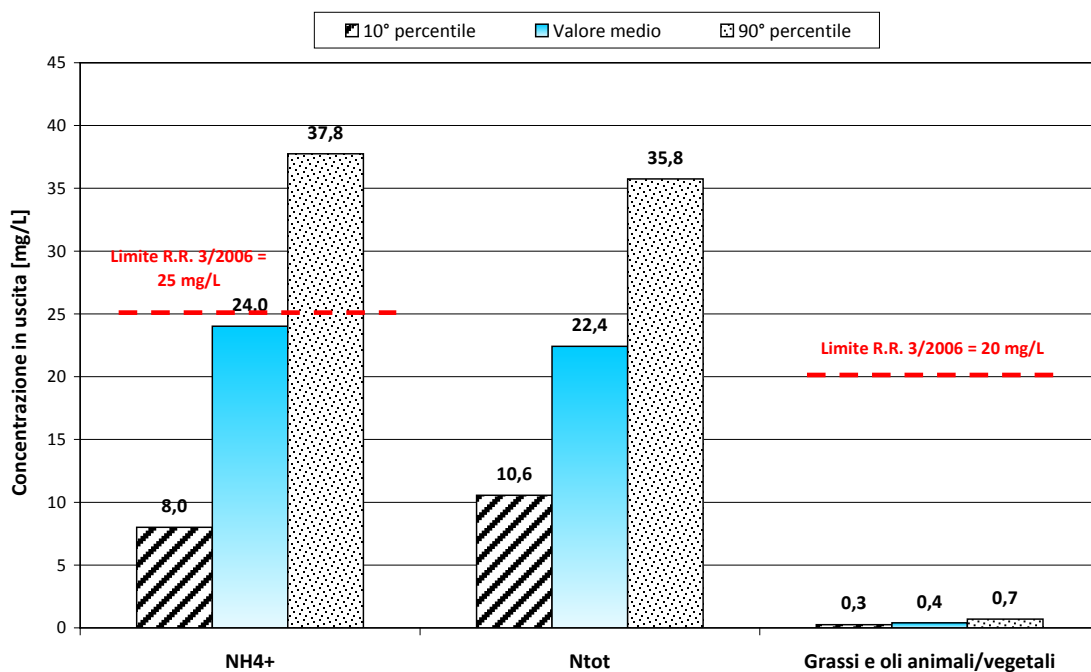
Per quanto riguarda BOD₅, COD ed SST non si osservano superamenti del limite futuro. Si nota invece una criticità per l’azoto ammoniacale, il cui valore (espresso come NH₄⁺) è molto prossimo a 25 mg/L (limite Tab. 2 All. B – Regolamento Regionale n. 3/2006) e nel caso del 90° percentile lo supera abbondantemente.

Figura 2.64 – Bormio – P.sso dello Stelvio: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



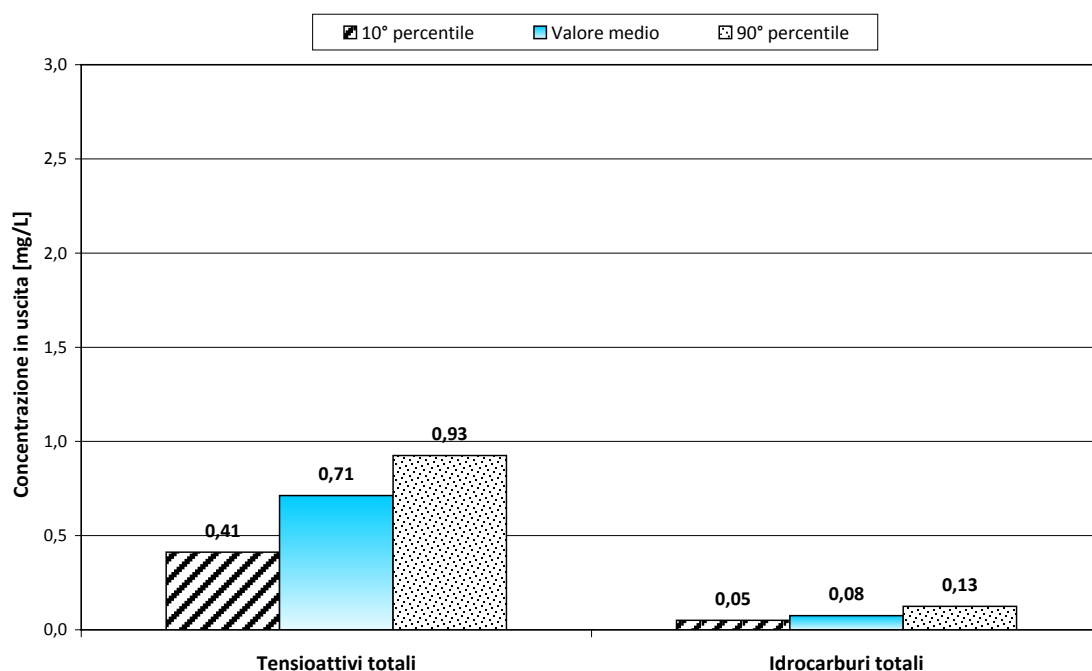
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.65 – Bormio – P.sso dello Stelvio: concentrazioni di NH4+, Ntot e grassi e oli animali/vegetali (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.66 – Bormio – P.sso dello Stelvio: concentrazioni di tensioattivi totali ed idrocarburi totali (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Prestazioni

Nella tabella 2.18 sono riportate le prestazioni dell'impianto in termini di rendimenti di rimozione degli inquinanti monitorati nei diversi periodi di funzionamento.

Le prestazioni, in termini di rimozione di BOD₅ e COD, sono molto buone; viceversa, per quanto riguarda l'abbattimento di N_{tot} i risultati ottenuti mostrano valori decisamente bassi e notevolmente inferiori ai rendimenti attesi (si tenga presente che l'impianto è dotato di nitrificazione e denitrificazione).

Tabella 2.18 – Bormio – P.sso dello Stelvio: rendimenti di rimozione dei principali inquinanti nelle diverse condizioni di funzionamento.

Parametro	Rendimento di rimozione [%]			Rendimenti attesi ¹ [%] (ISPRA, 2009; Bonomo, 2008; Masotti, 2011)
	Periodo luglio-agosto	Periodo settembre	Periodo estivo (2012)	
BOD ₅	95	89	94	88-98
COD	94	85	92	80-85
N _{tot}	45	37	42	60-85
TKN	24*	33*	26*	-

¹ I rendimenti attesi sono in funzione della tipologia di trattamenti presenti.

* Calcolato considerando l'assimilazione di azoto da parte della biomassa pari al 5% del BOD₅ abbattuto.

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Approfondimenti

Nella tabella 2.19 sono riportati i risultati delle verifiche di dimensionamento dei principali comparti nei diversi periodi di funzionamento dell'impianto.

Si osserva che il comparto di sedimentazione secondaria è dimensionato correttamente; viceversa la fase di denitrificazione è sottodimensionata.

Per quanto riguarda il comparto di ossidazione-nitrificazione, dal punto di vista del carico organico trattato il volume è sufficiente.

Calcolando invece la velocità di nitrificazione² si ottiene un valore compreso tra 0,003 e 0,005 kgTKN kgSSV-1 d-1 nei differenti periodi di funzionamento dell'impianto: tali valori sono decisamente inferiori rispetto a quelli riportati in letteratura (a 10 °C la velocità di nitrificazione, in accordo con Masotti, 2011, è compresa tra 0,02 e 0,04 kgTKN kgSSV-1 d-1) e dimostrano che il comparto di nitrificazione, nelle condizioni in cui si trova l'impianto, non è sufficiente dal punto di vista della volumetria. Tale risultato è in accordo anche con i bassi rendimenti di nitrificazione riportati nella tabella 2.18.

Tabella 2.19 – Bormio – P.sso dello Stelvio: risultati della verifica di dimensionamento.

Comparto	Parametro di dimensionamento	Valore ottenuto			Valore atteso
		Periodo luglio-agosto	Periodo settembre	Periodo estivo (2012)	
Denitrific.	v_{den} [gN-NO ₃ - kgSSV ⁻¹ h ⁻¹]	0,31	0,39	0,34	0,7*-1,1**
Ossid-nitrif.	C_F [kgBOD ₅ kgSST ⁻¹ d ⁻¹]	0,09	0,04	0,07	0,1 - 0,15
Sediment. secondaria	F_S [kgSST m ⁻² h ⁻¹]	3,9	3,9	3,9	5 - 6
	C_I [m h ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	0,6 - 0,8
	T_p [h]	7,8	7,8	7,8	3

* valore a 5 °C; ** valore a 10 °C; in altri casi è possibile utilizzare la formula $v_{den}(T) = v_{den}(20^{\circ}C) 1,1^{(T-20)}$

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

2.3.8. Impianto di Foppolo (BG)

Descrizione dell'impianto

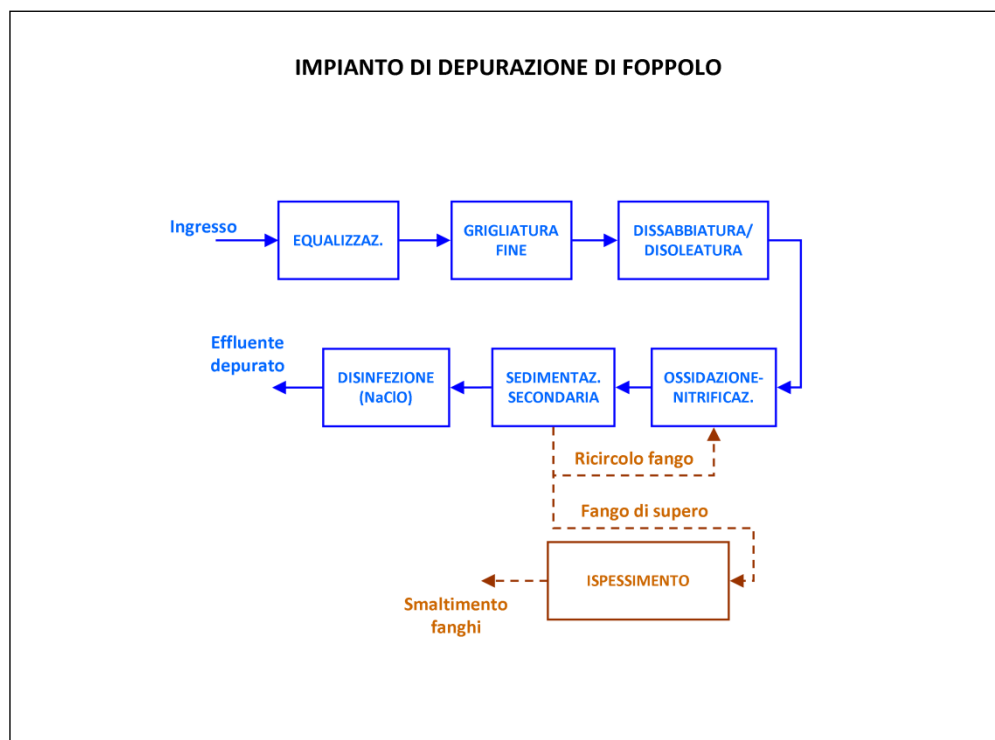
L'impianto di depurazione di Foppolo (avviato nel 2008) ha una potenzialità di progetto di 1.700 A.E. e scarica nel Torrente Foppolo. La fognatura che convoglia i reflui al depuratore è di tipo misto.

Nella figura 2.67 è riportato lo schema a blocchi dell'impianto.

² La velocità di nitrificazione può essere calcolata considerando il carico di TKN nitrificato (espresso in kg/d) e riferendolo al quantitativo di SSV presente in vasca di nitrificazione. Il valore di riferimento è fortemente influenzato dalla temperatura e varia da 0,01-0,02 kgTKN kgSSV-1 d-1 per temperature di 5 °C, a 0,08-0,15 kgTKN kgSSV-1 d-1 per temperature di 20 °C (Masotti, 2011).

