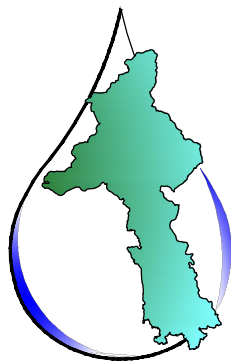


CITTA' DI VERBANIA



**ACQUA
NOVARA.VCO
S.p.A.**

Via Triggiani, 9 - 28100 NOVARA (NO)
Tel. 0321 413111 - Fax. 0321 458729
@mail: info@acquanovaravco.eu
@pec: segreteria@pec.acquanovaravco.eu

TITOLO COMMESSA:

**Approvvigionamento idrico Comune di Verbania
realizzazione nuova presa a lago "Villa Taranto" in Comune di Verbania**

OGGETTO:

Relazione di Processo del Trattamento di Potabilizzazione

SCALA:

AVANZAMENTO PROGETTO:

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

Data Rev. N° 0:

GIUGNO 2024

Rev. N°	Modifiche	Data
1	Integrazioni post verifica	FEBBRAIO 2025
2	—	-/-/-
3	—	-/-/-
4	—	-/-/-

Rif. N° Commessa:

X07N-10042772

CUP:

D52E23000180005

RUP:

GIUSEPPE CARANTI

Il Progettista



ISOLA BOASSO
STUDIO DI INGEGNERIA

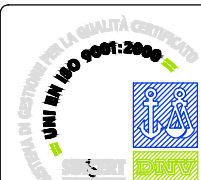
Dott. Ing. Riccardo ISOLA
Dott. Ing. Paolo BOASSO
Dott. Ing. Fabrizio RABAGLIO

STUDIO IDROGEO
Dott. Geol. Marco Carmine

STUDIO DI ARCHITETTURA
FERRARI&FERRARIS
Arch. Lucia Ferraris

Elaborato N°:

ID.01.003



PROPRIETA' RISERVATA

**QUESTO DISEGNO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO NE' COMUNICATO A TERZI SENZA
AUTORIZZAZIONE DI ACQUA NOVARA.VCO s.p.a.**

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	PROCESSO DI TRATTAMENTO	5
2.1	Esame della composizione delle acque al punto previsto di prelievo.....	5
2.2	Filiera di trattamento	11
2.3	Calcolo della disinfezione	12
2.4	Calcolo della filtrazione	19
2.5	Descrizione del processo	23
2.5.1	Premessa	23
2.5.2	Sezione 1 - Presa a Lago ed invio a potabilizzatore	25
2.5.3	Sezione 2 – Filtrazione su zeolite.....	26
2.5.4	Sezione 4 – Disinfezione	28
2.5.5	Sezione 5 - Sezione immissione in rete e gestione dreni	30
3	APPENDICE A	33

Indice delle figure

Figura 1 inquadramento planimetrico degli interventi	3
Figura 2 – Espressioni empiriche per il calcolo di C°T per inattivazione di Giardia (USEPA).....	16
Figura 3 – Capacità di ritenzione di solidi in funzione della perdita di carico nel letto filtrante	20
Figura 4 – Calcolo del volume di accumulo necessario	23
Figura 5 – Schema a blocchi sezione 1 – Presa a lago ed invio a potabilizzatore.....	25
Figura 6 – Schema a blocchi sezione 2 – Filtrazione.....	27
Figura 7 – Schema a blocchi sezione 4 – Disinfezione.....	29
Figura 8 – Schema a blocchi sezione 5 – Immissione in rete e gestione dreni.....	32

Indice delle tabelle

Tabella 1 – Classificazione acque al punto di presa	6
Tabella 2 – Parametri generali.....	8
Tabella 3 – Parametri microbiologici.....	8
Tabella 4 – Parametri chimici inorganici	9
Tabella 5 – Microinquinanti organici.....	10
Tabella 6 – Determinazione dei log di inattivazione per virus e giardia basati sulla misura di coliformi fecali	13
Tabella 7 – Log di inattivazione addizionali per conseguire la rimozione di Cryptosporidium in relazione a diverse categorie di vulnerabilità alla contaminazione ("bin")	14
Tabella 8 – Valori guida del rapporto T10/T (baffling factor) forniti da USEPA.	15
Tabella 9 – Valori di CT per inattivazione di virus con cloro per diversi valori di temperatura	16
Tabella 10 – Calcolo Log conseguibile per dosaggio ipoclorito di sodio nel segmento 1.....	17
Tabella 11 – Calcolo Log conseguibile per dosaggio ipoclorito di sodio nel segmento 2.....	17
Tabella 12 – Calcolo Log conseguibile per dosaggio ipoclorito di sodio nel segmento 3.....	18
Tabella 13 – Calcolo del fabbisogno residuo di inattivazione a seguito disinfezione chimica	18
Tabella 14 – Dose UV per inattivazione protozoi e virus.....	19
Tabella 15 – Caratteristiche granulometriche delle zeoliti testate	19
Tabella 16 – Confronto fra le capacità di ritenzione di solidi di diversi letti filtranti	20
Tabella 17 – Calcolo volume e composizione reflui di controlavaggio.....	22
Tabella 18 – Simbologia utilizzata negli schemi a blocchi	24

1 PREMESSA

Il presente rapporto costituisce la relazione di processo del Progetto Definitivo dell'intervento denominato **"Approvvigionamento idrico del Comune di Verbania per la realizzazione nuova presa lago "villa Taranto" in Comune di Verbania"**.

Il progetto è stato sviluppato in conformità delle indicazioni ricevute dal Committente. In particolare ANVCO ha redatto con dei consulenti esterni uno studio di fattibilità, i cui contenuti sono ripresi nella presente relazione. Si specifica che nel presente PFTE si è sviluppato lo studio di fattibilità apportando varianti sostanziali allo schema funzionale. Dello studio di fattibilità si sono sostanzialmente recepite le scelte di collocazione delle opere ed i criteri di dimensionamento. Nella presente relazione, si riportano le valutazioni presenti nello studio di fattibilità finalizzate all'individuazione dell'ubicazione delle opere.

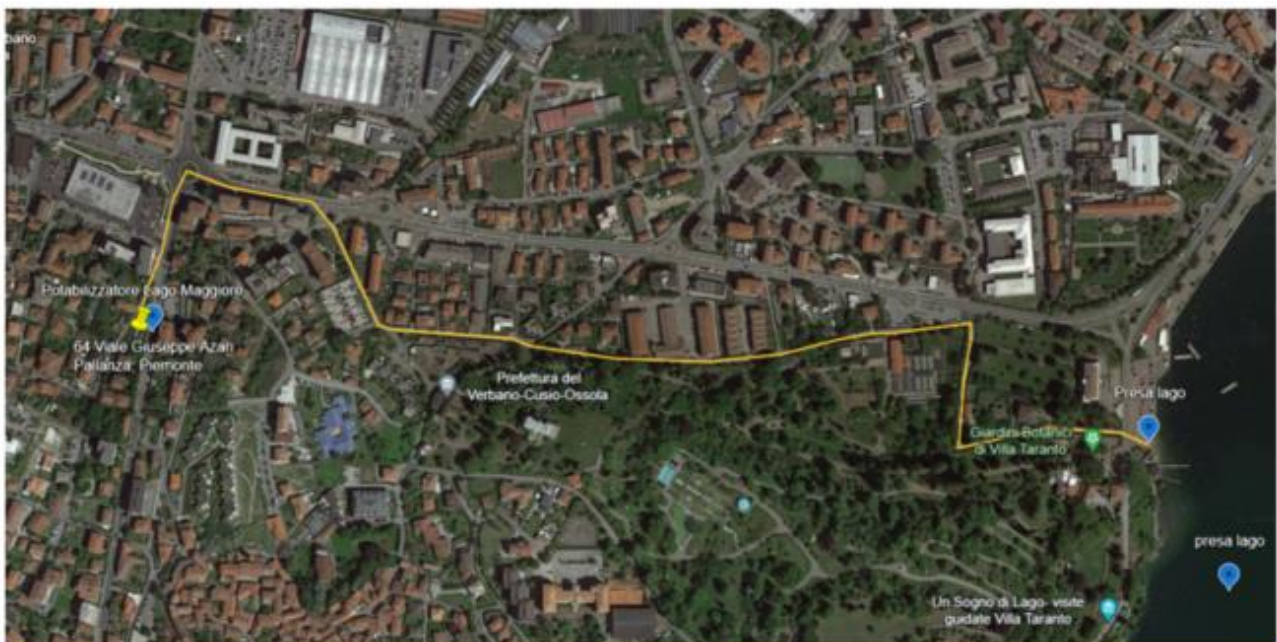


Figura 1 inquadramento planimetrico degli interventi

Il presente progetto va inquadrato nell'ambito degli interventi di riassetto della rete di approvvigionamento idrico del Comune di Verbania che Acqua Novara VCO intende effettuare nell'ambito della propria attività di gestione della rete acquedottistica, con l'obiettivo potenziarne l'approvvigionamento idrico. Il presente progetto è la naturale conseguenza e attuazione di un'ampia pianificazione di ammodernamento ed adeguamento della rete acquedottistica del Comune di Verbania messo in atto dalla società di gestione della rete che prevede oltre alla definizione di nuove fonti di approvvigionamento anche la revisione delle reti di distribuzione e di stoccaggio. La presente relazione analizza, ovviamente, le sole attività relative alla definizione di nuova sorgente di approvvigionamento da acque superficiali.

In estrema sintesi le opere in progetto sono costituite dalle seguenti unità:

- 1) Presa a lago su struttura metallica;
- 2) Condotta sub lacuale, nel tratto iniziale eseguito con la tecnica del microtunnelling e nel tratto finale ancorato sul fondale roccioso mediante supporti metallici;
- 3) Impianto di sollevamento totalmente interrato, ubicato nel parcheggio di Villa Taranto. Tale opera è realizzata mediante diaframmi perimetrali e tappo di fondo in jet grouting;

- 4) Edificio fuori terra, in prossimità del parcheggio di Villa Taranto, per l'installazione Impianto di pre-disinfezione con ipoclorito, installazione dei quadri elettrici ed accesso alle scale che conducono al sollevamento interrato;
- 5) Condotta di adduzione in polietilene DE 355 e PN 10 di lunghezza pari a circa 1 km per il collegamento dell'impianto di sollevamento all'impianto di potabilizzazione;
- 6) Impianto di potabilizzazione costituito da filtri con zeolite, impianto di disinfezione ad UV ed impianto di disinfezione con ipoclorito;
- 7) Canale di contatto, in cemento armato, totalmente interrato realizzato mediante diaframmi
- 8) Serbatoio da 520 m³, costituito da due vasche di compenso da 260 m³ ciascuna in calcestruzzo armato, completamente interrate e realizzato mediante l'ausilio di diaframmi;
- 9) Vasca per stoccaggio acque dei contro lavaggio dei filtri da 220 m³, in calcestruzzo armato, totalmente interrata, realizzata mediante l'ausilio di diaframmi;
- 10) Edificio di manovra, semi interrato, all'interno del quale sono posizionati tre gruppi di pompaggio, le valvole di regolazione ed accessi a tutte le vasche;
- 11) Edificio elettrico fuori terra entro cui sono posizionati quadri elettrici, trasformatori e gruppo elettrogeno;
- 12) Cabina di consegna ENEL;
- 13) Piazzali per futuri ampliamenti dell'impianto.