Nella tabella 2.20 sono riportate le dimensioni geometriche dei principali comparti.

Figura 2.67 – Foppolo: schema di trattamento dell’impianto di depurazione.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati UNIAACQUE S.p.A., 2014

Tabella 2.20 – Foppolo: dimensioni geometriche dei comparti principali.

COMPARTO	Numero unità	Superficie tot. [m ²]	Volume tot. [m ³]
Equalizzazione	1	-	290
Dissabbiatura/Disoleatura	1	-	25
Ossidazione-nitrificazione	1	-	150
Sedimentazione secondaria	1	-	48
Disinfezione	1	-	22

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati UNIAACQUE S.p.A., 2014

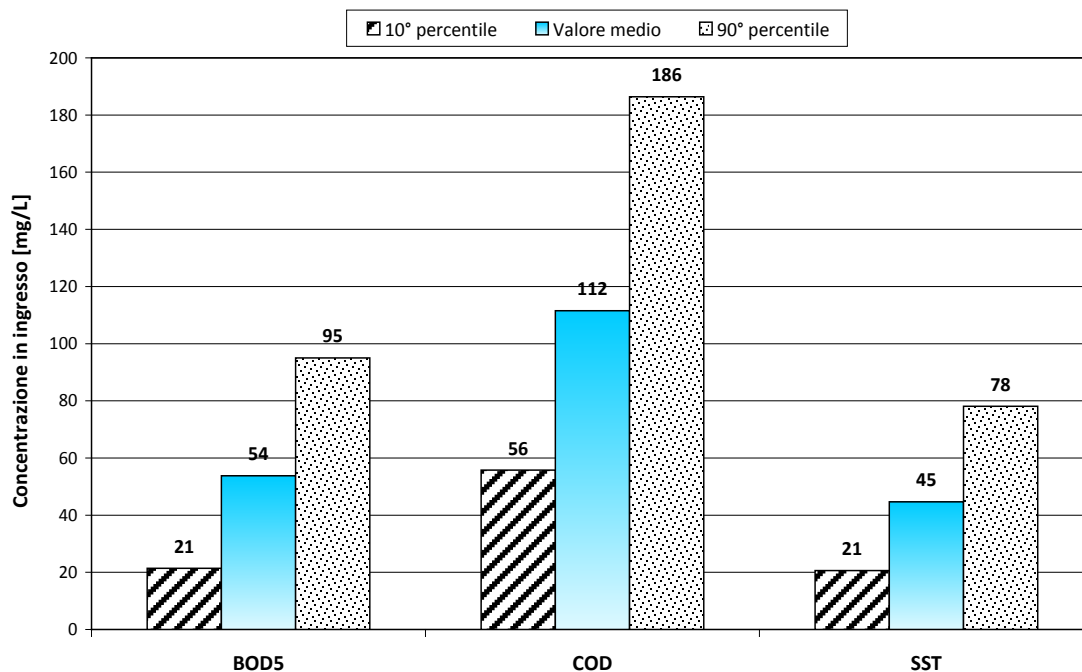
Caratteristiche del liquame influente

Per quanto riguarda la portata in ingresso all’impianto, i dati a disposizione riportano un valore medio giornaliero pari a 200 m³/d.

Nelle figure 2.68 e 2.69 sono riportate le concentrazioni degli inquinanti (valore medio, 10° e 90° percentile) misurati in ingresso all’impianto di depurazione.

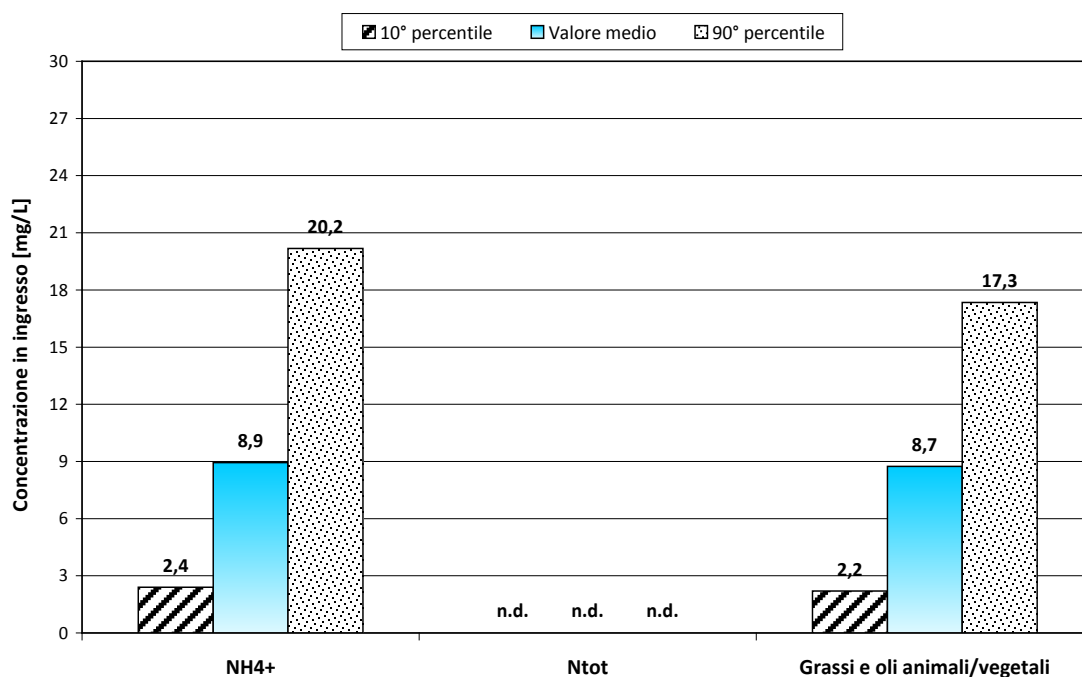
Le concentrazioni di BOD5, COD, SST e Ntot e Ptot sono inferiori rispetto a quelle normalmente rilevate per un liquame di natura domestica probabilmente a causa dell'arrivo di acqua dello scioglimento dei ghiacciai.

Figura 2.68 – Foppolo: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.69 – Foppolo: concentrazioni di NH4+ e grassi e oli animali/vegetali (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all'impianto.

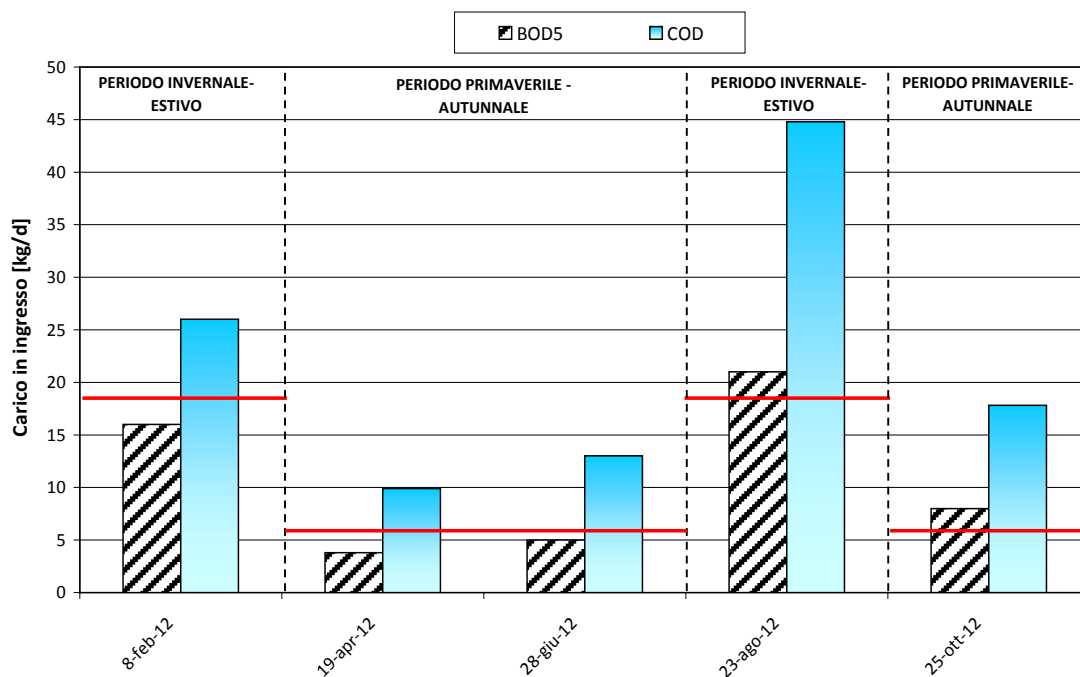


Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Nelle figure 2.70 ÷ 2.72 sono indicati gli andamenti dei carichi di BOD5, COD, SST e NH4+ in ingresso all'impianto. Prendendo in considerazione i valori di BOD5 si individuano i seguenti periodi di riferimento:

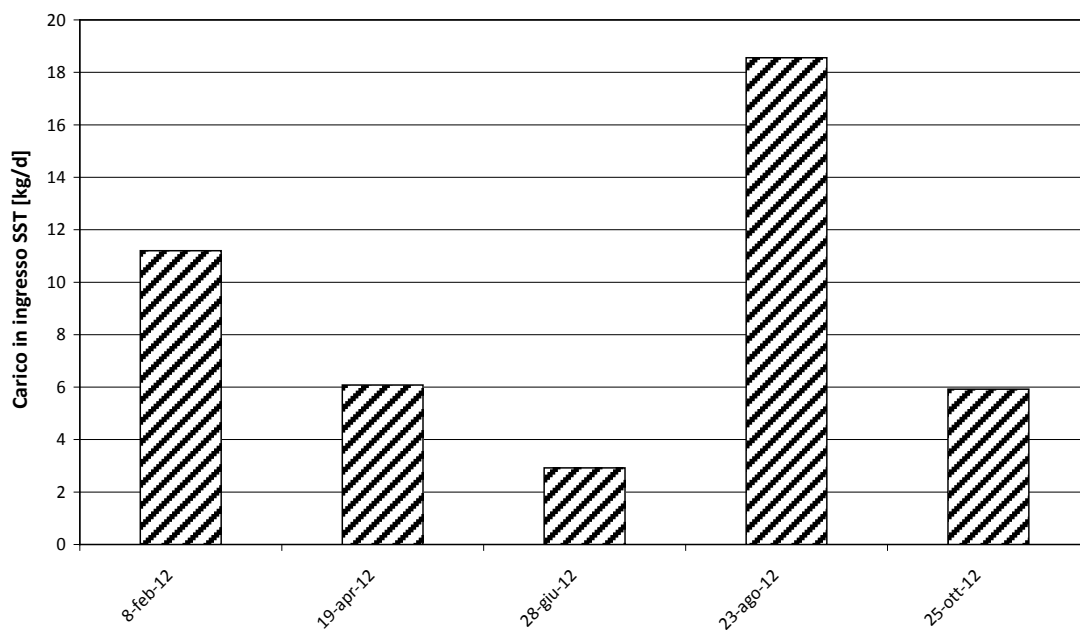
- periodo invernale - estivo, con un carico trattato di 310 A.E.;
- periodo primaverile - autunnale, corrispondente ad un carico in ingresso di 100 A.E..

Figura 2.70 – Foppolo: carico medio di BOD5 e COD in ingresso all'impianto.



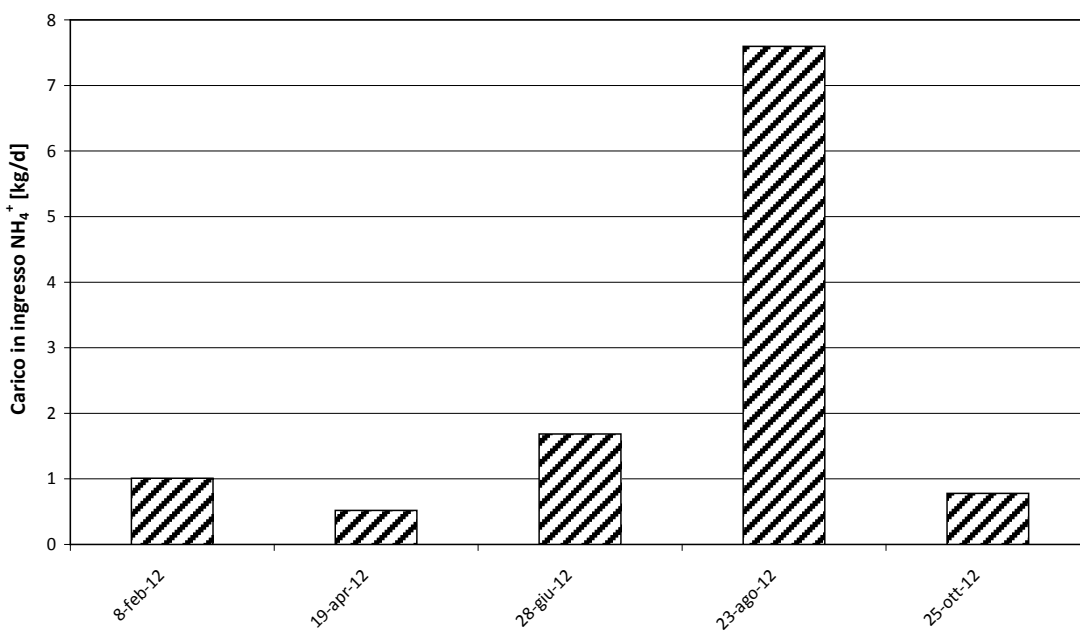
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Figura 2.71 – Foppolo: carico medio di SST in ingresso all'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.72 – Foppolo: carico medio di NH_4^+ in ingresso all'impianto.



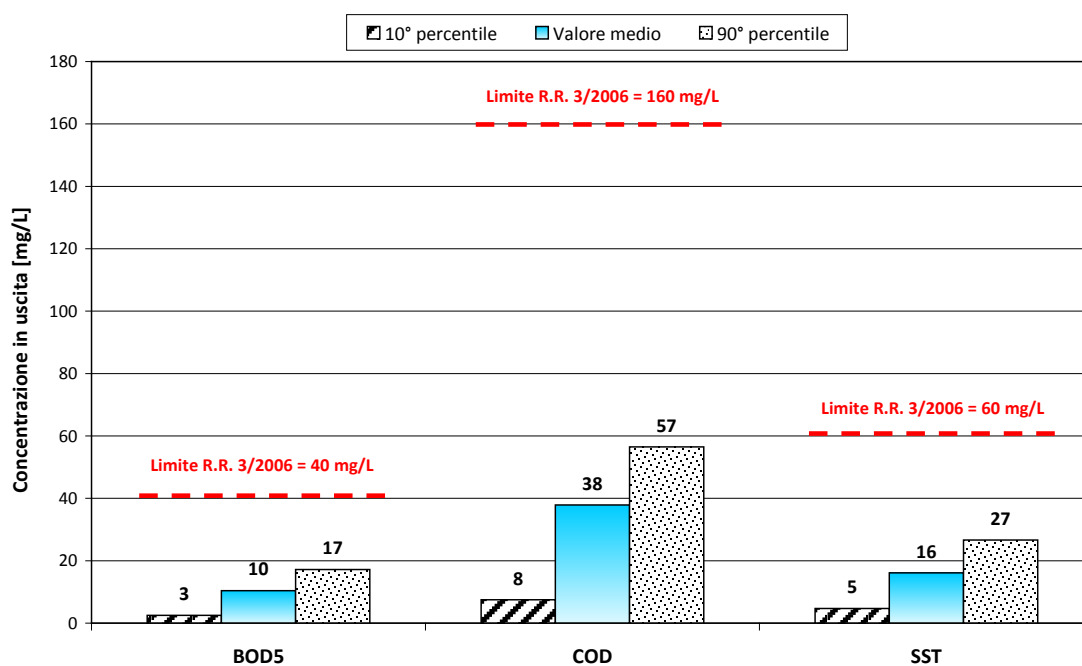
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Caratteristiche dell'effluente depurato

Per quanto riguarda le caratteristiche degli effluenti, nelle figure 2.73 e 2.74 sono indicate le concentrazioni degli inquinanti (valore medio, 10° e 90° percentile) monitorati in uscita; sono inoltre indicati i limiti riportati nel Regolamento Regionale n. 3/2006.

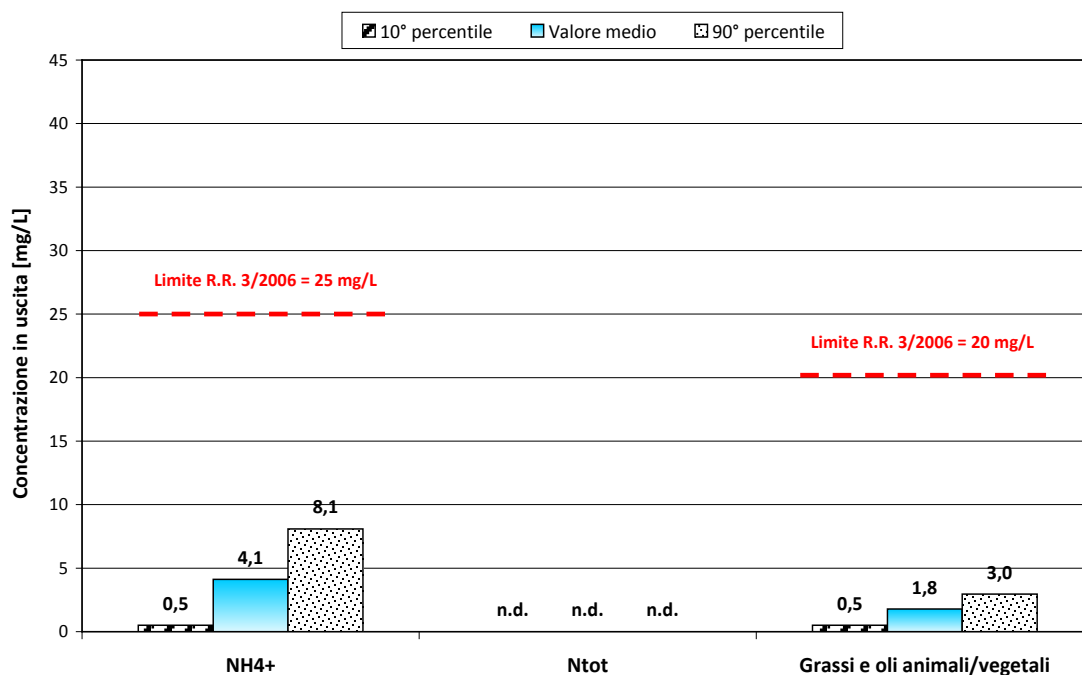
Si nota che i valori ottenuti sono ben al di sotto dei limiti di futura applicazione.

Figura 2.73 – Foppolo: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.74 – Foppolo: concentrazioni di NH_4^+ e grassi e oli animali/vegetali (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Prestazioni

Nella tabella 2.21 sono riportate le prestazioni dell'impianto in termini di rendimenti di rimozione degli inquinanti monitorati nei diversi periodi di funzionamento.

I rendimenti di rimozione sono bassi e notevolmente inferiori ai valori attesi, probabilmente anche per effetto delle basse concentrazioni di inquinanti in ingresso.

Tabella 2.21 – Foppolo: rendimenti di rimozione dei principali inquinanti nelle diverse condizioni di funzionamento.

Parametro	Rendimento di rimozione [%]			Rendimenti attesi ¹ [%] (ISPRA, 2009; Bonomo, 2008; Masotti, 2011)
	Periodo invernale- estivo	Periodo primaverile-autunnale	Intero anno (2012)	
BOD ₅	75	73	75	88-98
COD	54	59	56	80-85
TKN	44*	58*	47*	-

¹ I rendimenti attesi sono in funzione della tipologia di trattamenti presenti.

* Calcolato considerando l'assimilazione di azoto da parte della biomassa pari al 5% del BOD₅ abbattuto.

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Approfondimenti

Nella tabella 2.22 sono riportati i risultati delle verifiche di dimensionamento dei principali comparti nei diversi periodi di funzionamento dell'impianto.

Dal punto di vista del tempo di permanenza, la sedimentazione secondaria è dimensionata correttamente; i valori del carico idraulico e del flusso solido non sono stati calcolati poiché non sono state fornite indicazioni riguardanti la superficie.

In merito al comparto di ossidazione-nitrificazione, in tutti i periodi di funzionamento dell'impianto, il carico del fango assume valori decisamente bassi; tale fase risulta dimensionata correttamente, sebbene i rendimenti di rimozione della sostanza organica siano bassi, ma sostanzialmente imputabili alla notevole diluizione del liquame influente.

Tabella 2.22 – Foppolo: risultati della verifica di dimensionamento.

Comparto	Parametro di dimensionamento		Valore ottenuto			Valore atteso
			Periodo invernale-estivo	Periodo primaverile-autunnale	Intero anno (2012)	
Ossid-nitrif.	C _F	[kgBOD ₅ kgSST ⁻¹ d ⁻¹]	0,03	0,01	0,02	0,1 – 0,15
Sediment. secondari a	F.	[kgSST m ⁻² h ⁻¹]	n.d.	n.d.	n.d.	5 – 6
	S.		n.d.	n.d.	n.d.	
	C.	[m h ⁻¹]	n.d.	n.d.	n.d.	0,6 – 0,8
	I.					
	T _p	[h]	5,8	5,8	5,8	3

n.d.: non disponibile

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

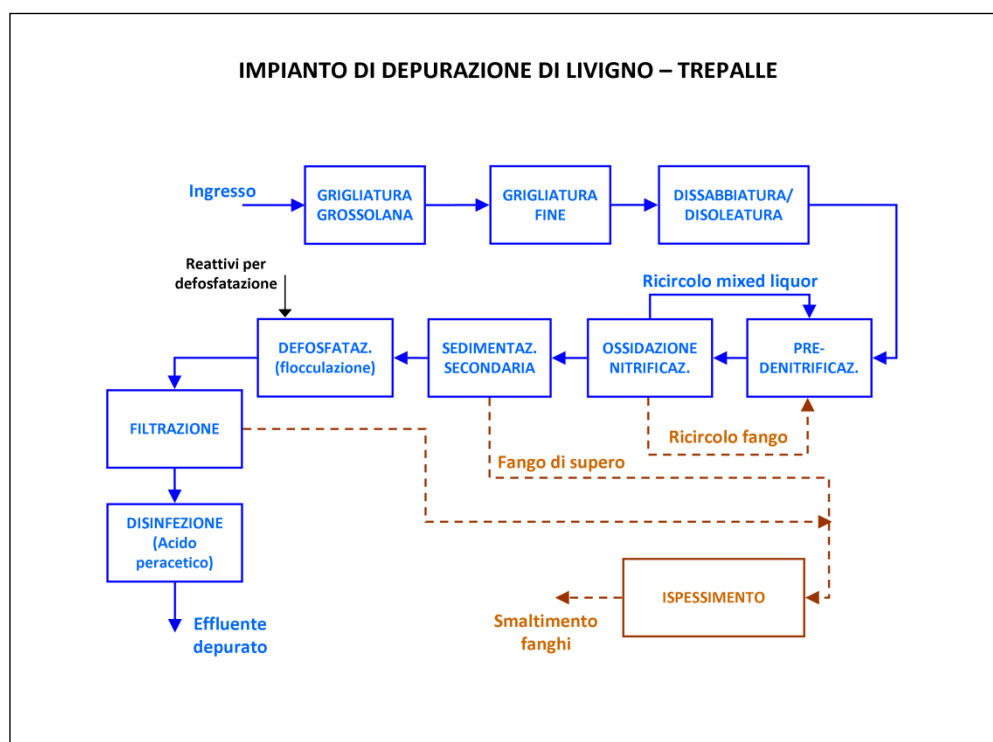
2.3.9. Impianto di Livigno - Trepalle (SO)

Descrizione dell'impianto

L'impianto di depurazione di Livigno – Trepalle (avviato nel 2005) ha una potenzialità di progetto di 1.600 A.E. e scarica nel Torrente Vallaccia. La fognatura a servizio del depuratore è di tipo misto. L'impianto risente inoltre di un sensibile afflusso turistico.