2 PROCESSO DI TRATTAMENTO

2.1 Esame della composizione delle acque al punto previsto di prelievo

L'art. 80 del D.Lgs. n. 152/2006 stabilisce che le acque dolci superficiali destinate alla produzione di acqua potabile, in base alle caratteristiche fisiche, chimiche e micro-biologiche che possiedono, siano classificate dalle Regioni, in base alla tabella 1/A dell'allegato 2, parte terza del Decreto, nelle categorie A1, A2, A3 e sottoposte ai seguenti trattamenti:

- cat. A1: trattamento fisico semplice e disinfezione;
- cat. A2: trattamento fisico e chimico normale e disinfezione;
- cat. A3: trattamento fisico e chimico spinto, affinamento e disinfezione.

Le acque dolci superficiali che presentano caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche qualitativamente inferiori ai valori limite imperativi della categoria A3 possono essere utilizzate, in via eccezionale, solo qualora non sia possibile ricorrere ad altre fonti di approvvigionamento e a condizione che le acque siano sottoposte ad opportuno trattamento che consenta di rispettare le norme di qualità delle acque destinate al consumo umano.

Per la classificazione delle acque in una delle tre categorie si fa riferimento ai valori limite specificati nella colonna "I". Il valore riportato in questa colonna deve essere soddisfatto dal 95% dei controlli effettuati. Qualora non sia disponibile il valore "I" si fa riferimento alla colonna "G" (più restrittivo) rispetto al quale deve risultare conforme il 90% dei controlli.

La composizione delle acque al futuro punto di presa è stata fornita dal gestore nel file "Tabella LAGO MAGGIORE Villa Taranto 2020". I dati coprono il periodo fra il 28/07/2020 ed il 23/06/2021, per un totale di 12 set analitici (valore minimo previsto dalla normativa vigente per la prima classificazione).

La Tabella 1 riporta per ciascun parametro gli standard per l'attribuzione delle classi di qualità A1, A2 ed A3 ed i valori 90° e 95° percentile risultanti, per ciascun parametro, dal monitoraggio effettuato. Per ciascun parametro viene indicata la classe di qualità risultante.

Nell'elaborazione dei dati risultati inferiori al limite di quantificazione analitico si è fatto riferimento al criterio "upper bound", ossia si è assunto – cautelativamente – che il valore sia uguale al limite di quantificazione stesso.

N. parametro	Parametro	UM	A1		A2		A3		Risultati monitoraggio		
			G	I	G	I	G	I	90°perc.	95°perc.	CLASS.
1	pH		6,5-8,5		5,5-9		5,5-9		7,59	7,6	A1
2	Colore (dopo filtrazione semplice)	mg/l scala Pt	10	20	50	100	50	200	5	5	A1
3	Totale materie in sospensione	mg/l	25						10	10	A1
4	Temperatura	°C	22	25	22	25	22	25	9,26	9,57	A1
5	Conducibilità	µS/cm	1000		1000		1000		152,9	156,15	A1
6	Odore		3		10		20				
7	Nitrati	mgNO3/l	25	50		50		50	4	4	A1
8	Fluoruri	mg/l	0,7/1	1,5	0,7/1,7		0,7/1,7		3	3	>A3
9	Cloro organico totale estraibile	mg/l									
10	Ferro disciolto	mg/l	0,1	0,3	1	2	1		0,05	0,05	A1
11	Manganese	mg/l	0,05		0,1		1		0,005	0,005	A1
12	Rame	mg/l	0,02	0,05	0,05		1		0,01	0,01	A1
13	Zinco	mg/l	0,5	2	1	5	1	5	0,1	0,1	A1
14	Boro	mg/l	1		1		1		0,03	0,03	A1
15	Berillio	mg/l									
16	Cobalto	mg/l									
17	Nchel	mg/l							0,002	0,002	
18	Vanadio	mg/l									
19	Arsenico	mg/l	0,01	0,05		0,05	0,05	0,1	0,005	0,005	A1
20	Cadmio	mg/l	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0,0005	0,0005	A1
21	Cromo totale	mg/l		0,05		0,05		0,05	0,005	0,005	A1
22	Piombo	mg/l		0,05		0,05		0,05	0,005	0,005	A1
23	Selenio	mg/l		0,01		0,01		0,01	0,005	0,005	A1
24	Mercurio	mg/l	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0002	0,0002	A1
25	Bario	mg/l		0,1		1		1	0,03	0,03	A1
26	Cianuro	mg/l		0,05		0,05		0,05	0,01	0,01	A1
27	Solfati	mg/l	150	250	150	250	150	250	29	29,45	A1
28	Cloruri	mg/l	200		200		200		3	3,45	A1
29	Tensioattivi anionici	mg/l	0,2		0,2		0,5		0,05	0,05	A1
	Tensioattivi non ionici	mg/l							0,2	0,2	
30	Fosfati	mgP2O5/l	0,4		0,7		0,7		0,2	0,2	A1
31	Fenoli	microg/l		1		5	10	100	0,5	0,5	A1
32	Idrocarburi disciolti o emulsionati	mg/l		0,05		0,2	0,5	1	0,05	0,05	A1
33	IPA	microg/l		0,2		0,2		1	0,02	0,02	A1
34	Antiparassitari totale	microg/l		1		2,5		5	0,03	0,03	A1
35	Doamda chimica di ossigeno (COD)	mg/l					30		5	5	A1
36	Ossigeno disciolto		70%		50%		30%		93%	93%	A1
37	Doamda biochimica di ossigeno (BOD5)	mg/l	<3		<5		<7		3	3	A1
38	Azoto Kjeldahl (tranne NO2 e NO3)	mg/l	1		2		3		1	1	A1
39	Ammoniac come ione ammonio	mgNH4/l	0,05		1	1,5	2	4	0,05	0,05	A1
40	Estraibili in cloroformio		0,1		0,2		0,5				
41	TOC										
42	TOC dopo flocculazione e filtrazione										
43	Coliformi totali	UFC/1000 ml	50		5000		50000		2400	5600	A2
44	Coliformi fecali	UFC/1000 ml	20		2000		20000		350	3825	A2
45	Streptococchi fecali	UFC/1000 ml	20		1000		10000		230	1715	A2
46	Salmonelle in 1 litro				ass.				ass	ass	A1
	Salmonelle in 5 litri		ass.						ass	ass	A1

Tabella 1 – Classificazione acque al punto di presa

La classe attribuita dalla Regione Piemonte con Determinazione Dirigenziale DD 670/A1409C/2022 del 22/04/2022 è la A2. Tale classificazione deriva essenzialmente dall'elevato livello di contaminazione batterica riscontrato. L'esame delle analisi disponibili mette in evidenza anche la presenza di concentrazioni di fluoruri superiori agli standard per l'attribuzione della classe A3. Su tale aspetto – evidentemente non preso in considerazione nella DD della Regione Piemonte – occorre un approfondimento.

Il confronto con gli standard per il consumo umano (DL 2 febbraio 2001 n.31) è articolato nelle tabelle riportate nel seguito.

I parametri generali sono elencati in Tabella 2. I valori misurati sono sempre conformi. Si nota un valore basso della conducibilità, in base al quale è senz'altro possibile escludere che il residuo fisso e la durezza (parametri non misurati) possano eccedere gli standard. L'indice di ossidabilità al permanganato non è stato oggetto di misura; tuttavia, si tratta di un dato di regola inferiore al COD. Poiché quest'ultimo è risultato sempre

inferiore a 5 mg/l se ne deduce che anche l'ossidabilità al permanganato rientra negli standard. Ulteriori verifiche sono state effettuate dagli scriventi sui campioni utilizzati per le prove di filtrazione (vedi APPENDICE A). Da queste è emerso un valore di torbidità sempre inferiore al limite di quantificazione di 0,8 NTU e tenori di TOC di 1 e 1,4 mg/l. Nelle acque superficiali e nelle acque destinate al consumo umano o all'uso domestico la concentrazione di TOC dovrebbe essere dell'ordine di 0,1-10 mg/L¹.

I parametri microbiologici sono riportati in Tabella 3.

Sotto questo profilo le caratteristiche delle acque appaiono particolarmente carenti. In particolare, le determinazioni effettuate sembrano chiaramente attestare una contaminazione di origine fecale.

I parametri chimici inorganici sono riportati in Tabella 4. Per tutte le sostanze monitorate, le concentrazioni riscontrate rispettano ampiamente gli standard per la potabilità. Fanno eccezione i fluoruri che presentano concentrazioni massime circa doppie rispetto al limite di legge.

La Tabella 5 riporta i microinquinanti organici previsti nel DL18/23. In questo caso il monitoraggio effettuato copre solo gli IPA totali e gli antiparassitari totali, entrambi risultati al di sotto del limite di quantificazione analitico.

¹ Ministero della Salute: "Acque potabili – Parametri – Carbonio Organico Totale" 2016

Relazione di processo

Giugno 2024

Pag. 8

	numero valori	media	massimo	minimo	VALORE LIMITE
pH [Unità pH]	12,00	7,46	7,60	7,20	6,5 - 9,5
Torbidità [NTU]	-				
Conducibilità [μ S/cm]	12,00	148,00	160,00	140,00	2500
Ossidabilità (Indice di permanganato) [mg/l]	-				5

Tabella 2 – Parametri generali

	numero valori	media	massimo	minimo	VALORE LIMITE	
Carica batterica totale a 22°C [UFC/ml]	0					Parametro che consente di evidenziare le specie microbiche sporigene, cromogene, putrefattive ecc. abbondanti negli strati superficiali del suolo e facilmente adattabili all'ambiente idrico. Non ha un valore limite, ma solo un valore di riferimento di 100 UFC (unità formanti colonia) in 1 ml di campione analizzato. Il valore limite esiste per le acque imbottigliate e corrisponde a 100 UFC/ml.
Coliformi totali [MPN/100ml]	12	1194	8800	25	0	La loro presenza nelle acque destinate al consumo umano è da mettere in relazione a contaminazione d'origine fecale. Devono essere assenti in 100 ml di campione analizzato.
Enterococchi intestinali [UFC/100ml]	0				0	Sono ospiti abituali dell'intestino dell'uomo e degli animali e hanno una capacità di sopravvivenza nell'ambiente maggiore rispetto a quella dei Coliformi e di Escherichia coli. La loro presenza indica un possibile inquinamento fecale e devono essere assenti in 100 ml (in 250 ml per le acque imbottigliate) di campione analizzato.
Streptococchi fecali	12	326	3200	1		Si tratta di una determinazione che include gli enterococchi intestinali. Si è fatto quindi, cautelativamente, il confronto con tale parametro previsto dalla normativa.
Escherichia coli [MPN/100ml]	0				0	È una specie batterica termoresistente il cui habitat naturale è l'intestino umano e animale. La sua presenza è un indizio sicuro di contaminazione fecale. Deve essere assente in 100 ml (in 250 ml per le acque imbottigliate) di campione analizzato.
Coliformi fecali	12	734	7300	1		Si tratta di una determinazione che include gli escherichia coli. Si è fatto quindi, cautelativamente, il confronto con tale parametro previsto dalla normativa.
Clostridium perfringens [UFC/100ml]	0				0	La maggior parte dei clostridi è normalmente saprofita e vive negli strati superficiali del suolo e nei sedimenti, alcune specie vivono nell'intestino di alcuni animali, compreso l'uomo. Sono presenti nelle acque se l'inquinamento non è recente, poiché producono spore termoresistenti e stabili nell'ambiente. Affinché un'acqua sia idonea al consumo umano, questa specie batterica deve essere assente in 100 ml di campione analizzato.
Pseudomonas aeruginosa [UFC/100ml]	0					È caratterizzato da un'elevata capacità di adattamento. È un microrganismo prettamente ambientale e, per questo, rilevabile anche in acque potabili, in particolare in condizioni di stagnamento dell'acqua. È in grado di installarsi nei serbatoi, nei rompighetto dei rubinetti e nelle apparecchiature ad uso domestico per il trattamento di acque potabili, raggiungendo cariche batteriche elevate. Deve essere assente in 100 ml (in 250 ml per le acque imbottigliate) di campione analizzato.
Pseudomonas aeruginosa [UFC/250ml]	0					
Stafilococchi patogeni [UFC/100ml]	0					Il parametro Stafilococchi patogeni, di cui è prescritta l'assenza obbligatoria nelle acque destinate al consumo umano, è inserito tra quelli indicati nell'Avvertenza dell'Allegato I del Decreto Legislativo n. 31 del 2001 e successive modifiche ed integrazioni.
Funghi [UFC/100ml]	0					Il D.Lgs. 31/2001, e s.m.i. individua i funghi fra i parametri microbiologici accessori da monitorare