Lo schema di trattamento (figura 2.75) prevede, oltre ai pre-trattamenti di grigliatura e dissabbiatura/disoleatura, un processo a fanghi attivi con pre-denitrificazione ed un trattamento terziario di rimozione del fosforo mediante flocculazione e filtrazione; infine è presente una sezione di disinfezione con acido peracetico.

Figura 2.75 – Livigno – Trepalle: schema di trattamento dell’impianto di depurazione.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati Comune di Livigno, 2014

Nella tabella 2.23 sono riportate le dimensioni geometriche dei principali comparti.

Tabella 2.23 – Livigno – Trepalle: dimensioni geometriche dei comparti principali.

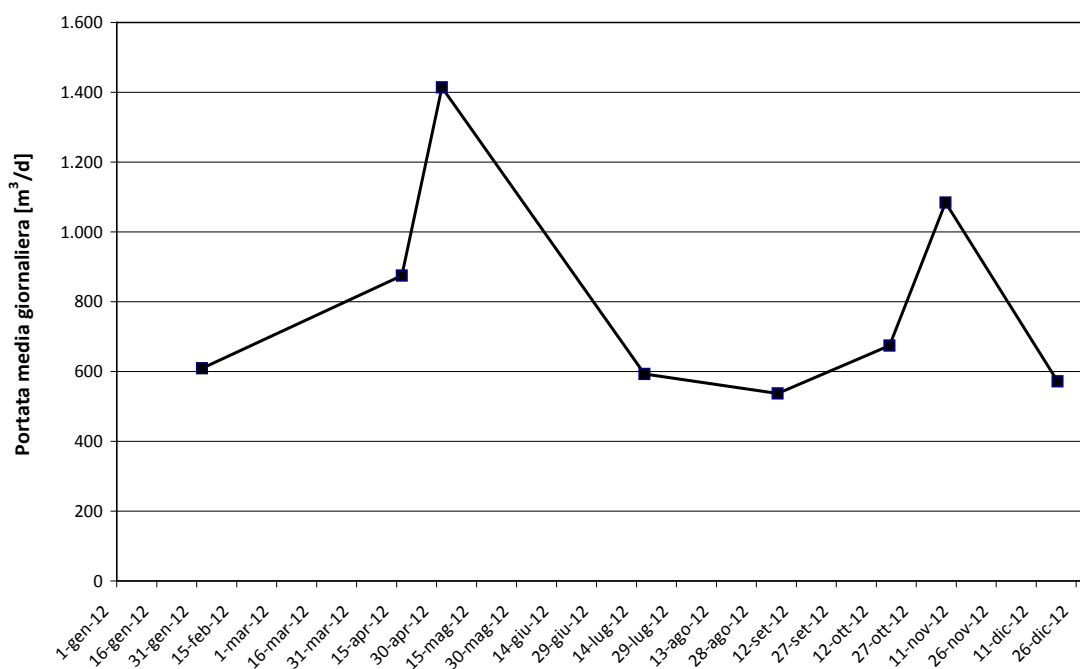
COMPARTO	Numero unità	Superficie tot. [m ²]	Volume tot. [m ³]
Denitrificazione	2	64	223
Ossidazione-nitrificazione	2	87	284
Sedimentazione secondaria	2	56	196

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati Comune di Livigno, 2014

Caratteristiche del liquame influente

Nella figura 2.76 è riportato l'andamento della portata media giornaliera in ingresso all'impianto. Considerando tutti i dati a disposizione mediamente l'impianto tratta 795 m³/d, con picchi nella stagione primaverile ed autunnale di oltre 1.000 m³/d.

Figura 2.76 – Livigno – Trepalle: portata media giornaliera in ingresso all'impianto.

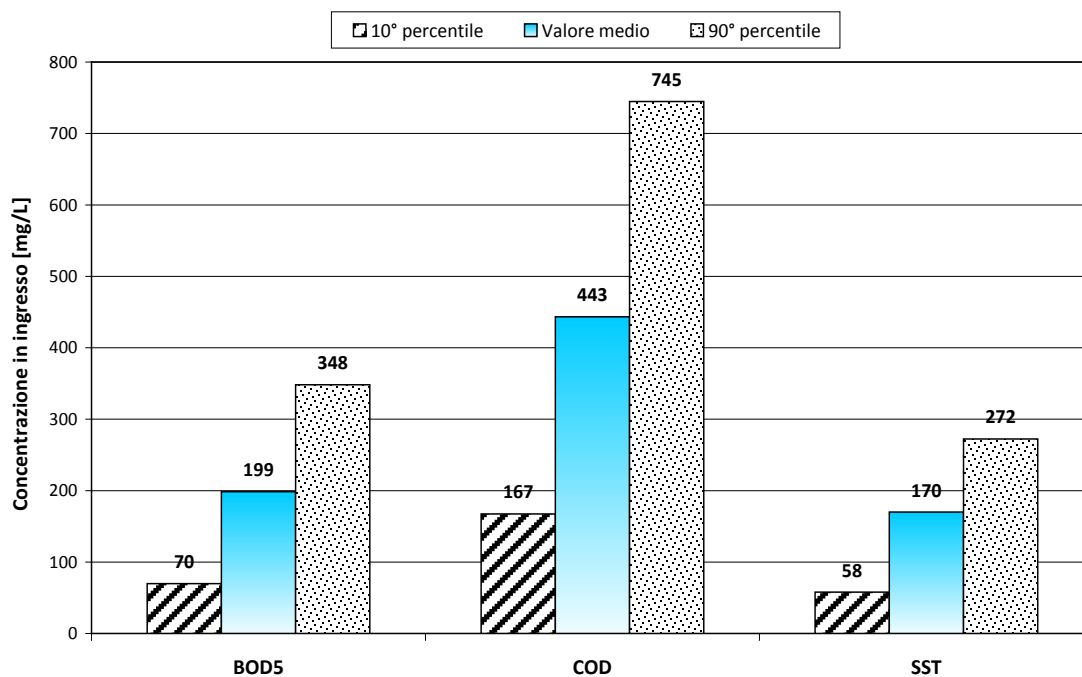


Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Nelle figure 2.77 e 2.78 sono riportate le concentrazioni degli inquinanti (valore medio, 10° e 90° percentile) misurati in ingresso all'impianto di depurazione.

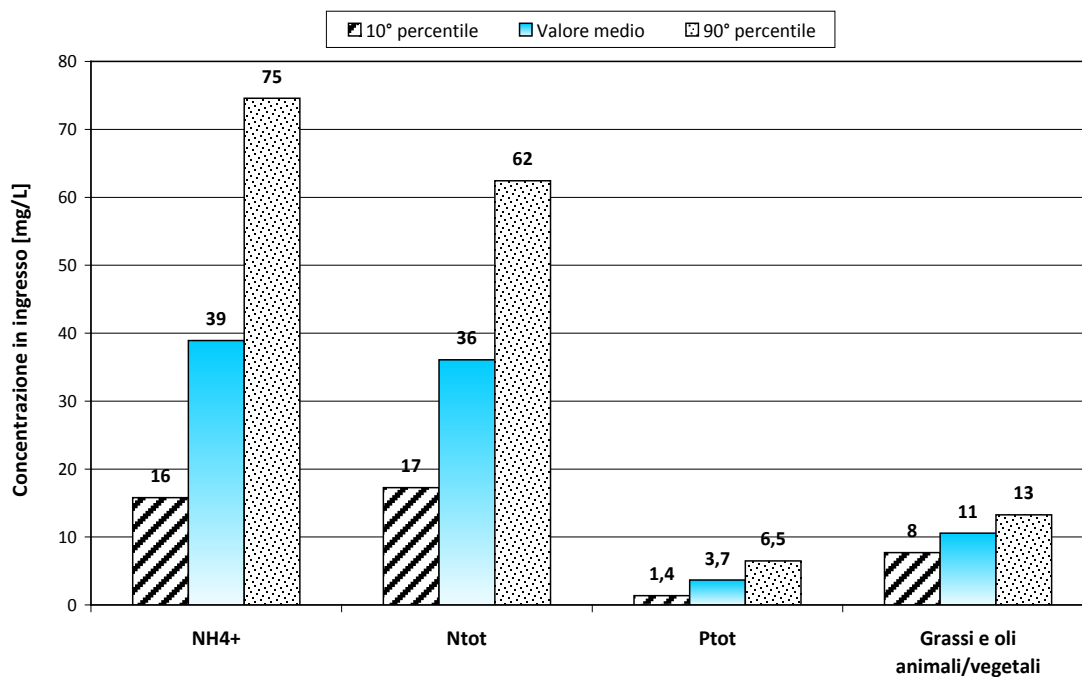
Si osserva inoltre una sensibile carenza di fosforo rispetto ad un liquame di origine domestica.

Figura 2.77 – Livigno – Trepalle: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.78 – Livigno – Trepalle: concentrazioni di NH4+, Ntot, Ptot e grassi e oli animali/vegetali (valore medio, 10° e 90° percentile) in ingresso all'impianto.



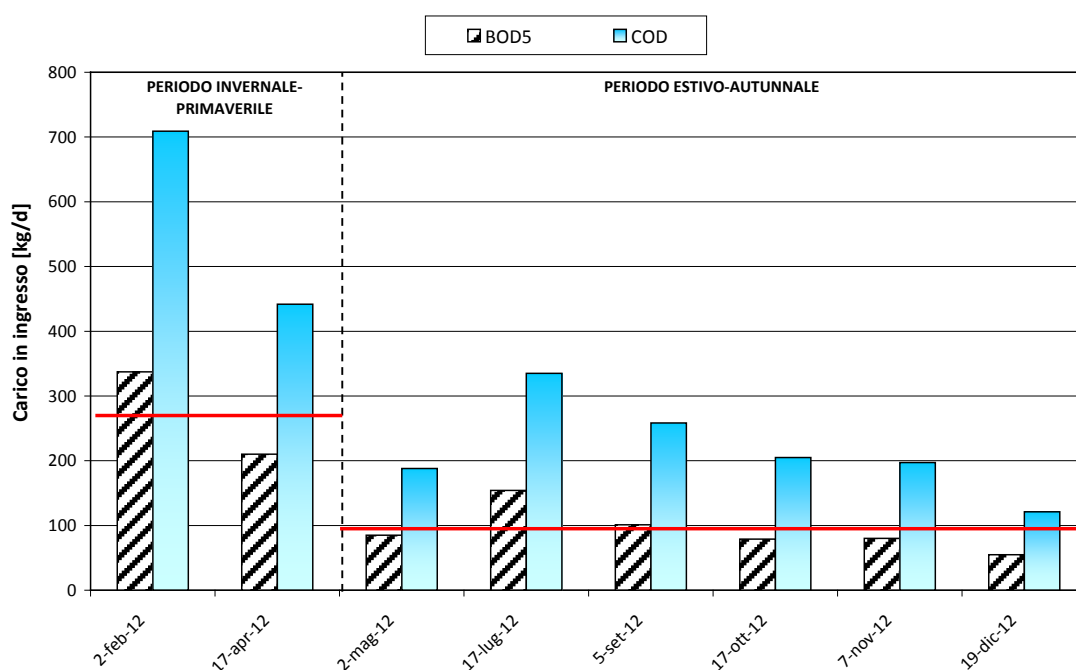
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Nelle figure 2.79 ÷ 2.82 sono riportati gli andamenti dei carichi di BOD5, COD, SST, Ntot e Ptot in ingresso all'impianto. Sulla base dei valori di BOD5 si individuano due periodi di riferimento:

- 35. - periodo invernale - primaverile, con un carico trattato di circa 4.500 A.E.; tale valore è decisamente superiore al dato di progetto (pari a 1.600 A.E.);
- 36. - periodo estivo - autunnale, che corrisponde ad un carico in ingresso di 1.500 A.E..