Tabella 3 – Parametri microbiologici

	numero valori	media	massimo	minimo	VALORE LIMITE	
Alluminio [µg/l]	12	21,25	30,00	20,00	200	
Ammonio [mg/l]	12	0,05	0,05	0,05	0,5	
Cadmio [µg/l]	12	0,50	0,50	0,50	5	
Cromo esavalente [µg/l]	0				10	Valore stabilito dal DM14/11/2016.
Cromo totale [µg/l]	12	5,00	5,00	5,00	25	Dal primo luglio 2021 il Ministero della Salute ha modificato il valore limite del Cromo totale da 50 a 25 µg/l. Nella nota 12 viene specificato, però, che questo valore deve essere soddisfatto entro il 12 gennaio 2026.
Ferro [µg/l]	12	50,00	50,00	50,00	200	
Manganese [µg/l]	12	5,00	5,00	5,00	50	
Mercurio [µg/l]	12	0,20	0,20	0,20	1	
Nichel [µg/l]	12	2,00	2,00	2,00	20	
Piombo [µg/l]	12	5,00	5,00	5,00	10	Da ridurre a 5 entro il 2036.
Rame [µg/l]	12	10,00	10,00	10,00	2000	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
Selenio [µg/l]	12	5,00	5,00	5,00	20	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
Zinco [µg/l]	12	100,00	100,00	100,00	3000	Valore stabilito in tabella 2 ALL.5 D.lgs. 152/06
Arsenico [µg/l]	12	5,00	5,00	5,00	10	
Vanadio [µg/l]	0				140	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
Uranio [µg/l]	0				30	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
Sodio (mg/l)	0				200	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
Cloruro [mg/l]	12	3,08	4,00	3,00	250	
Clorato [mg/l]	0				0,25	Nei casi in cui il metodo di disinfezione usato non generi clorato o clorito, il valore di parametro di 0,25 mg/l deve essere soddisfatto al più tardi il 12 gennaio 2026; fino al 11 gennaio 2026 i valori di parametro del clorato e del clorito sono pari a 0,7 mg/l. Nei casi in cui per la disinfezione si utilizza un metodo di disinfezione che genera clorito, in particolare diossido di cloro, si applica il valore di parametro di 0,70 mg/l.
Clorito [mg/l]	0				0,25	(Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18)
Cianuro [µg/l]	0				50	
Fluoruro [mg/l]	12,00	0,87	3,00	0,15	1,50	
Fosfato [mgP2O5/l]	12	0,20	0,20	0,20		
Nitrato [mgNO3/l]	12	3,50	4,00	3,00	50	Deve essere soddisfatta la condizione:
Nitrito [mg/l]	0				0,5	(Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18)
Solfato [mg/l]	12	27,67	30,00	25,00	250	

Tabella 4 – Parametri chimici inorganici

		numero valori	media	massimo	minimo	VALORE LIMITE	
	MICROINQUINANTI ORGANICI						
	Benzene [µg/l]	0				1	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
	Cloruro di vinile [µg/l]	0				0,5	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
	1,2-dicloroetano [µg/l]	0				3	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
	Tricloroetilene [µg/l]	0				10	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18 (Valore stabilito in tabella 2 ALL.5 D.lgs. 152/06 = 1,5)
	Tetracloroetilene [µg/l]	0					Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18 (Valore stabilito in tabella 2 ALL.5 D.lgs. 152/06 = 1,1)
	Epicloridrina [µg/l]	0				0,1	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
	Acidi aloacetici HAAs [µg/l]	0				60	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
	Acrilammide [µg/l]	0				0,1	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
	Bisfenolo A [µg/l]	0				2,5	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
	Microcistina-LR	0				1	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
TRIALO METANI	Tribromometano (bromoformio) [µg/l]	0				30	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
	Triclorometano (cloroformio) [µg/l]	0					
	Dibromoclorometano [µg/l]	0					
	Bromodichlorometano [µg/l]	0					
IPA	Idrocarburi Policiclici Aromatici totali [µg/l]	0	0,02	0,02	0,02	0,1	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
	Benzo(a)pirene [µg/l]	0				0,01	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
	Antiparassitari totali [µg/l]	12	5,00	5,00	5,00	0,5	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
	Antiparassitari (singola specie) [µg/l]	0				0,1	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18. Nel caso di aldrina, dieldrina, eptacloro ed eptacloro epossido, il valore di parametro è pari a 0,030 µg/l.
PFAS	PFAS totali [µg/l]	0				0,5	Allegato 1 DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2023, n. 18
	Somma di PFAS [µg/l]	0				0,1	Somma sostanze di cui all'Allegato 3. parte B, punto 3 del DL 23 febbraio 2023, n. 18

Tabella 5 – Microinquinanti organici

L'esame dei dati raccolti - fatta salva l'incompletezza del monitoraggio in relazione ai microinquinanti organici ed alcuni elevati valori di fluoruri - attesta un evidente problema di contaminazione batterica molto probabilmente di origine fecale.

Lo sviluppo del processo di trattamento sarà quindi basato soprattutto sul controllo dell'inquinamento microbiologico. In caso di eventuale riscontro di contaminazioni di tipo organico o la conferma della contaminazione da fluoruri (sulla quale si è per ora sospeso il giudizio in considerazione dello scarso numero di dati disponibile), la filiera di processo potrà essere ulteriormente integrata (ad esempio con colonne di adsorbimento su allumina attivata, per i fluoruri; con resine selettive per gli PFAS, ecc.). In questa prospettiva, a livello di lay out, sono stati previsti spazi per l'eventuale espansione degli stadi di trattamento.

2.2 Filiera di trattamento

L'evidenza di una significativa contaminazione microbiologica di origine fecale impone di prestare una particolare attenzione alla disinfezione delle acque.

In coerenza con i criteri dell'EPA (USEPA 1999² e USEPA 2006³) gli organismi "obiettivo" della disinfezione sono identificati nei virus e nei protozoi (Giardia e Cryptosporidium).

Il criterio base adottato è quello di assicurare un dosaggio di disinfettante ($C \cdot T$ = concentrazione residua di disinfettante per tempo di contatto) atto a fornire un abbattimento di 3 log per le cisti di Giardia, 4 log per i virus e 2 log per il Cryptosporidium.

In presenza di un monitoraggio dei coliformi fecali o di escherichia coli, gli abbattimenti possono essere rimodulati in funzione del 90° percentile della distribuzione delle concentrazioni dei microorganismi indicatori.

Nel nostro caso il numero di determinazioni disponibili è molto limitato, ma si è comunque preferito optare per questa seconda possibilità in quanto, considerati gli elevati valori riscontrati di coliformi fecali, rappresenta senz'altro un approccio più conservativo.

La disinfezione chimica con ipoclorito di sodio è molto efficace in relazione ai virus ed ai batteri, mentre lo è poco o nulla rispetto ai protozoi (Giardia e Cryptosporidium). Per contro l'irraggiamento con UV risulta estremamente efficace nei confronti dei protozoi e molto meno per virus e batteri.

La filiera di trattamento prevede, quindi, di effettuare entrambi i tipi di trattamento.

Il solo trattamento fisico adottato consiste nella filtrazione delle acque. Si è infatti ritenuto non necessario procedere ad una chiariflocculazione, vista la composizione chimica delle acque, il basso tenore in solidi sospesi e la bassa torbidità (sia pure misurata solo sui campioni utilizzati per le prove di filtrazione in scala di laboratorio). Si è però optato per utilizzare un letto filtrante particolarmente efficace, costituito da zeolite granulare. Questo materiale – come confermato dalle prove in scala di laboratorio – consente di ridurre il tenore di solidi sospesi nell'intorno di 1 mg/l. Inoltre, la zeolite manifesta una buona capacità di scambio ionico contribuendo alla rimozione di metalli presenti in tracce. La verifica è stata effettuata in relazione al tenore di alluminio (unico metallo che aveva fornito tenori superiori ai limiti di quantificazione analitica nella campagna di monitoraggio condotta nel 2020/2021). Infine, è nota l'attitudine dei letti filtranti di zeolite a

² "Disinfection Profiling and Benchmarking Guidance Manual" – EPA -815-R-99-013

³ "Long term 2 enhanced surface water treatment rule toolbox guidance manual" – EPA- EPA 815-R-09-016
April 2010

trattenere cisti di protozoi, in virtù della capacità di questo materiale di rimuovere particelle molto più fini rispetto ai letti di sabbia (fra 0,5 e 10 μm)⁴.

Il trattamento di filtrazione si pone a valle di una disinfezione preliminare che viene condotta dosando ipoclorito di sodio sulla mandata delle pompe di presa in modo da sfruttare il tempo di contatto offerto dalla condotta di trasferimento alla stazione di potabilizzazione. Questo dosaggio di ipoclorito costituisce anche un possibile metodo per la rimozione di sostanze riducenti quali solfuri, ferro e manganese (sostanze di cui, comunque, non è stata riscontrata la presenza nelle acque del lago). Inoltre, la disinfezione preliminare previene la proliferazione di biomasse all'interno dei letti filtranti.

All'uscita dai filtri le acque subiscono l'irraggiamento con UV, il quale opera, quindi, nelle condizioni ideali, essendo le acque ormai praticamente prive di solidi sospesi.

Infine, la clorazione finale viene effettuata allo scopo di garantire un residuo idoneo per la protezione da contaminazioni nella rete di distribuzione. Per tale trattamento è stata prevista una specifica vasca di contatto del tipo "a chicane".

2.3 Calcolo della disinfezione

Il procedimento prevede la determinazione dei prodotti C*T idonei per gli abbattimenti richiesti degli organismi "obiettivo" (virus, giardia, cryptosporidium), in funzione del tipo di disinfettante, del pH (solo per il Cloro), della temperatura e del residuo di disinfettante in acqua.