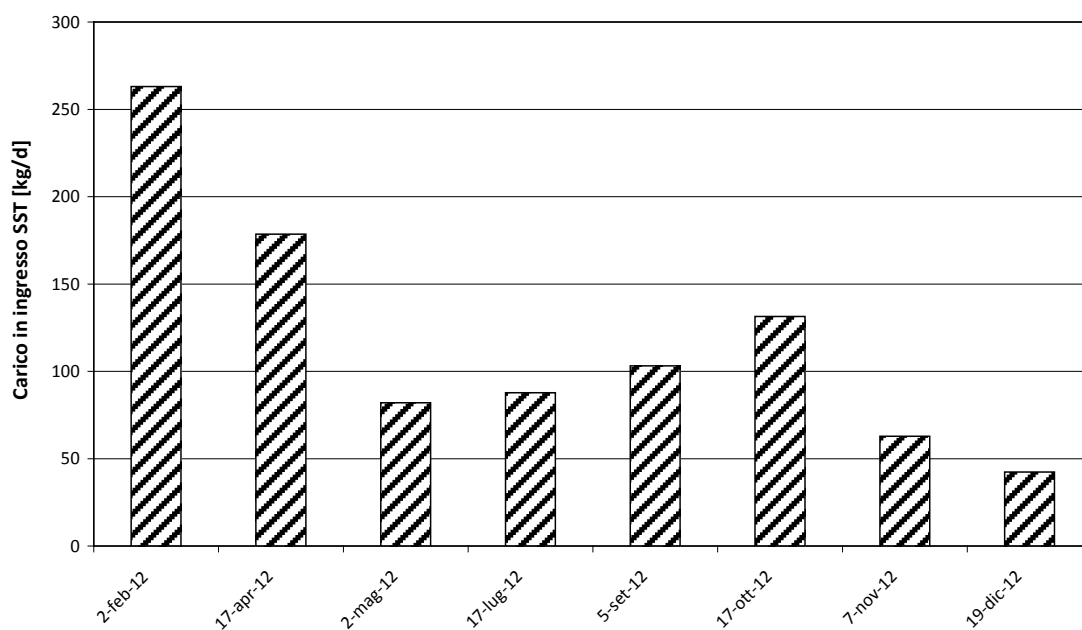
Gli andamenti dei carichi degli altri inquinanti presi in considerazione sono analoghi a quelli rilevati per BOD5 e COD.

Figura 2.79 – Livigno – Trepalle: carico medio di BOD5 e COD in ingresso all'impianto.



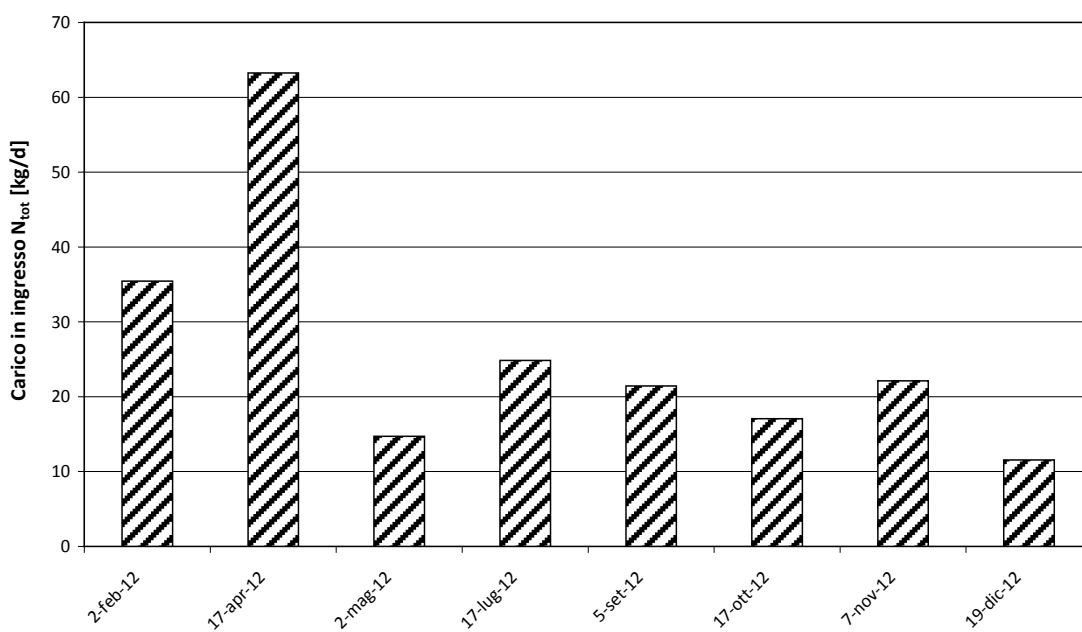
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.80 – Livigno – Trepalle: carico medio di SST in ingresso all’impianto.



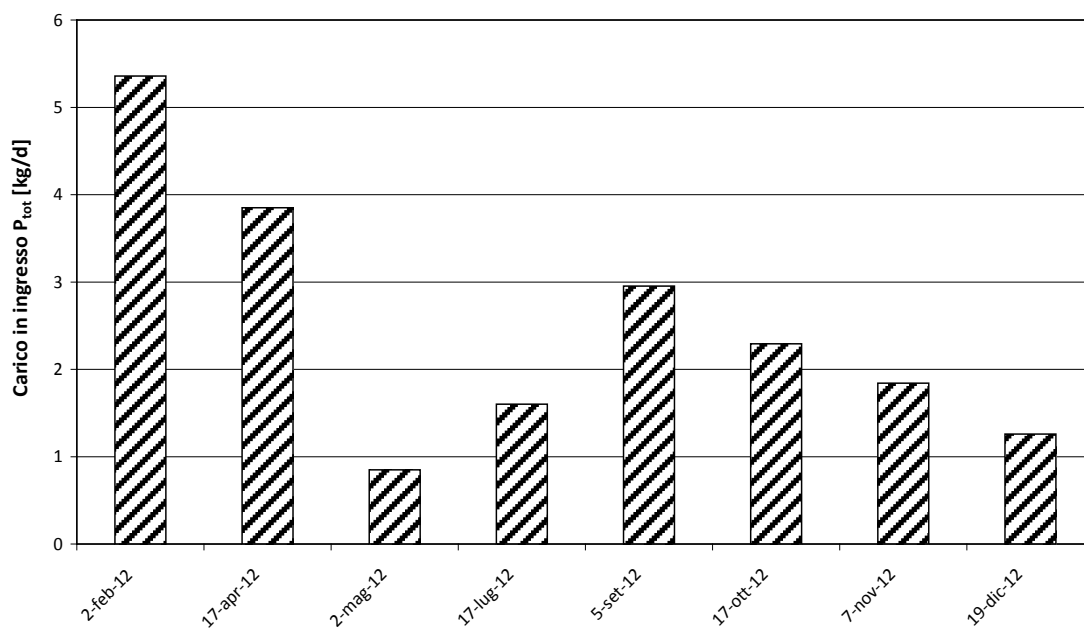
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.81 – Livigno – Trepalle: carico medio di N_{tot} in ingresso all’impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.82 – Livigno – Trepalle: carico medio di P_{tot} in ingresso all’impianto.

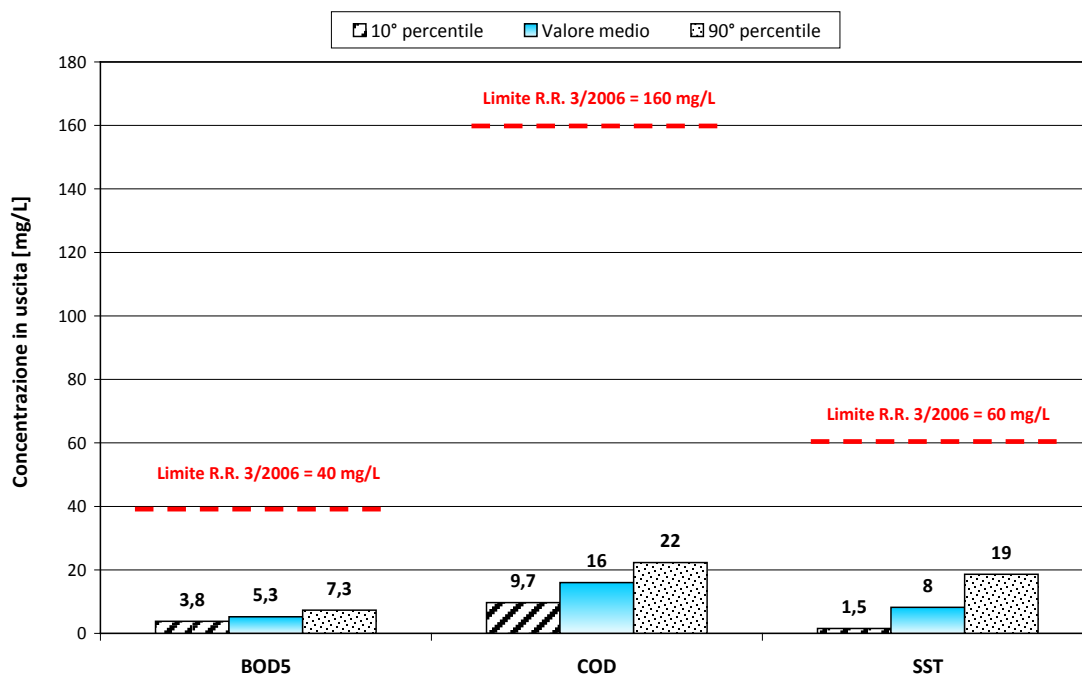


Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Caratteristiche dell’effluente depurato

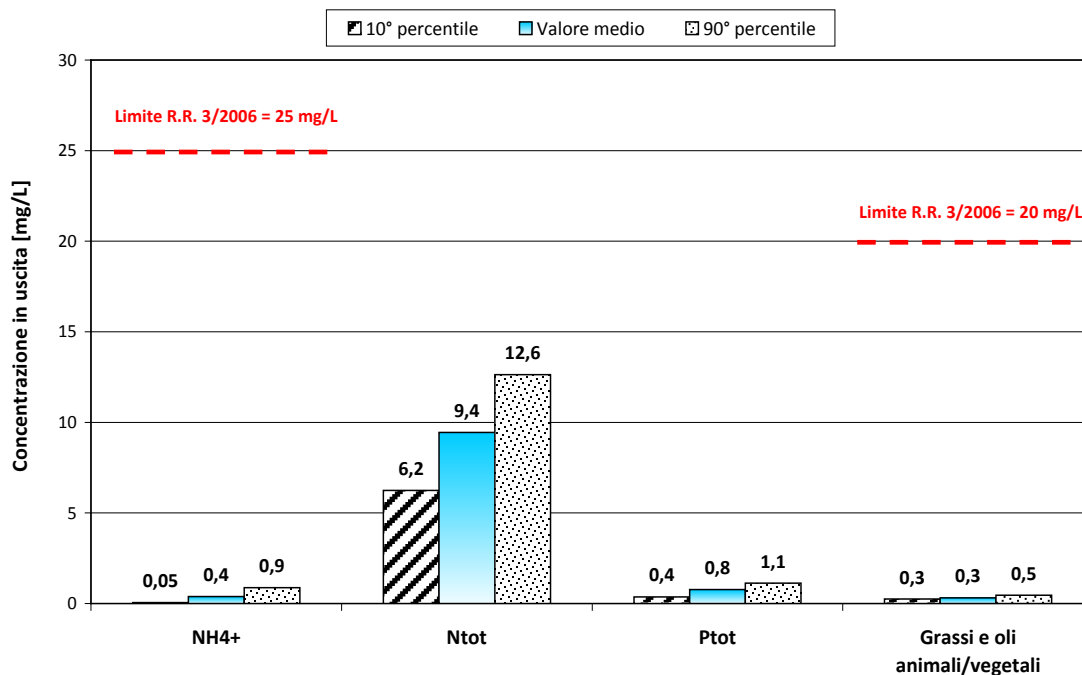
Nelle figure 2.83 ÷ 2.85 sono riportate le concentrazioni (valore medio, 10° e 90° percentile) degli inquinanti presenti nell’effluente depurato, confrontate con i limiti del Regolamento Regionale n. 3/2006. Non si osservano particolari criticità per i parametri monitorati.