La Tabella 6 fornisce i valori del Log di inattivazione per Giardia e per virus basati sul monitoraggio di e-coli o coliformi fecali nelle acque inviate alla potabilizzazione. Le concentrazioni di microorganismi fanno riferimento al 90° percentile dei valori raccolti in un anno, con 5 prelievi alla settimana. Il principio alla base sta nell'assunzione che ci sia una proporzionalità fra protozoi e batteri patogeni nell'acqua. I log di inattivazione sono determinati assumendo un numero massimo di infezioni ammissibili da Giardia pari a 10⁻⁴ casi/persona/anno.

EPA considera ammissibile l'omissione di uno stadio di filtrazione solo nel caso in cui il 90° percentile dei coliformi fecali non supera 20 UFC/100 ml e sono comunque garantiti 3 log di inattivazione per Giardia.

Nel nostro caso non esiste una base dati paragonabile a quella richiesta da EPA. In via cautelativa si farà comunque riferimento al 95° percentile dei dati disponibili che, per i coliformi fecali corrisponde ad una concentrazione di 3825 UFC/100 ml (Tabella 1). In base ai dati riportati in Tabella 6 (colonna "direct filtration", in quanto il processo in oggetto non prevede stadi di sedimentazione) risultano necessari:

- per Giardia => 5 log di inattivazione
- per Virus => 7 log di inattivazione

⁴ Monika Sučík * and Alexandra Valenčáková: "Comparison of Chemical and Biological Methods of Filtering Cryptosporidia from Water" - Int. J. Environ. Res. Public Health 2022, 19,12675.
<https://doi.org/10.3390/ijerph191912675>.

Table 6-3. Impact of Source Water Quality and Filtration Process on Alternative Disinfection Benchmark

90th Percentile Indicator Concentration* (cfu/100ml)	Giardia Alternative Disinfection Benchmark (log inactivation)		Virus Alternative Disinfection Benchmark (log inactivation)	
	Conventional	Direct, Slow Sand, or Diatomaceous Earth	Conventional or Slow Sand	Direct or Diatomaceous Earth
< 20	1.0	1.5	2.5	3.5
30	1.3	1.8	2.8	3.8
40	1.5	2.0	3.0	4.0
50	1.6	2.1	3.1	4.1
60	1.7	2.2	3.2	4.2
70	1.8	2.3	3.3	4.3
80	1.9	2.4	3.4	4.4
90	2.0	2.5	3.5	4.5
100	2.0	2.5	3.5	4.5
200	2.5	3.0	4.0	5.0
300	2.8	3.3	4.3	5.3
400	3.0	3.5	4.5	5.5
500	3.1	3.6	4.6	5.6
600	3.2	3.7	4.7	5.7
700	3.3	3.8	4.8	5.8
800	3.4	3.9	4.9	5.9
900	3.5	4.0	5.0	6.0
1,000	3.5	4.0	5.0	6.0
2,000	4.0	4.5	5.5	6.5
3,000	4.3	4.8	5.8	6.8
4,000	4.5	5.0	6.0	7.0
5,000	4.6	5.1	6.1	7.1
6,000	4.7	5.2	6.2	7.2
7,000	4.8	5.3	6.3	7.3
8,000	4.9	5.4	6.4	7.4
9,000	5.0	5.5	6.5	7.5
10,000	5.0	5.5	6.5	7.5
≥20,000	5.5	6.0	7.0	8.0

* Indicator concentration refers to either *E. coli* or fecal coliform.

Tabella 6 – Determinazione dei log di inattivazione per virus e giardia basati sulla misura di coliformi fecali

Per l'inattivazione del *Cryptosporidium* si fa riferimento alla Tabella 7, la quale fornisce l'ulteriore log di rimozione necessario per diverse categorie di vulnerabilità alla contaminazione ("bin"). Non disponendo di dati circa la presenza di *Cryptosporidium* nelle acque, si è previsto di fornire l'ulteriore log di rimozione richiesto tramite irraggiamento UV, con l'obiettivo di conseguire una protezione corrispondente almeno alla categoria 3 (colonna "direct filtration"). Risulta quindi necessario un abbattimento aggiuntivo di almeno 2,5 log.

Table 1.2. Bin Requirements for Filtered PWSs ¹

Cryptosporidium Concentration (oocysts/L)	Bin Classification	And if the following filtration treatment is operating in full compliance with existing regulations, then the <i>additional</i> treatment requirements are ² ...			
		Conventional Filtration Treatment (includes softening)	Direct Filtration	Slow Sand or Diatomaceous Earth Filtration	Alternative Filtration Technologies
< 0.075	1	No additional treatment	No additional treatment	No additional treatment	No additional treatment
≥ 0.075 and < 1.0	2	1 log treatment ³	1.5 log treatment ³	1 log treatment ³	As determined by the state ^{3,5}
≥ 1.0 and < 3.0	3	2 log treatment ⁴	2.5 log treatment ⁴	2 log treatment ⁴	As determined by the state ^{4,6}
≥ 3.0	4	2.5 log treatment ⁴	3 log treatment ⁴	2.5 log treatment ⁴	As determined by the state ^{4,7}

¹ From 40 CFR 141.711

² Additional treatment requirements reflect a *Cryptosporidium* removal credit of 3 log for a conventional, slow sand, or diatomaceous earth filtration, and a 2.5-log credit for direct filtration plants.

³ PWSs may use any technology or combination of technologies from the microbial toolbox.

⁴ PWSs must achieve at least 1 log of the required treatment using ozone, chlorine dioxide, UV light, membranes, bag/cartridge filters, or bank filtration.

⁵ Total *Cryptosporidium* treatment must be at least 4.0 log.

⁶ Total *Cryptosporidium* treatment must be at least 5.0 log.

⁷ Total *Cryptosporidium* treatment must be at least 5.5 log.

Tabella 7 – Log di inattivazione aggiuntivi per conseguire la rimozione di *Cryptosporidium* in relazione a diverse categorie di vulnerabilità alla contaminazione ("bin")

Si sono quindi considerati tre segmenti di disinfezione chimica con ipoclorito di sodio:

1. fra il punto di presa ed i filtri (tubazione di adduzione);
2. all'interno dei filtri a zeolite;
3. nel reattore di disinfezione posto a valle dei filtri.

Per ciascun segmento è stato impostato un valore del residuo di disinfettante (C).

Il tempo di contatto che viene usato nel calcolo del C*T è il tempo di permanenza nel reattore del 90% del volume di acqua trattato ossia è il tempo che impiega il 10% dell'acqua per uscire dal reattore. Questo tempo viene normalmente indicato come "t₁₀". In sede di progetto, esso viene calcolato come il prodotto del tempo di ritenzione idraulica convenzionale e di un "baffling factor", ossia un indice del livello di approssimazione ad un reattore ideale in cui per tutti gli elementi infinitesimi del volume, il tempo di ritenzione è uguale a quello medio. Detto HRT il tempo di ritenzione idraulica teorico (definito come $HRT = V/Q$, dove V è il volume del reattore e Q è la portata di acqua influente), il tempo di ritenzione effettivo (ERT) risulta:

$$ERT = HRT * T_{10}/T$$

Valori indicativi del rapporto T₁₀/T sono forniti nella documentazione USEPA2 e riprodotti in Tabella 8.

Baffling Condition	T ₁₀ /T	Baffling Description
Unbaffled (mixed flow)	0.1	None, agitated basin, very low length to width ratio, high inlet and outlet flow velocities. Can be approximately achieved in flash mix tank
Poor	0.3	Single or multiple unbaffled inlets and outlets, no intra-basin baffles
Average	0.5	Baffled inlet or outlet with some intra-basin baffles
Superior	0.7	Perforated inlet baffle, serpentine or perforated intra-basin baffles, outlet weir or perforated launders
Perfect (plug flow)	1.0	Very high length to width ratio (pipeline flow), perforated inlet, outlet, and intra-basin baffles

Tabella 8 – Valori guida del rapporto T₁₀/T (baffling factor) forniti da USEPA.

Per la tubazione di adduzione si considera un "baffling factor" pari a 1, considerando un "plug flow" praticamente perfetto. Di conseguenza il tempo di contatto del disinfettante (T₁₀) è calcolabile come rapporto fra la lunghezza della tubazione e la velocità di flusso dell'acqua.

Per il passaggio attraverso i filtri a zeolite è stato adottato un "baffling factor" pari a 0,7.

Per il reattore di disinfezione finale (del tipo a "chicane") si è considerato un "baffling factor" pari a 0,5.

Il tenore di cloro residuo in uscita da ogni segmento è controllato da un clororesiduometro che gestisce il dosaggio del disinfettante a monte.

Il valore del prodotto C*T da adottare per l'inattivazione di Giardia è dato in forma tabellare. Nel caso della disinfezione con ipoclorito di sodio sono disponibili due formule di interpolazione che permettono di calcolare direttamente C*T in funzione del log di inattivazione richiesto, della temperatura e del pH (Figura 2). L'inattivazione ottenibile sui virus per il prodotto C*T adottato è desumibile dai dati riportati in Tabella 9. Per il caso in oggetto si è fatto riferimento ai valori medi di temperatura e pH desumibili dal monitoraggio del 2020/2021:

- temperatura = 8°C
- pH = 7,5

E' quindi stata utilizzata l'equazione 3.3 per il calcolo del C*T da adottare per l'inattivazione di Giardia.

La verifica della corrispondente inattivazione dei virus è stata effettuata sulla base dei dati di Tabella 9, estrapolandoli in virtù della relazione lineare che intercorre fra C*T e log di inattivazione. In pratica è stata utilizzata la seguente equazione:

$$\text{Log}_{\text{Virus}} = C \cdot T_{\text{Giardia}} / (C \cdot T_{\text{Virus}} / 4);$$

in cui 4 sono i Log di disattivazione dei Virus corrispondenti a CT_{Virus}.

Come si vede dalle tabelle, l'inattivazione del Giardia è sempre il fattore controllante.

Per il calcolo del tempo di ritenzione convenzionale si è sempre fatto riferimento alla portata massima di progetto di 360 m³/h.

An empirical model was developed by Smith et al. (1995), that directly predicts CT values that are equal to or greater than the original CT values in the SWTR over the entire range of variables covered in the SWTR Guidance Manual. The equations below can be used to directly compute CT values for chlorine inactivation:

$$CT = (0.353 * I)(12.006 + e^{(2.46 - 0.073 * \text{temp} + 0.125 * C + 0.389 * \text{pH})})$$

(for temperature < 12.5 °C) **Equation 3-3**

$$CT = (0.361 * I)(-2.261 + e^{(2.69 - 0.065 * \text{temp} + 0.111 * C + 0.361 * \text{pH})})$$

(for temperature ≥ 12.5 °C) **Equation 3-4**

Where:

- I = 3, the number of logs inactivation required
- Temp= temperature in degrees Celsius
- C = residual chlorine concentration in mg/L
- pH = the negative log concentration of hydrogen ion
- e = 2.7183, the base for the natural logarithm

Figura 2 – Espressioni empiriche per il calcolo di C*T per inattivazione di Giardia (USEPA)

Table C-7. CT Values for Inactivation of Viruses by Free Chlorine, pH 6.0-9.0

Temperature (°C)																										
Inactivation (log)	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	6.0	5.8	5.3	4.9	4.4	4.0	3.8	3.6	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	9.0	8.7	8.0	7.3	6.7	6.0	5.6	5.2	4.8	4.4	4.0	3.8	3.6	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
4	12.0	11.6	10.7	9.8	8.9	8.0	7.6	7.2	6.8	6.4	6.0	5.6	5.2	4.8	4.4	4.0	3.8	3.6	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0

Source: AWWA, 1991. Modified by linear interpolation between 5°C increments.

Tabella 9 – Valori di CT per inattivazione di virus con cloro per diversi valori di temperatura

Il calcolo relativo al segmento 1 è riportato in Tabella 10.

CALCOLO SEGMENTO 1			
Lunghezza condotta =	1500	m	Temperatura dell'acqua 8 °C
Velocità media =	1,2	m/s	pH dell'acqua 7,5 upH
Baffling factor =	1		
T ₁₀ =	20,8	min	
Conc.residua Cl =	2	mg/l	
Rimozione GIARDIA			
CT calcolato =	41,7	mg/l/min	CT da equazione 3.3 = 41,7 mg/l/min
Log conseguibile =	0,707		
Rimozione VIRUS			
CT calcolato =	41,7	mg/l/min	CT 4 log (da tab.C-7) = 6,8 mg/l/min
Log conseguibile =	24,510		

Tabella 10 – Calcolo Log conseguibile per dosaggio ipoclorito di sodio nel segmento 1

Il calcolo relativo al segmento 2 è riportato in Tabella 11, Si è fatto riferimento a 4 unità di filtrazione in esercizio aventi diametro pari a 2800 mm (come da dimensionamento sviluppato al paragrafo 2.4).

CALCOLO SEGMENTO 2			
Volume utile filtri =	40,38	m ³	Temperatura dell'acqua 8 °C
Portata influente =	360	m ³ /h	pH dell'acqua 7,5 upH
Baffling factor =	0,7		
T ₁₀ =	4,7	min	
Conc.residua Cl =	1,5	mg/l	
Rimozione GIARDIA			
CT calcolato =	7,1	mg/l/min	CT da equazione 3.3 = 7,1 mg/l/min
Log conseguibile =	0,128		
Rimozione VIRUS			
CT calcolato =	7,1	mg/l/min	CT 4 log (da tab.C-7) = 6,8 mg/l/min
Log conseguibile =	4,157		

Tabella 11 – Calcolo Log conseguibile per dosaggio ipoclorito di sodio nel segmento 2

Il calcolo relativo al segmento 3 è riportato in Tabella 12. Si è fatto riferimento ad una vasca a canale con andamento "a chicane" avente larghezza 1200 mm, sviluppo lineare di 78,75 m (per una superficie di 94,5 m²) ed un battente di 3,5 m (volume utile 330 m³).

CALCOLO SEGMENTO 3					
Volume utile bacino =	330	m ³	Temperatura dell'acqua	8	°C
Portata influente =	360	m3/h	pH dell'acqua	7,5	upH
Baffling factor =	0,5				
T ₁₀ =	27,5	min			
Conc.residua Cl =	2	mg/l			
<u>Rimozione GIARDIA</u>					
CT calcolato =	55,0	mg/l/min	CT da equazione 3.3 =	55,0	mg/l/min
Log conseguibile =	0,933				
<u>Rimozione VIRUS</u>					
CT calcolato =	55,0	mg/l/min	CT 4 log (da tab.C-7) =	6,8	mg/l/min
Log conseguibile =	32,353				

Tabella 12 – Calcolo Log conseguibile per dosaggio ipoclorito di sodio nel segmento 3

I log di rimozione posti come obiettivo vengono ora confrontati con i log conseguibili mediante disinfezione chimica con ipoclorito di sodio, calcolati sommando ciascuno dei tre segmenti (Tabella 13).

	<i>Giardia</i>	<i>Virus</i>
Log_{obiettivo}	5	7
Log _{segmento 1}	0,707	24,51
Log _{segmento 2}	0,128	4,157
Log _{segmento 3}	0,933	32,353
Δ	3,232	-54,02

Tabella 13 – Calcolo del fabbisogno residuo di inattivazione a seguito disinfezione chimica

La dose di ipoclorito somministrata risulta in larghissimo eccesso rispetto a quanto richiesto per la disattivazione dei Virus, mentre è ancora deficitaria rispetto al fabbisogno per Giardia.

Per fornire i Log di rimozione necessari si farà ricorso all'irraggiamento con UV.

La dose UV da somministrare (in mJ/cm²) è ricavabile dalla Tabella 14.

Si considererà una rimozione di 3,5 Log per il Giardia (eccedente il fabbisogno calcolato in Tabella 13). Per questa rimozione risulta necessaria una dose UV di 15 mJ/cm². Con tale dose sono conseguibili anche gli stessi Log di inattivazione per Cryptosporidium. In riferimento alla Tabella 7, tale rimozione eccede l'obiettivo posto per sistemi a filtrazione diretta con oltre 3 oocisti/l di Cryptosporidium nelle acque in ingresso (categoria 4).

Pertanto, il dispositivo complessivo di disinfezione è certamente cautelativo rispetto alla contaminazione microbiologica prevedibile per le acque influenti al potabilizzatore.

**Table 1.4. UV Dose Requirements –
millijoules per centimeter squared (mJ/cm²)¹**

Target Pathogens	Log Inactivation							
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
<i>Cryptosporidium</i>	1.6	2.5	3.9	5.8	8.5	12	15	22
<i>Giardia</i>	1.5	2.1	3.0	5.2	7.7	11	15	22
Virus	39	58	79	100	121	143	163	186

¹ 40 CFR 141.720(d)(1)

Tabella 14 – Dose UV per inattivazione protozoi e virus

2.4 Calcolo della filtrazione

La filtrazione è eseguita mediante una batteria di filtri a letto granulare disposti in parallelo, del tipo in pressione con letto filtrante costituito da zeolite.

L'utilizzo della zeolite permette di conseguire tenori di solidi sospesi molto bassi, dell'ordine di 1 mg/l.

Prove preliminari di filtrazione sono state condotte presso la sede della società ZEOCELL di Pisa. La descrizione delle prove ed i risultati ottenuti sono riportati in APPENDICE A. E' stato anche riscontrato un certo incremento della trasmittanza UV dell'acqua dopo filtrazione (comunque già superiore al 90% sull'acqua grezza).

Il funzionamento dei filtri è semi-continuo; al passaggio dell'acqua da trattare, i solidi sospesi vengono trattenuti nelle porosità del letto granulare, determinando un progressivo aumento delle perdite di carico attraverso i filtri. Una volta conseguito un valore massimo prefissato (o trascorso un tempo di esercizio predeterminato) il filtro viene messo fuori servizio e sottoposto ad un opportuno ciclo di lavaggio articolato in varie fasi coinvolgenti l'immissione in controcorrente di acqua. Il lavaggio in controcorrente con acqua determina l'asportazione dei solidi trattenuti nel letto. Tale flusso dovrà essere avviato ad una vasca di raccolte e, da qui, smaltito in fognatura.

Ovviamente l'effetto depurativo è migliore quanto più fine è il mezzo filtrante; per contro, però, la limitata porosità di materiali granulari fini riduce la capacità di ritenzione di solidi propria del filtro, aumentando la rapidità di crescita delle perdite di carico durante la fase di esercizio e, di conseguenza, aumentando la frequenza dei controlavaggi. Ciò è meno vero per i letti di zeolite, i quali mostrano sempre una capacità di ritenzione di solidi maggiore rispetto a quella di particelle di sabbia di granulometria confrontabile.

Una valutazione corretta della reale frequenza dei controlavaggi può essere effettuata esclusivamente tramite prove su scala pilota. In questa sede si è fatto ricorso a dati di letteratura tecnica – fortemente cautelativi – per ricavare indicazioni utili al dimensionamento dei filtri e dei sistemi ad essi collegati.

Le caratteristiche tipiche delle zeoliti granulari utilizzate nelle prove sono riassunte in Tabella 15.

Zeolite	Descrizione letto filtrante
Zeowater ZN	Zeolite clinoptilolite non modificata – granulometria 0,5-1 mm
Zeowater ZNAV	Zeolite chabasite non modificata – granulometria 0,7 – 2 mm

Tabella 15 – Caratteristiche granulometriche delle zeoliti testate

Il dimensionamento dei filtri per il potabilizzatore di Villa Taranto è stato effettuato in base al carico di solidi sospesi influente, scegliendo la velocità di attraversamento del letto filtrante in modo da assicurare un tempo di esercizio (fra un controlavaggio e l'altro) non inferiore a 8 ore, a fronte di un incremento massimo della perdita di carico nell'attraversamento del letto (dovuta al progressivo intasamento) non superiore a 2,5 m.c.a.

In assenza di dati sperimentali è stato adottato un approccio molto cautelativo, assimilando la capacità di ritenzione di solidi di un letto di zeolite a quella di una sabbia silicea fine. In realtà, la capacità di ritenzione della zeolite pare essere decisamente superiore, come indicato nelle schede tecniche di tutti i principali fornitori (Tabella 16).

Filter Media	Filter Rating (nominal)	Solids Loading Capacity
Sand (20 x 40 Mesh)	~20 micron	1x
Sand/Anthracite (20 x 40 Mesh & Anthracite)	~15 micron	~1.4x
Multimedia (8 x 12 Garnet, 30 x 40 Garnet, 0.45-0.55 Sand, Anthracite #1)	~12 micron	~1.6x
Zeolite-61 (14 x 40 Mesh)	< 5 micron	~2.7x

Tabella 16 – Confronto fra le capacità di ritenzione di solidi di diversi letti filtranti

Il diagramma riportato in Figura 3 costituisce una rielaborazione di quello pubblicato in Water Environment Federation – Manual of practice n.8) utilizzando i dati da questo fornito per sabbia silicea fine ($d_{10} = 0,68$ mm).

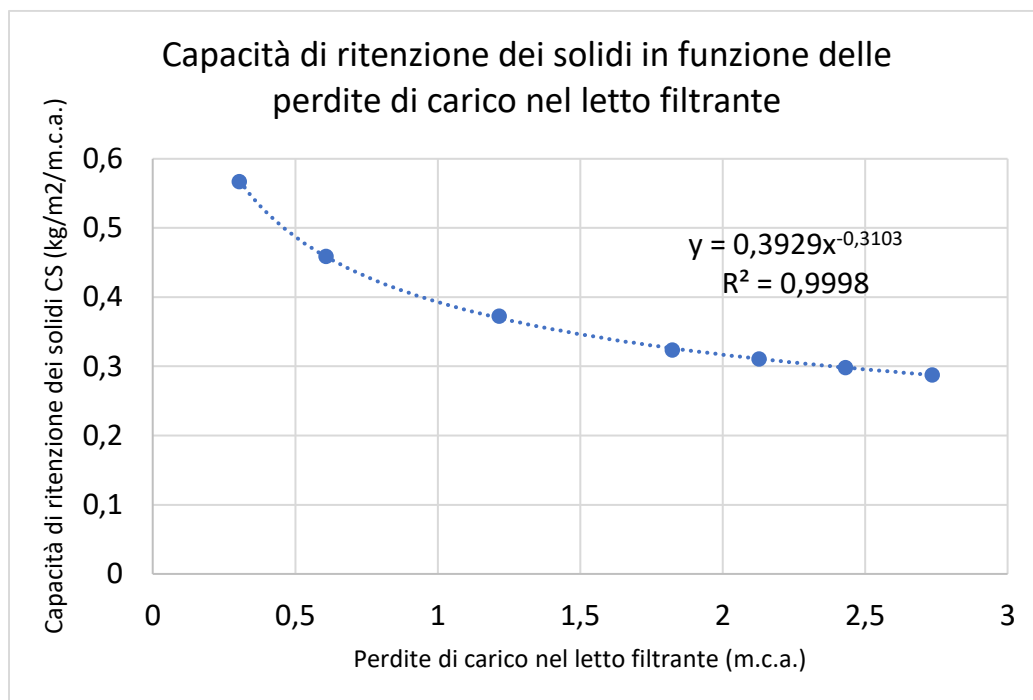


Figura 3 – Capacità di ritenzione di solidi in funzione della perdita di carico nel letto filtrante

Una volta fissato l'incremento di perdita di carico massimo ammissibile (Δh) e la corrispondente "capacità di ritenzione di solidi" (SC), vale la seguente relazione⁵:

⁵ L'equazione 1 è semplicemente l'esplicitazione della definizione di capacità di ritenzione dei solidi CS. Moltiplicando questa per la corrispondente perdita di carico (Δh , in ascisse), si ottiene il carico massico

$$(1) \Delta h * SC / TSSr = V * \Delta t$$

dove:

TSSr = concentrazione di solidi sospesi rimossa nel filtro (kg/m³);

V = velocità di filtrazione (m³/m²*h)

Δt = durata della fase di filtrazione fra un controlavaggio ed il successivo (h)

La relazione (1) può essere utilizzata per definire la massima velocità di filtrazione ammissibile in relazione ad un tempo di filtrazione minimo prefissato, oppure il massimo tempo di filtrazione conseguibile per una prefissata velocità di filtrazione.