Figura 2.83 – Livigno – Trepalle: concentrazioni di BOD5, COD e SST (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



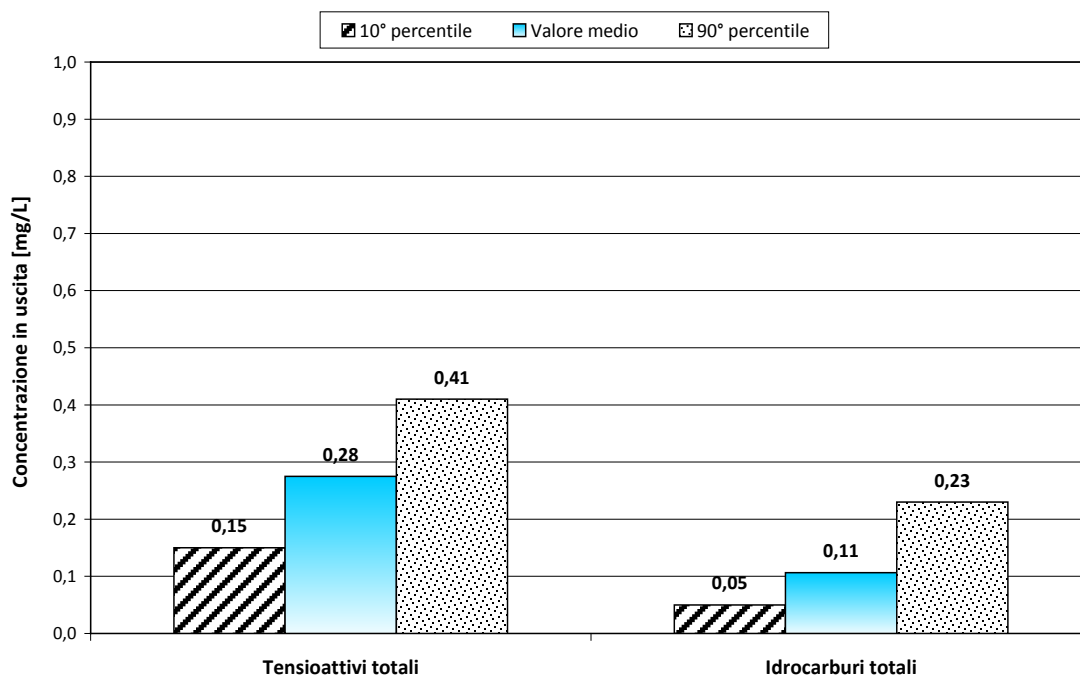
Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.84 – Livigno – Trepalle: concentrazioni di NH4+, Ntot, Ptot e grassi e oli animali/vegetali (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

Figura 2.85 – Livigno – Trepalle: concentrazioni di tensioattivi totali ed idrocarburi totali (valore medio, 10° e 90° percentile) in uscita dall'impianto.



Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Prestazioni

Nella tabella 2.24 sono riportate le prestazioni dell'impianto nei differenti periodi di riferimento.

I rendimenti di rimozione dei parametri inquinanti monitorati sono molto buoni.

Tabella 2.24 – Livigno– Trepalle: rendimenti di rimozione dei principali inquinanti nelle diverse condizioni di funzionamento.

Parametro	Rendimento di rimozione [%]			Rendimenti attesi ¹ [%] (ISPRA, 2009; Bonomo, 2008; Masotti, 2011)
	Periodo invernale- primaverile	Periodo estivo- autunnale	Intero anno (2012)	
BOD ₅	99	95	97	88-98
COD	98	94	96	80-85
N _{tot}	90	56	72	60-85
TKN	98*	84*	91*	-
P _{tot}	84	73	78	70-95

¹ I rendimenti attesi sono in funzione della tipologia di trattamenti presenti.

* Calcolato considerando l'assimilazione di azoto da parte della biomassa pari al 5% del BOD₅ abbattuto.

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno su dati SIRE, 2012

Approfondimenti

I risultati delle verifiche di dimensionamento dei principali comparti sono riassunte nella tabella 2.25.

Si nota che la sedimentazione secondaria è dimensionata in modo corretto.

Il comparto di ossidazione-nitrificazione è sufficiente nel periodo estivo - autunnale, mentre nel periodo invernale - primaverile il carico del fango assume un valore medio di 0,24 e, quindi, non compatibile con il processo di nitrificazione. In questo caso non sono stati osservati comunque diminuzioni dei rendimenti di rimozione di tutti i parametri inquinanti monitorati. Si potrebbe valutare la necessità di aumentare in tale periodo la concentrazione di biomassa in vasca di ossidazione, facendo molta attenzione alla successiva fase di sedimentazione soprattutto per quanto riguarda il flusso solido.

La denitrificazione nel periodo estivo - autunnale è un po' carente dal punto di vista della volumetria.

Tabella 2.25 – Livigno – Trepalle: risultati della verifica di dimensionamento.

Comparto	Parametro di dimensionamento	Valore ottenuto			Valore atteso
		Periodo invernale-primaverile	Periodo estivo-autunnale	Intero anno (2012)	
Denitrific.	v _{den} [gN-NO ₃ ⁻ kgSSV ⁻¹ h ⁻¹]	2,06	0,40	0,81	0,7*- 1,1**
Ossid-nitrif.	C _F [kgBOD ₅ kgSST ⁻¹ d ⁻¹]	0,24	0,08	0,12	0,1 - 0,15
Sediment.	F _S [kgSST m ⁻² h ⁻¹]	4,4	4,8	4,7	5 - 6
secondaria	C _I [m h ⁻¹]	0,6	0,6	0,6	0,6 - 0,8
	T _p [h]	6,0	5,5	5,6	3

* valore a 5 °C; ** valore a 10 °C; in altri casi è possibile utilizzare la formula $v_{den}(T) = v_{den}(20^{\circ}\text{C}) 1,1^{(T-20)}$

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnico su dati SIRE, 2012

2.3.10. Confronto tra gli impianti analizzati ed individuazione delle criticità

Nel presente paragrafo è riportata una sintesi dei risultati ottenuti analizzando il funzionamento degli impianti di depurazione lombardi collocati a quota superiore a 1.000 m s.l.m.; in particolare nella tabella 2.26 sono riportate, per ciascuno dei 9 impianti “maggiori” oggetto di indagine diretta, le prestazioni depurative e le criticità emerse.

La valutazione del funzionamento dei singoli impianti è stata effettuata sulla base dell'analisi dei dati di funzionamento (relativi al 2012), della conoscenza dello schema impiantistico e delle dimensioni dei principali comparti. L'individuazione delle criticità di ciascun depuratore non può pertanto essere considerata una “diagnosi” completa e dettagliata del funzionamento dell'impianto, per la quale sarebbero necessari il

reperimento di altre informazioni riguardanti la specifica situazione in cui è inserito il depuratore, una serie di sopralluoghi e verifiche sperimentali di funzionalità.

Per quanto riguarda le criticità emerse, la diluizione del liquame in ingresso rappresenta un fenomeno rilevato in almeno 4 impianti, spesso causato dallo scioglimento delle acque dei ghiacciai.

Un altro aspetto critico (emerso in 4 impianti) è rappresentato dai rendimenti di rimozione dell'azoto spesso inferiori alle attese, soprattutto nei periodi invernali, peraltro spiegabili, in quanto fisiologicamente correlati alle basse temperature.

Va peraltro segnalato che talvolta i bassi rendimenti di nitrificazione risultano dipendenti da cause assai meno "fisiologiche" come un eccesso di carico in ingresso (casi di "sovraccarico" o "sottodimensionamento" che dir si voglia).

Dal punto di vista della progettazione gli impianti risultano generalmente dimensionati in maniera corretta, con l'eccezione di 2 casi per la denitrificazione, che, in taluni periodi dell'anno, potrebbe non essere sufficiente.

Tabella 2.26 – Criticità degli impianti lombardi localizzati a quota superiore a 1.000 m s.l.m. (segue).

Impianto	Potenzialità di progetto	Altitudine	Schema impianto	Prestazioni				Criticità
				Parametro	Concentrazioni in uscita (valori medi annuali)	Limiti Regolamento Regionale 3/2006	Rendimenti depurativi	
	[A.E.]	[m s.l.m.]			[mg/L]	[mg/L]	[%]	
Valdisotto	40.000	1.120	Sedimentaz. primaria + fanghi attivi + pre-denitro + defostataz. + filtrazione finale	COD	36	125	76	1. Notevole fenomeno di diluizione (disgelo). 2. Scarsa nitrificazione (soprattutto in inverno) → N-NH ₄ ⁺ in uscita >30% N _{tot} 3. Denitrificazione leggermente sottodimensionata (nei mesi invernali).
				BOD ₅	13	25	80	
				SST	18	35	-	
				NH ₄ ⁺	6,1	-	62	
				N _{tot}	10,4	15	50	
				P _{tot}	0,6	2	67	
Vezza d'Oglio	36.333	1.000	Fanghi attivi (sola rimozione C _{org})	COD	35	125	85	1. Fenomeno di diluizione, sebbene inferiore rispetto all'impianto precedente. 2. Nel periodo invernale i rendimenti di rimozione di N _{tot} si dimezzano (comunque i limiti sono ampiamente rispettati).
				BOD ₅	12	25	91	
				SST	19	35	-	
				NH ₄ ⁺	1,6	-	-	
				N _{tot}	5	15	65	
				P _{tot}	0,8	2	51	
Livigno	32.000	1.820	Fanghi attivi + pre-denitro + defostataz. + filtrazione finale	COD	30	125	97	1. Elevate concentrazioni in ingresso non compatibili con un liquame urbano → ricerca di tipologie di scarichi non domestici. 2. Fosforo in uscita talvolta superiore al limite normativo.
				BOD ₅	12	25	98	
				SST	20	35	-	
				NH ₄ ⁺	0,2	-	91	
				N _{tot}	7	15	96	
				P _{tot}	1,2	2	89	
Aprica	9.000	1.040	Fanghi attivi (sola rimozione C _{org})	COD	43	125	83	1. Liquame in ingresso diluito (la causa è da imputare alle piogge e non al disgelo). 2. Rendimenti di rimozione degli inquinanti bassi (soprattutto nel periodo autunnale).
				BOD ₅	11	25	84	
				SST	9	35	-	
				NH ₄ ⁺	1	-	-	
				N _{tot}	5,6	-	52	
				P _{tot}	0,7	-	70	
Carona	3.000	1.050	Sedimentaz. primaria + biodischi (sola rimozione C _{org})	COD	17,5	125	n.d.	-
				BOD ₅	10	25	n.d.	
				SST	0,05	35	-	
				NH ₄ ⁺	n.d.	-	-	
				N _{tot}	n.d.	-	n.d.	
				P _{tot}	n.d.	-	n.d.	

n.d.: non disponibile

Tabella 2.26 – Criticità degli impianti lombardi localizzati a quota superiore a 1.000 m s.l.m..

Impianto	Potenzialità di progetto	Altitudine	Schema impianto	Prestazioni				Criticità
				Parametro	Concentrazioni in uscita (valori medi annuali)	Limiti Regolamento Regionale 3/2006	Rendimenti depurativi	
	[A.E.]	[m s.l.m.]			[mg/L]	[mg/L]	[%]	
Premana	2.000	1.000	Chiariflocculaz. + sedimentaz. primaria + fanghi attivi (sola rimozione C _{org})	COD	48	125	93	1. Concentrazioni di BOD ₅ in uscita vicini al limite normativo (90° percentile = 24 mg/L).
				BOD ₅	19	25	93	
				SST	15	35	-	
				NH ₄ ⁺	n.d.	-	-	
				N _{tot}	n.d.	-	-	
				P _{tot}	0,71	-	-	
Bormio – P.sso dello Stelvio	1.900	2.690	Fanghi attivi + pre-denitro + defostataz. + filtrazione finale	COD	35	160	92	1. Concentrazioni di NH ₄ ⁺ in uscita molto elevate (90° percentile = 38 mg/L). 2. Rendimenti di nitrificazione molto bassi (l'impianto è ubicato a 2.690 m s.l.m. e funziona solo in estate). 3. Denitrificazione sottodimensionata.
				BOD ₅	11	40	94	
				SST	11	60	-	
				NH ₄ ⁺	24	25	26	
				N _{tot}	22,4	-	42	
				Grassi e oli*	0,4	20	-	
Foppolo	1.700	1.480	Fanghi attivi (con nitrificazione)	COD	38	160	56	1. Liquame in ingresso molto diluito (probabilmente dovuto al disgelo). 2. Rendimenti di rimozione piuttosto bassi (probabilmente per effetto della diluizione).
				BOD ₅	10	40	75	
				SST	16	60	-	
				NH ₄ ⁺	4,1	25	47	
				N _{tot}	n.d.	-	-	
				Grassi e oli*	1,8	20	-	
Livigno - Trepalle	1.600	2.600	Fanghi attivi + pre-denitro + defostataz.	COD	16	160	96	1. Sovraccarico organico nel periodo invernale-primaverile (4.500 A.E. contro 1.600 A.E. di progetto) 2. Leggera carenza di denitrificazione nel periodo estivo-autunnale.
				BOD ₅	5,3	40	97	
				SST	8	60	-	
				NH ₄ ⁺	0,4	25	91	
				N _{tot}	9,4	-	72	
				P _{tot}	0,8	-	78	
				Grassi e oli*	0,3	20	-	

n.d.: non disponibile

* Si intende grassi e oli animali/vegetali

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecnò

CAPITOLO 3. Criticità degli impianti di alta montagna e criteri di scelta della tecnologia ottimale

Il trattamento delle acque reflue in zone montane è condizionato dalle difficili condizioni locali, che variano notevolmente da caso a caso. La progettazione, la costruzione e la gestione di un impianto di trattamento per acque reflue montagna vengono influenzate per esempio, dalla spesso difficile raggiungibilità dell'edificio, dal non sempre regolare approvvigionamento di energia elettrica, dalla frequenza delle utenze (assai variabile con la stagione e con le condizioni atmosferiche) etc.

Nel presente capitolo vengono descritte le criticità più tipiche degli impianti ubicati in zone di alta montagna; in particolare, sono state suddivise in criticità correlate alla fase realizzativa e criticità connesse con la gestione dell'impianto. Vengono infine proposti, alcuni accorgimenti da adottare al fine di ridurre le problematiche evidenziate.

3.1 Criticità in fase realizzativa

Le più rilevanti criticità in fase di realizzazione degli impianti di depurazione in alta montagna riguardano gli aspetti riportati nel seguito.

1) Sensibilità del ricettore

Nel caso in cui le acque trattate vengano immesse in un corpo idrico, la conoscenza della portata minima del ricettore risulta fondamentale per valutare le conseguenze di tale immissione sulla qualità delle acque superficiali.

In alternativa all'immissione diretta nel ricettore potrebbe essere preferibile sfruttare il potenziale di depurazione naturale del sottosuolo attraverso la percolazione: il potenziale di depurazione naturale del terreno non può però essere valutato senza una sperimentazione pratica.

In zone idrologiche protette o in parchi nazionali sussiste, ad esempio, una maggiore sensibilità del sito; oltre ad una possibile modifica della qualità delle risorse idriche deve essere considerato per queste zone anche l'effetto dell'introduzione di sostanze nutritive nel suolo.

Fonti di emissione già esistenti, quali ad esempio l'attività degli alpeggi e l'introduzione naturale di nutrienti nel bacino idrografico, devono essere sempre tenuti in attenta considerazione (Associazione Austriaca per le Acque ed i Rifiuti, 2000).

2) Altitudine

L'altitudine influenza la temperatura dell'aria e del suolo, la velocità del vento, le condizioni di innevamento, la durata del periodo vegetativo, lo spessore della vegetazione, ecc. ed, in definitiva, la temperatura delle acque nere convogliate al depuratore.

Ad un altitudine superiore ai 2.500 m, è necessario considerare l'eventualità di ghiaccio permanente (permafrost). Oltre all'altitudine anche l'esposizione del sito è di fondamentale importanza (Associazione Austriaca per le Acque ed i Rifiuti, 2000).

3) Raggiungibilità

La raggiungibilità dell'edificio influenza direttamente il numero delle utenze, le modalità di rifornimento e di smaltimento come pure la costruzione e l'esercizio di impianti di trattamento (Associazione Austriaca per le Acque ed i Rifiuti, 2000).

4) Spazi di realizzazione

La disponibilità di spazi estremamente ridotti, da un lato, e la necessità di coprire integralmente l'impianto, dall'altro, concorrono ad esaltare l'esigenza di adottare tecnologie estremamente compatte.

5) Scelta dei materiali

Nella scelta dei materiali costruttivi è bene tener presente di contenere il più possibile le dispersioni termiche.

6) Approvvigionamento energetico

La scelta del sistema di depurazione condiziona fortemente l'approvvigionamento energetico. Sono consigliabili pertanto tecnologie di trattamento a basso consumo energetico, nonché l'impiego di fonti di energia alternative (ad es. l'utilizzo di energia fotovoltaica oppure energia eolica) (Associazione Austriaca per le Acque ed i Rifiuti, 2000).

3.2 Criticità in fase gestionale

Le più rilevanti criticità in fase di gestione degli impianti di trattamento in alta montagna riguardano gli aspetti di seguito riportati.

1) Forti fluttuazioni del carico inquinante

Spesso si verificano forti fluttuazioni del carico organico in arrivo all'impianto, dovute alle condizioni atmosferiche ed alla stagionalità (presenza turistica).

2) Bassi carichi organici

In zone montane il carico organico in ingresso all'impianto risulta mediamente molto diluito, soprattutto durante lo scioglimento delle nevi (nel caso di fognatura mista).

3) Temperatura

Le temperature molto basse del liquame (dovute sia alla temperatura esterna sia, soprattutto, allo scioglimento delle nevi) rendono indispensabili idonei accorgimenti impiantistici.

4) Difficoltà nella rimozione dei nutrienti

Le basse temperature influenzano significativamente le prestazioni dei processi biologici in generale, soprattutto per la rimozione dei nutrienti. Ad esempio, nel caso in cui la temperatura

scenda al di sotto dei 10 °C, le cinetiche di rimozione dell'ammoniaca (nitrificazione e denitrificazione) si riducono drasticamente; di contro la rimozione del fosforo (per lo più di tipo chimico-fisico) risulta poco influenzata dalle basse temperature.

5) Presenza di schiume biologiche

La presenza di schiume biologiche è un problema legato, da un lato, alle basse temperature e, dall'altro, alla forte carenza di sostanza organica in ingresso dalla fognatura.

Lo sviluppo di forme batteriche indesiderate (quali ceppi batterici filamentosi, come il genere "nocardia") che è alla base della formazione delle schiume, impedisce la formazione di fiocchi consistenti e riduce sensibilmente la sedimentabilità del fango attivo.

3.3 Accorgimenti da adottare in fase realizzativa ed in fase gestionale

Nella tabella 3.1 viene associata ad ogni criticità (in fase realizzativa ed in fase gestionale) una serie di accorgimenti che è consigliabile adottare.

Gli accorgimenti ritenuti indispensabili per una corretta progettazione e gestione degli impianti localizzati in alta montagna si possono riassumere nei seguenti punti:

- 37. - nel caso di costruzione ex-novo è indispensabile prevedere la realizzazione di una fognatura di tipo separato al fine di ridurre la diluizione del liquame e di conseguenza aumentarne la temperatura;
- 38. - per impianti situati al di sopra degli 800 m s.l.m. appare opportuno realizzare la copertura del depuratore;
- 39. - per quanto riguarda la tecnologia da adottare, non esiste una soluzione in assoluto più idonea: appaiono preferibili i sistemi a biomassa adesa (quali i biodischi, in quanto meno influenzati dalla temperatura rispetto agli altri sistemi) ed i processi MBR, in virtù della minore occupazione di spazio (vedi tabella 3.1).

In merito agli impianti di alta montagna di potenzialità inferiore a 2.000 A.E., per la scelta della tecnologia impiantistica si rimanda alle considerazioni del capitolo 3 – fase 2A, tenendo comunque presente di adottare gli accorgimenti impiantistici/gestionali descritti nella tabella 3.1.

Tabella 3.1 – Criticità degli impianti di depurazione in alta montagna ed accorgimenti da adottare.

CRITICITA'		ACCORGIMENTI		
Raggiungibilità	► Nel caso di impianti facilmente raggiungibili e di potenzialità fino a poche migliaia di A.E. (Bonomo e Nardelli, 1992) si rende superfluo il <i>trattamento dei fanghi</i> sul posto; in tale caso generalmente si opta per il pompaggio del fango liquido in un'autocisterna ed il trasporto a valle (Associazione Austriaca per le Acque ed i Rifiuti, 2000).			
	► È da preferire la scelta di sistemi a <i>biomassa adesa</i> e, in particolare, sistemi che sono meno influenzati dalle basse temperature (come i biodischi) sebbene non sia possibile una nitrificazione spinta dei composti ammoniacali se non a fronte di un elevato sviluppo superficiale del reattore. Nel caso sia invece necessario ottenere una nitrificazione spinta, è bene prevedere a valle dei biodischi un ulteriore stadio a fanghi attivi. Volendo ridurre ulteriormente gli spazi, la tecnologia utilizzabile può essere quella a membrane (MBR) che permette di avere elevate concentrazioni di biomassa nel reattore biologico con volumi significativamente ridotti e di evitare la sedimentazione finale. Nella tabella sottostante, a titolo esemplificativo, è riportato il confronto tra gli spazi (in termini di volume e superficie) occupati da impianti basati su differenti tecnologie di trattamento (Nardelli, 2002).			
Spazi di realizzazione		Tipologia di trattamento	Volume specifico del reattore [m ³ kgCOD _{abbattuto} ⁻¹ d]	Superficie specifica dell'impianto [m ² kgCOD _{abbattuto} ⁻¹ d]
		Fanghi attivi	2,17	7,76
		Letti percolatori	13,84	7,88
		Biodischi	1,49	4,36
		Reattori a letto fisso o mobile	0,99	2,63
	► La tecnologia a fanghi attivi si rivela molto versatile perché rende possibile il rapido trasferimento di biomassa da un impianto all'altro in caso di necessità, non solo nel momento della maggiore richiesta in stagione turistica, ma anche quando a causa di scarichi anomali si instaurassero condizioni patologiche nei reattori biologici rendendo indispensabile procedere con vere e proprie "trasfusioni" di fanghi sani.			
	► I trattamenti di natura estensiva (ad esempio fitodepurazione) non sono generalmente utilizzati poiché la superficie necessaria (5 m ² /A.E.) è notevolmente più elevata rispetto ai trattamenti intensivi (0,2 - 0,5 m ² /A.E.).			