La relazione (1) – introducendo la funzione di interpolazione dei dati ricavata graficamente - si trasforma quindi, per il caso specifico, come segue⁶:

$$(2) V = 0,3929 * \Delta h^{+0,6897} / (TSSr * \Delta t)$$

La concentrazione di solidi sospesi rimossa nel filtro è posta pari a 7 mg/l, con 1 mg/l residuo nell'effluente filtrato. Pertanto, i solidi sospesi rimossi sono pari a 6 mg/l (0,006 kg/m³).

In queste condizioni, un tempo di filtrazione Δt = 8 ore risulta compatibile con una velocità di filtrazione:

$$(3) V = 0,3929 * 2,5^{+0,6897} / (0,006 * 8) = 15,4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$$

In riferimento alla massima portata avviata al trattamento (pari a circa 360 m³/h) risulta pertanto necessaria la seguente superficie di filtrazione totale:

$$S_{ft} = 360 \text{ m}^3/\text{h} / 15,4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h} = 23,4 \text{ m}^2$$

Tale superficie è conseguibile con 4 unità attive di diametro 2,8 m (superficie unitaria = 6,15 m²), corrispondenti ad una superficie totale di filtrazione di 24,6 m². L'effettiva velocità di filtrazione risulterà:

$$V_{eff} = 15,4 * 23,4 / 24,6 = 14,65 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h} = 6 \text{ gpm}/\text{sqft}$$

superficiale rimosso (ossia i kg di solidi rimuovibili per unità di superficie filtrante). Tale grandezza corrisponde al prodotto TSSr * V * Dt. Infatti il **carico massico superficiale rimosso** è pari a $CS * \Delta h = MTSS/SF$, dove MTSS è la massa complessiva di solidi sospesi rimossa dal letto filtrante durante l'esercizio e SF è la superficie del filtro. Ma $MTSS = Q * \Delta t * TSSr$ in cui Q è la portata alimentata, Δt il tempo di esercizio e TSSr la concentrazione di solidi sospesi rimossa nel filtro. Infine, tenendo conto che $Q/SF = V$ (dove SF è la superficie filtrante e V la velocità di attraversamento), si ottiene: $CS * \Delta h = MTSS/SF = Q * \Delta t * TSSr / SF = V * \Delta t * TSSr$ ossia l'equazione (1).

⁶ Il passaggio dalla relazione (1) alla relazione (2) è possibile essendo stata esplicitata l'equazione della curva di correlazione fra le grandezze CS e Δh (riportata sul diagramma), ossia $CS = 0,3929 * \Delta h^{-0,3103}$. Moltiplicando ambo i membri per Δh , si ottiene: $CS * \Delta h = 0,3929 * \Delta h^{-0,3103} * \Delta h$ che, per le proprietà delle potenze, può essere riscritta come segue: $CS * \Delta h = 0,3929 * \Delta h^{(1-0,3103)} = 0,3929 * \Delta h^{(1-0,3103)} = 0,3929 * \Delta h^{0,6897}$. Dalla (1) si ricava $V = CS * \Delta h / (\Delta t * TSSr)$. Sostituendo a $CS * \Delta h$ l'espressione sopra ricavata, si ottiene infine la (2):

$$V = 0,3929 * \Delta h^{+0,6897} / (TSSr * \Delta t)$$

Si prevede l'installazione di n.5 filtri in modo da garantire i flussi previsti anche con una unità fuori servizio per controlavaggio.

Ciascun filtro avrà, quindi, un letto filtrante costituito da materiali certificati per contatto con acqua destinata a consumo umano, secondo UNI EN ISO 12909 ed aventi le seguenti caratteristiche:

- ✓ Letto di supporto in zeolite grossolana => granulometria 2,5-5 mm; altezza strato = 150 mm; quantità = ca.820 kg
- ✓ Letto filtrante in zeolite fine => d10 = 0,62 mm; coefficiente di uniformità = 1,6; altezza strato = 1000 mm; quantità = ca.5460 kg

Ciascun filtro sarà soggetto a cicli di controlavaggio che prevedono:

- immissione di acqua in controcorrente (velocità massima prevista di 35 m/h corrispondenti a circa 190 m³/h) per un tempo pari a circa 15 minuti;
- risciacquo in equicorrente alla portata di esercizio di filtrazione (90 m³/h) per un tempo pari a circa 15 minuti.

Il volume di acque reflue generate per filtro e per giorno e la composizione media (come concentrazione di TSS) sono calcolati in Tabella 17.

Tempo di esercizio per filtro (h)	8	Numero filtri in esercizio (n)	4
Portata risciacquo (m ³ /h)	90	Portata controlavaggio (m ³ /h)	190
Durata risciacquo (min)	15	Durata controlavaggio (min)	15
Portata oraria trattata (m ³ /h)	360	Portata giornaliera trattata (m ³ /d)	8640
Solidi sospesi influenti (mg/l)	7	Solidi sospesi effluenti (mg/l)	1
	per filtro	al giorno	
Volume controlavaggio (m ³)	47,5	570	
Volume risciacquo (m ³)	22,5	270	
TOTALE	70	840	
Rapporto su portata trattata		9,7%	
Carico massico rimosso (kgTSS/d)		51,84	
Conc. media acque reflue (mgTSS/l)		62,0	

Tabella 17 – Calcolo volume e composizione reflui di controlavaggio

Le acque di lavaggio e di risciacquo dei filtri saranno stoccate in vasca interrata e rilanciate alla fognatura di collegamento al depuratore consortile. La portata media da sollevare sarà pari a 840 m³/d /24 h/d = 35 m³/h. Il diagramma in Figura 4 riporta il calcolo del volume di accumulo necessario nell'ipotesi più cautelativa, la quale corrisponde al lavaggio in sequenza di tutti e 4 i filtri attivi ogni 8 ore di esercizio, con una portata di sollevamento a fognatura consortile continua e pari al valore medio sopra calcolato. Risulta un volume utile massimo pari a 200 m³.

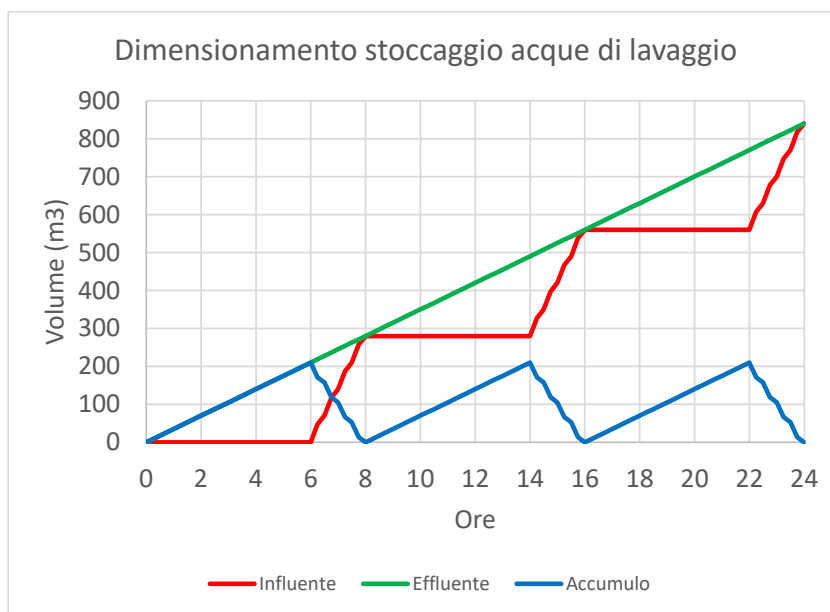


Figura 4 – Calcolo del volume di accumulo necessario

2.5 Descrizione del processo

2.5.1 Premessa

Per una più completa comprensione del processo di trattamento si faccia riferimento allo schema a blocchi ed alle specifiche tecniche delle apparecchiature e della strumentazione.

Nel seguito, per ciascuna sezione viene riprodotto lo schema a blocchi corrispondente.

I simboli utilizzati negli schemi sono riportati in Tabella 18.








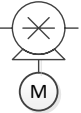


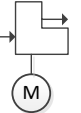
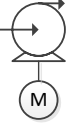


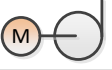




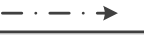

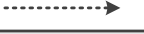


LEGENDA SIMBOLI				LEGENDA SIGLE	
	Valvola manuale di intercettazione		Misuratore di livello	D	Dissolutore / Preparatore
	Valvola manuale di regolazione		Misuratore parametro analitico	E	Equalizzazione/ Stoccaggio
	Valvola automatica		Motore con inverter	F	Filtrazione
	Misuratore di portata		Pompa volumetrica (monovite o a lobi)	P	Pozzetto di rilancio
	Agitatore			R	Reattore chimico
	Serbatoio polmone a membrana		Pompa dosatrice	S	Separatore / Decantatore / Ispessitore
			Pompa centrifuga	T	Turbina recupero energetico
	Paratoia motorizzata			U	Reattore di disinfezione
	Soffiante		Pompa sommergibile	S	Superficie utile
			Miscelatore statico	Sp	Superficie proiettata
	Flusso idrico princ.		Fanghi	V	Volume utile
	Flusso idrico sec.		Aria da soffianti	A	Soffiante o compressore
	Flusso di lavaggio		Sfiati / Bypass		
	Reagente		Acqua di servizio		

Tabella 18 – Simbologia utilizzata negli schemi a blocchi

2.5.2 Sezione 1 - Presa a Lago ed invio a potabilizzatore

Lo schema della sezione 1 è riportato in Figura 5.

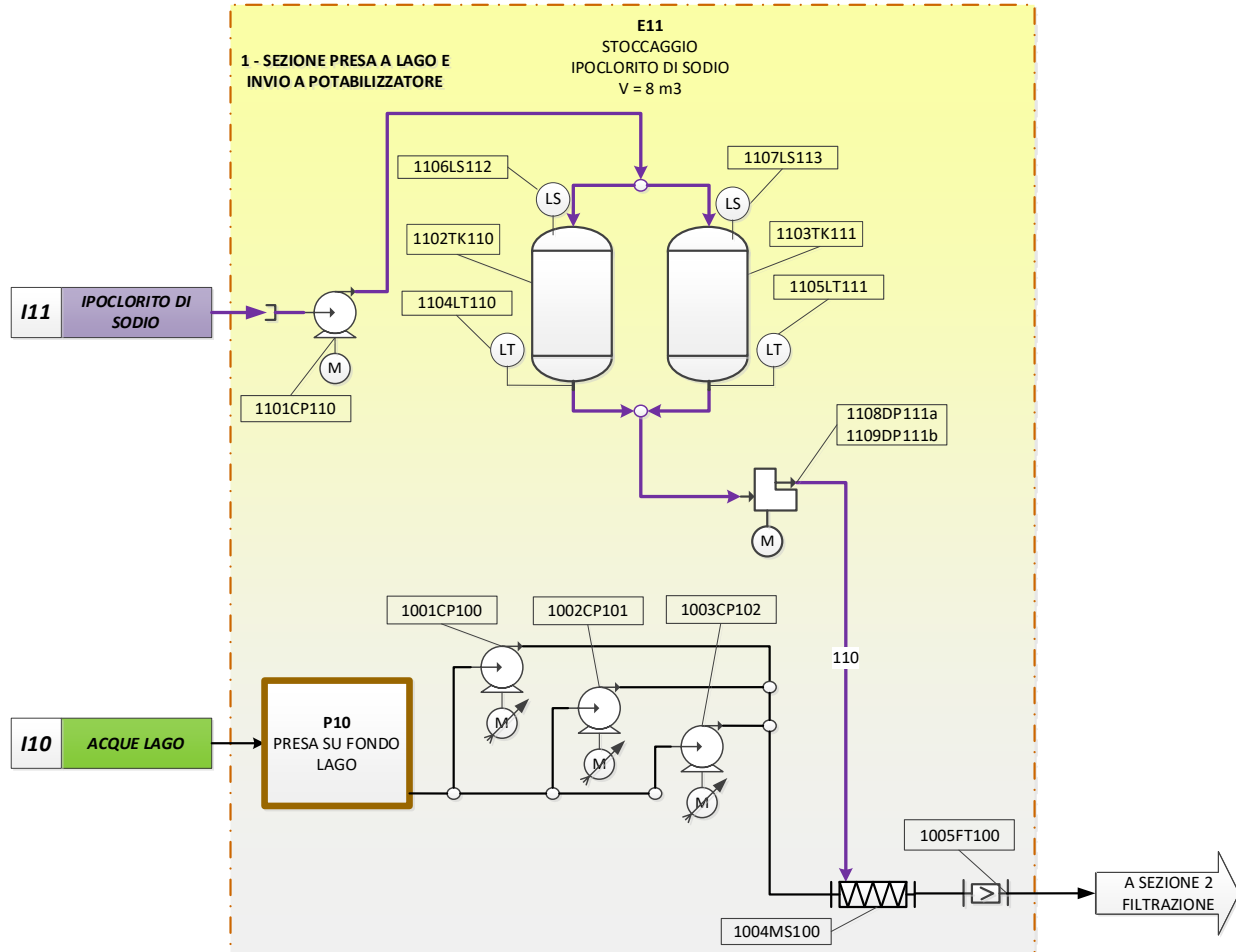


Figura 5 – Schema a blocchi sezione 1 – Presa a lago ed invio a potabilizzatore

Sulla mandata delle pompe di prelievo delle acque da fondo lago è installato un miscelatore statico (1004MS100) avente lo scopo di disperdere omogeneamente il disinfettante in soluzione (ipoclorito di sodio). L'ipoclorito è stoccato in due serbatoi (1102TK110 e 1103TK111), ciascuno avente un volume geometrico di 4000 l. I serbatoi sono collocati all'interno di un fabbricato e dotati di vasca di contenimento.

Il volume di stoccaggio è stato calcolato per assicurare una frequenza di rifornimento dell'ordine di circa 30 giorni con un fabbisogno di cloro dell'acqua di circa 3,5 mg/l (con un residuo a monte dei filtri di 2 mg/l come indicato in Tabella 10). Risulta quindi il seguente fabbisogno orario di soluzione di ipoclorito di sodio al 12% di Cl ($d = 1,22$):

$$360 \text{ m}^3/\text{h} * 3,5 \text{ gCl}/\text{m}^3 / 120 \text{ gCl}/\text{kg}_{\text{sol}} = 10,5 \text{ kg}/\text{h} \Rightarrow 8,6 \text{ l}/\text{h}$$

Il consumo di soluzione risulta:

- $8,6 \text{ l}/\text{h} * 24 \text{ h}/\text{d} * 30 \text{ d} = 6190 \text{ l}$

La somministrazione di ipoclorito è effettuata mediante gruppo costituito da due pompe dosatrici del tipo a membrana (1108/1109DP111a/b), con portata massima di 10 l/h. Le pompe sono dotate di variatore automatico della portata, comandato in base alla misura di cloro residuo trasmessa dalla stazione di potabilizzazione (dagli strumenti posti a monte ed a valle dei filtri a zeolite) ed alla misura di portata dell'acqua sollevata, fornita dal misuratore di portata magnetico 1005FT100.

I serbatoi di stoccaggio dell'ipoclorito sono dotati di misuratore di livello continuo, di tipo piezoresistivo (per il controllo del volume stoccato) e di sensori magnetici per i livelli di sicurezza (bassissimo con arresto forzato delle pompe dosatrici ed altissimo con allarme locale per prevenire fuoriuscite dal troppo-pieno in fase di caricamento con arresto automatico della pompa di carico).

Per il caricamento dei serbatoi è stata prevista una pompa centrifuga orizzontale in materia plastica (1101CP110)

2.5.3 Sezione 2 – Filtrazione su zeolite

Lo schema della sezione 2 è riportato in Figura 6.

La batteria di filtrazione è costituita da 5 unità del tipo in pressione, di cui una in "stand by". Le unità sono alimentate in parallelo.

Ciascun filtro ha diametro pari a 2800 mm, con una superficie filtrante di circa 6,15 m².

I filtri sono di tipo automatico. La gestione delle varie fasi (esercizio, controlavaggio, risciacquo) è affidata, per ciascun filtro, a n.5 valvole del tipo a farfalla con attuatore ON-OFF di tipo pneumatico.

Sulla tubazione in ingresso ai filtri, in cella a deflusso, è installato un misuratore di cloro residuo con compensazione di pH (2001AT200). Il segnale del cloro residuo viene elaborato dal sistema di supervisione insieme a quello misurato in uscita filtri (4001AT400) ed alla misura di portata dell'acqua alimentata al potabilizzatore (1005FT100) per fornire un segnale analogico atto per l'impostazione delle pompe dosatrici dell'ipoclorito di sodio previste nella sezione 1 dell'impianto (1108/1109DP111a/b).

Le acque da utilizzare per le operazioni di controlavaggio sono prelevate con pompe dedicate dalle vasche di stoccaggio dell'acqua potabilizzata (E50a/b).

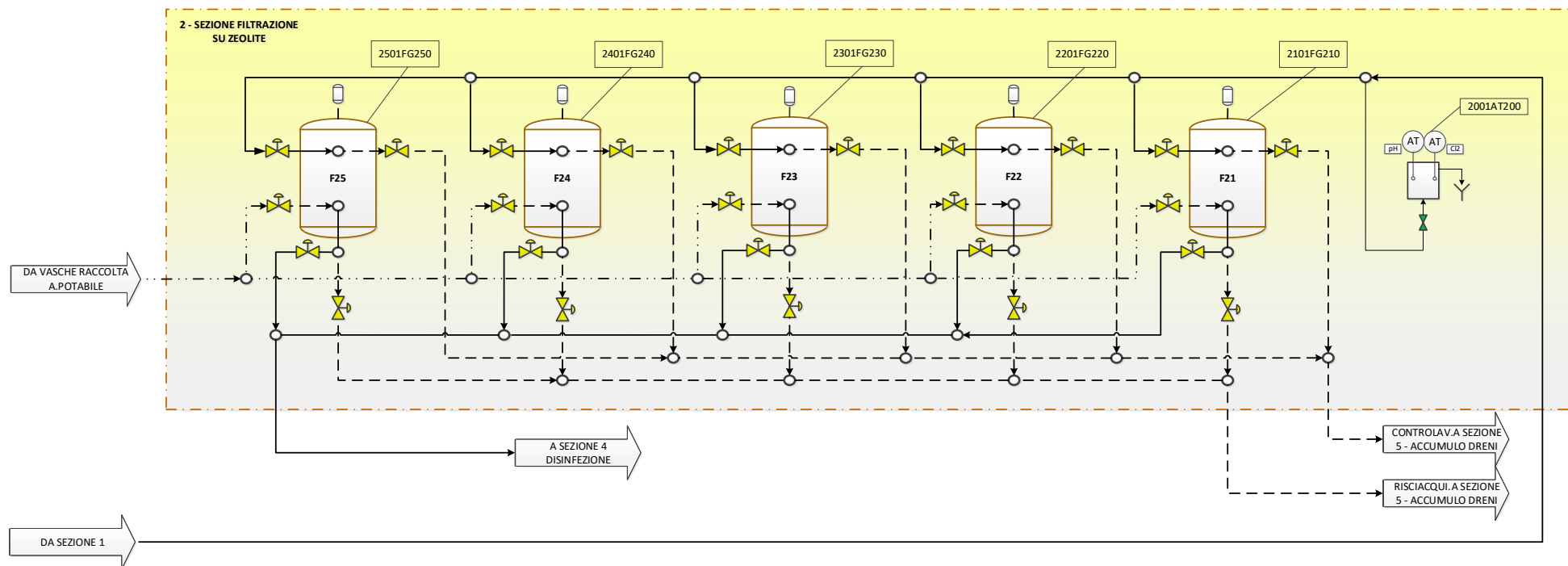


Figura 6 – Schema a blocchi sezione 2 – Filtrazione

2.5.4 Sezione 4 – Disinfezione

Lo schema della sezione 4 è riportato in Figura 7.

Sulla tubazione di scarico delle acque filtrate è posizionato un sistema di monitoraggio di parametri analitici (4001AT400) comprendente:

- cloro residuo-metro;
- pH-metro;
- torbidimetro.

Le sonde sono inserite in una cella a deflusso collegata alla tubazione.

Il segnale di pH viene utilizzato per la compensazione della misura di cloro residuo. Quest'ultima viene elaborata dal sistema di supervisione insieme ai segnali analogici dalla sonda 2001AT200 e dal misuratore di portata 1005FT100 per fornire il segnale per la modulazione del dosaggio di ipoclorito alla stazione di presa delle acque.

Lo stadio successivo è costituito dalla disinfezione mediante irraggiamento UV (4002/4003UV400a/b) del tipo con camera di irradiazione chiusa. Si tratta di due reattori collegati in parallelo (uno in riserva).

Ciascun reattore è atto per trattare 360 m³/h di acqua con trasmittanza UV >90% ed ospita n12 lampade UV-C per emissione a 254 nm del tipo a bassa pressione ed alta intensità ad amalgama di mercurio.

La dose UV-C garantita a fine vita lampade è maggiore di 70 mJ/cm². Si tratta di un valore nettamente superiore a quello minimo calcolato al paragrafo 2.3 (15 mJ/cm²).