CRITICITA'	ACCORGIMENTI										
Scelta dei materiali	<ul style="list-style-type: none"> ► È bene non prevedere strutture metalliche per l'eccessiva dispersione termica. ► È opportuno, quando possibile, optare per vasche di tipo interrato. 										
Approvvigionamento energetico	<ul style="list-style-type: none"> ► Al fine di ridurre al minimo il consumo di energia elettrica da utilizzare nel processo depurativo, si consiglia di adottare, in accordo con le indicazioni riportate nella tabella sottostante, processi a biomassa adesa piuttosto che processi a biomassa sospesa (Nardelli, 2002). <table data-bbox="889 510 1648 726"> <tr> <th data-bbox="889 510 1344 603">Tipologia di trattamento</th><th data-bbox="1344 510 1648 603">Consumo energetico specifico [kWh kgCOD_{abbattuto}⁻¹]</th></tr> <tr> <td data-bbox="889 603 1344 638">Fanghi attivi</td><td data-bbox="1344 603 1648 638">7,89</td></tr> <tr> <td data-bbox="889 638 1344 673">Letti percolatori</td><td data-bbox="1344 638 1648 673">2,30</td></tr> <tr> <td data-bbox="889 673 1344 708">Biodischi</td><td data-bbox="1344 673 1648 708">2,89</td></tr> <tr> <td data-bbox="889 708 1344 726">Reattori a letto fisso o mobile</td><td data-bbox="1344 708 1648 726">4,53</td></tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> ► I sistemi a fanghi attivi sono più energivori rispetto a quelli a biomassa adesa, ma hanno alcuni indubbi vantaggi (riportati al punto precedente). 	Tipologia di trattamento	Consumo energetico specifico [kWh kgCOD _{abbattuto} ⁻¹]	Fanghi attivi	7,89	Letti percolatori	2,30	Biodischi	2,89	Reattori a letto fisso o mobile	4,53
Tipologia di trattamento	Consumo energetico specifico [kWh kgCOD _{abbattuto} ⁻¹]										
Fanghi attivi	7,89										
Letti percolatori	2,30										
Biodischi	2,89										
Reattori a letto fisso o mobile	4,53										
Forti fluttuazioni del carico inquinante	<ul style="list-style-type: none"> ► Può essere utile ricorrere alla combinazione di <i>trattamenti chimici e biologici</i>; in questo modo, si consegue l'obiettivo di disporre di un pre-trattamento di precipitazione chimica stagionale per la rimozione parziale del carico inquinante. ► Qualunque sia la tecnica adottata, fondamentale risulta tuttavia dotare l'impianto di <i>almeno due linee di trattamento</i> che funzionino <i>in parallelo</i> (almeno a partire da potenzialità di un certo rilievo). Tutti i progetti futuri dovrebbero consolidare questa scelta, perché essa permette non solo di ottenere un adattamento graduale alle variazioni di carico, ma anche di migliorare considerevolmente l'affidabilità globale del sistema in caso di guasti e, più in generale, di manutenzioni straordinarie. 										
Bassi carichi organici	<ul style="list-style-type: none"> ► Prevedere, nel caso di rete fognaria da realizzare ex novo, una <i>fognatura di tipo separato</i> (ciò permetterebbe di avere un'acqua da trattare più ricca di sostanza organica e contestualmente meno fredda). La scelta del sistema separato per le reti fognarie è sovente favorita dalla morfologia del territorio, che spesso consente un facile allontanamento delle acque meteoriche in corpi idrici superficiali vicini ai centri abitati (con conseguenti risparmi economici) evitando nel contempo, il sovraccarico idraulico sul depuratore. ► Valutare con attenzione, nel caso sia presente, l'effettiva utilità di un comparto di sedimentazione primaria (che abbate 										

CRITICITA'	ACCORGIMENTI
ulteriormente il carico organico in ingresso di un 25-30%) (Masotti, 2011).	
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Nel caso in cui la sedimentazione fosse all'aperto, è bene prevedere raschiatori a catena completamente sommersi (per evitare che il moto sia ostacolato da neve o ghiaccio). ▶ Nel caso di impianti a fanghi attivi può essere utile insufflare aria calda nel reattore biologico. ▶ Dato che l'azoto è il parametro più influenzato dalla temperatura, nel caso di impianti dotati di nitrificazione (e denitrificazione) nei periodi in cui la temperatura scende al di sotto dei 10 °C deve essere possibile utilizzare il comparto di denitrificazione come comparto aggiuntivo di nitrificazione (in modo da garantire almeno l'ossidazione dell'ammoniaca) predisponendo allo scopo la possibilità di fornitura dell'aria. ▶ Nel caso in cui siano presenti filtri percolatori, è bene ricorrere alla loro copertura (data la loro sensibilità alle basse T a causa delle elevate superfici esposte).. ▶ Qualora l'impianto fosse scoperto, è bene che almeno le pompe non sommergibili siano previste in locali chiusi. ▶ Le tubazioni non immerse nel liquame vanno coibentate oppure sotterrate ad adeguata profondità. ▶ A quote già al di sopra degli 800 m di altitudine è consigliabile la copertura dell'intero impianto perché i vantaggi ottenibili dalla copertura integrale superano in generale gli svantaggi legati al maggior costo di realizzazione e di confinamento dell'ambiente di lavoro che necessita di ricambi di aria e di deodorizzazione (Andreottola <i>et al.</i>, 2003).
Presenza di schiume biologiche	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Copertura vasche (per ovviare il problema della temperatura). ▶ Realizzazione di fognature separate oppure, se miste, non prevedere la sedimentazione primaria (per ovviare il basso carico organico in ingresso). ▶ Dosaggio di nutrienti per riportare il rapporto tra BOD/N/P a valori ottimali.

Fonte: elaborazioni Studio Ecotecno

CONCLUSIONI

Il presente lavoro si inserisce all'interno di un più ampio incarico, che prevede lo sviluppo di diversi temi nell'ambito del "Progetto di accompagnamento a supporto del processo di revisione del Piano di Tutela delle Acque. Criteri di pianificazione e disciplina in tema di depurazione e di gestione sostenibile delle acque in aree urbane" (cod. Éupolis Lombardia TER 13016/002) ed ha riguardato le attività relative alla FASE 2B – INDIVIDUAZIONE E CLASSIFICAZIONE DI TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO APPROPRIATO PER IMPIANTI UBICATI IN ZONE MONTANE.

Nel lavoro svolto è stata inizialmente condotta un'indagine conoscitiva riguardante gli impianti di depurazione lombardi ubicati in zone montane, cioè ad una quota superiore ai 1.000 metri sul livello del mare. L'analisi ha evidenziato la presenza di 21 depuratori; nel presente lavoro sono stati considerati gli impianti di potenzialità superiore ai 1.500 A.E., che trattano l'87% del carico complessivo gravante sugli impianti ubicati in zone montane. Per quanto riguarda le tipologie di trattamento, si evidenzia che i processi a fanghi attivi rappresentano la quasi totalità dei trattamenti presenti e trattano il 96% del carico complessivo; inoltre, tale valore si ripartisce in modo omogeneo su impianti per la sola rimozione della sostanza organica biodegradabile e su impianti dotati di trattamenti specifici per la rimozione dell'azoto.

La situazione lombarda è stata poi confrontata con le altre realtà montane; in particolare è stato effettuato un confronto con le Regioni Valle d'Aosta e Veneto e le Province Autonome di Trento e Bolzano.

Nel corso del presente lavoro i 9 impianti di depurazione considerati sono stati analizzati sia attraverso l'analisi di appositi questionari compilati dai Gestori, sia mediante l'elaborazione dei dati gestionali recuperati dal database regionale.

Per ciascun depuratore è stato analizzato il funzionamento e sono state evidenziate le criticità. Si tenga presente che tale analisi non può essere considerata una "diagnosi" completa e dettagliata del funzionamento dell'impianto, per la quale sarebbero necessarie altre informazioni riguardanti la specifica situazione in cui è inserito il depuratore, nonché l'effettuazione di verifiche sperimentali di funzionalità.

Per quanto riguarda le criticità emerse, il problema legato all'eccessiva diluizione del liquame in ingresso rappresenta un fenomeno rilevato in almeno 4 impianti, spesso causato dallo scioglimento delle acque dei ghiacciai. Un ulteriore aspetto critico è rappresentato dai rendimenti di rimozione dell'azoto spesso inferiori alle attese, soprattutto nei periodi invernali, peraltro spiegabili, in quanto fisiologicamente correlati alle basse temperature (inferiori ai 12 °C).

Talvolta i bassi rendimenti di nitrificazione risultano dipendenti da cause assai meno "fisiologiche" come un eccesso di carico in ingresso (casi di "sovraccarico" o "sottodimensionamento" che dir si voglia).

Dopo avere analizzato la funzionalità degli impianti di depurazione di maggiore dimensione, sono state riportate le criticità sia in fase realizzativa (sensibilità del ricettore, altitudine, raggiungibilità del sito, spazi di realizzazione ridotti, approvvigionamento energetico, ecc.) sia

in fase gestionale (forti fluttuazioni del carico inquinante, bassi carichi organici, difficoltà nella rimozione dei nutrienti, presenza di schiume biologiche, ecc.).

In base alle criticità emerse sono infine indicati una serie di accorgimenti da adottare allo scopo di ridurre tali problematiche.

BIBLIOGRAFIA

Andreottola G., Ziglio G., Nardelli P., Foladori P., Guglielmi G. (2003), Aspetti tecnici e gestionali della depurazione delle acque nelle aree montane - L'esperienza trentina, Seminario "La gestione dei servizi idrici nelle aree montane", a cura di Federgasacqua - A.S.M. S.p.A. di Sondrio, Sondrio, 7 marzo 2003.

Associazione Austriaca per le Acque ed i Rifiuti (2000), Smaltimento delle acque reflue in zone montane – OEWA V Regolamento n. 1, Terza Edizione revisionata, Edizione propria dell'Associazione Austriaca per le Acque ed i Rifiuti.

Bonomo L. (2008), Trattamenti delle acque reflue, Ed. McGraw-Hill, ISBN: 978-88-386-6518-9.

Bonomo L., Nardelli P. (1992), Piccoli impianti in zone di montagna: l'esperienza del Trentino, Atti del Convegno "Impianti di depurazione per piccole comunità", Capri, 22-23 ottobre, Cooperativa Universitaria Editrice Napoli.

ISPRA (2009), Ottimizzazione del servizio di depurazione delle acque di scarico urbane: massimizzazione dei recuperi di risorsa (acque e fanghi) e riduzione dei consumi energetici, Rapporto 93/2009.

Masotti L. (2011), Depurazione delle acque – Tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto, Ed. Calderini, ISBN: 978-88-506-5202-0.

Provincia autonoma di Bolzano – Sistema di fognatura e depurazione, informazioni desunte dal seguente indirizzo: <http://www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/acqua/sistemi-fognatura-depurazione.asp>

Provincia autonoma di Trento – Agenzia per la depurazione, informazioni desunte dal seguente indirizzo: <http://www.adep.provincia.tn.it/impianti/depuratore.asp>

Provincia autonoma di Trento (2008), Appalto servizio di gestione e custodia degli impianti di depurazione, collettori fognari e stazioni di sollevamento – Schede tecniche Bacino n. 2 – Trentino Occidentale, Novembre.

Provincia autonoma di Trento (2008), Appalto servizio di gestione e custodia degli impianti di depurazione, collettori fognari e stazioni di sollevamento – Schede tecniche Bacino n. 3 – Trentino Orientale, Novembre.

Regione Lombardia (2006), Regolamento Regionale 24 marzo 2006 n. 3 – Disciplina e regime autorizzatorio degli scarichi di acque reflue domestiche e di reti fognarie, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26, Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia, 1° Supplemento Ordinario al n. 13 – 28 marzo 2006.

Regione Veneto – database regionale dei depuratori, informazioni desunte dal seguente indirizzo: <http://dati.veneto.it/dataset/elenco-depuratori-pubblici>

Regione Autonoma Valle d'Aosta, Agenzia regionale per la Protezione dell'Ambiente (2009), Quinta Relazione sullo Stato dell'Ambiente in Valle d'Aosta, ISBN 978-88-905594-0-2.

Regione Autonoma Valle d'Aosta (2006), Piano Tutela Acque – Relazione Generale.

Nardelli P. (2002), Il trattamento delle acque reflue nei rifugi, in Normative Rifugi – Documentazione – Gestione Acqua Rifugi.