Ciascun reattore UV è dotato di un sistema di pulizia a comando manuale, di un dispositivo per il monitoraggio dell'emissione ultravioletta e di un sistema di regolazione in grado di modulare la potenza fornita alle lampade in funzione delle variazioni di uno o più segnali 4-20mA provenienti da un misuratore di portata e/o dal sensore di controllo irraggiamento.

L'effluente dei reattori UV confluisce alla vasca di disinfezione finale (R41), costituita da un canale a sezione rettangolare, con percorso "a chicane" avente larghezza 1200 mm, sviluppo lineare di 78,75 m (per una superficie di 94,5 m²) ed un battente di 3,5 m (volume utile pari a 330 m³). Sia l'ingresso che l'uscita delle acque sono dotati di deflettori atti a favorire una uniforme distribuzione dei filetti fluidi. Ulteriori deflettori possono essere installati lungo il percorso.

Il dosaggio di ipoclorito di sodio avviene sulla tubazione in ingresso alla vasca, utilizzando un miscelatore statico (4004MS400) per garantire una rapida ed omogenea dispersione del reattivo nel flusso di acqua.

In uscita dalla vasca – in apposita cella a deflusso – è installato un cloro residuometro con compensazione di pH (4101AT410), atto a garantire il residuo di cloro desiderato sull'acqua potabilizzata per prevenire contaminazione nella rete di distribuzione.

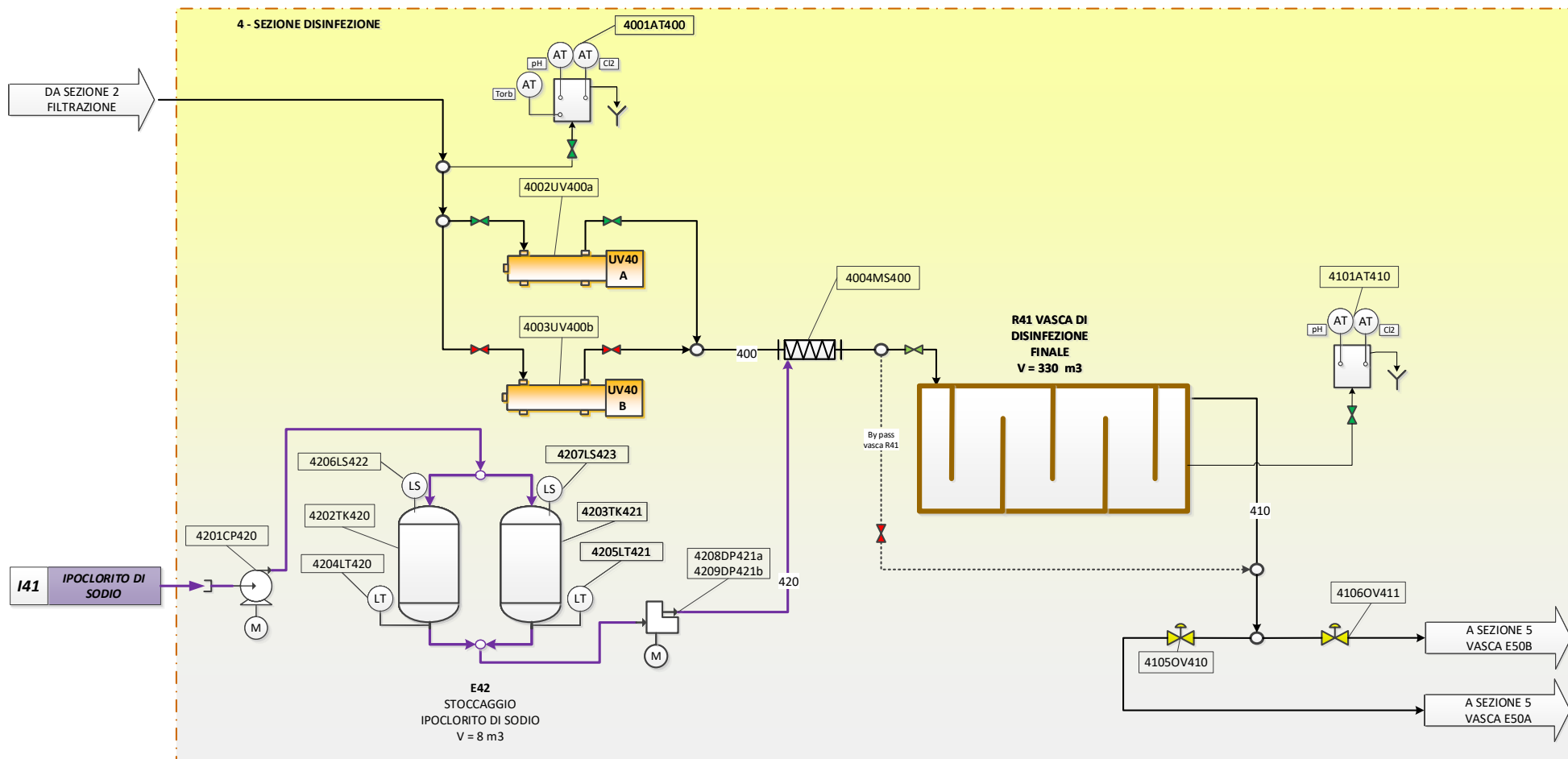


Figura 7 – Schema a blocchi sezione 4 – Disinfezione

L'ipoclorito è stoccato in due serbatoi (4202TK420 e 4203TK421), ciascuno avente un volume geometrico di 4000 l. I serbatoi sono collocati all'interno di un fabbricato e dotati di vasca di contenimento.

Il volume di stoccaggio è stato calcolato per assicurare una frequenza di rifornimento dell'ordine di circa 30 giorni con un fabbisogno di cloro dell'acqua di circa 2 mg/l (corrispondente al residuo indicato in Tabella 12). Risulta quindi il seguente fabbisogno orario di soluzione di ipoclorito di sodio al 12% di Cl ($d = 1,22$):

$$360 \text{ m}^3/\text{h} * 2 \text{ gCl}/\text{m}^3 / 120 \text{ gCl}/\text{kg}_{\text{sol}} = 6 \text{ kg}/\text{h} \Rightarrow 4,9 \text{ l}/\text{h}$$

Il consumo di soluzione risulta:

$$6 \text{ l}/\text{h} * 24 \text{ h}/\text{d} * 30 \text{ d} = 4320 \text{ l}$$

La somministrazione di ipoclorito è effettuata mediante gruppo costituito da due pompe dosatrici del tipo a membrana (4208/4209DP421a/b), con portata massima di 10 l/h. Le pompe sono dotate di variatore automatico della portata, comandato in base alla misura di cloro residuo trasmessa dal misuratore di cloro residuo 4101AT410 ed alla misura di portata dell'acqua sollevata, fornita dal misuratore magnetico 1005FT100.

I serbatoi di stoccaggio dell'ipoclorito sono dotati di misuratore di livello continuo, di tipo piezoresistivo (per il controllo del volume stoccato) e di sensori magnetici per i livelli di sicurezza (bassissimo con arresto forzato delle pompe dosatrici ed altissimo con allarme locale per prevenire fuoriuscite dal troppo-pieno in fase di caricamento con arresto automatico della pompa di carico).

Per il caricamento dei serbatoi è stata prevista una pompa centrifuga orizzontale in materia plastica (4201CP420).

In uscita dalla vasca di disinfezione, le acque sono immesse nei bacini di stoccaggio E50a ed E50b. La destinazione ad una delle due vasche è selezionata tramite le valvole a farfalla 4105OV410 e 4106OV411, dotate di attuatore ON-OFF di tipo pneumatico. La scelta della destinazione è determinata dal livello misurato nelle vasche (o dall'operatore, in caso di manutenzione di uno dei due bacini).

2.5.5 Sezione 5 - Sezione immissione in rete e gestione dreni

Lo schema della sezione 5 è riportato in Figura 8.

Le acque potabilizzate sono stoccate in due bacini di accumulo (E50a ed E50b) posti sotto il piano campagna, ciascuno avente un volume di 260 m³. Ciascun bacino è attrezzato con misuratore di livello continuo e con livellostati di sicurezza per la segnalazione delle soglie di altissimo e di bassissimo (quest'ultima con azione diretta di arresto delle pompe di pressurizzazione per l'immissione in rete).

I bacini sono collegati ad un collettore di estrazione dell'acqua tramite valvole a farfalla con attuatore ON-OFF di tipo pneumatico (5005OV500 e 5006OV501).

Il collettore alimenta tre gruppi di sollevamento destinati a mantenere in pressione le rispettive reti di distribuzione. Ciascun gruppo è costituito da due pompe centrifughe ad asse verticale comandate tramite quadro locale. Il quadro contiene un variatore elettronico di frequenza (inverter) che agisce su una delle due pompe, mentre l'altra funziona a velocità costante. La capacità massima (pari a 140 m³/h con 54 m.c.a di

pressione) viene ottenuta con entrambe le pompe in esercizio. Un misuratore continuo fornisce la misura della pressione di mandata delle pompe e – per confronto con il set-point impostato – genera l'input analogico per la modulazione del variatore di frequenza.

Sulla mandata dei gruppi di pressurizzazione sono installati serbatoi a membrana di volume pari a 500 l, i quali accumulano l'acqua in pressione fungendo da volano idrodinamico nelle fasi di prelievo (il serbatoio stabilizza l'esercizio delle pompe di pressurizzazione). E' inoltre stata prevista, su ciascuna rete, una valvola automatica di sfioro (5018OV504, 5019OV505 e 5020OV506) la quale si apre al conseguimento di una pressione massima sulla rete e rimanda l'acqua alla vasca di accumulo attiva.

Sulle mandate alle reti sono posizionati, infine, misuratori di portata di tipo magnetico (5013FT500, 5014FT501 e 5015FT502).

Al collettore è anche collegato il gruppo di pompe preposto al controlavaggio dei filtri (5027CP503a, 5028CP503b). Anche in questo caso si tratta di n.2 pompe centrifughe ad asse verticale (di cui una di riserva), in grado di erogare una portata massima di 230 m³/h con 25 m.c.a. di prevalenza. I motori delle pompe sono asserviti a variatore elettronico di frequenza, la cui impostazione viene modulata tramite il confronto fra il valore della portata di mandata trasmesso dal misuratore magnetico 5029FT503 ed il set point impostato.

Di fianco alle vasche E50a ed E50b si trova la vasca di raccolta delle acque di lavaggio dei filtri (E51), avente un volume utile di 220 m³. La vasca è dotata di un misuratore di livello di tipo continuo e di livellostatici di sicurezza per la segnalazione delle soglie di altissimo e di bassissimo (quest'ultima con azione diretta di arresto delle pompe di rilancio in fognatura). L'acqua stoccata viene immessa a portata costante in fognatura tramite un gruppo di sollevamento costituito da n.2 pompe centrifughe ad asse verticale (una di riserva), aventi una capacità di 50 m³/h alla prevalenza di 17,5 m.c.a. La portata viene regolata tramite valvola a comando manuale.

Il locale in cui sono posizionate le pompe è dotato di un pozzetto dreni (P52) dotato di n.2 pompe sommergibili (5201CP520a e 5201CP520b) che sollevano l'acqua raccolta alla fognatura consortile.

La portata complessiva smaltita viene monitorata tramite il misuratore magnetico 5105FT510.

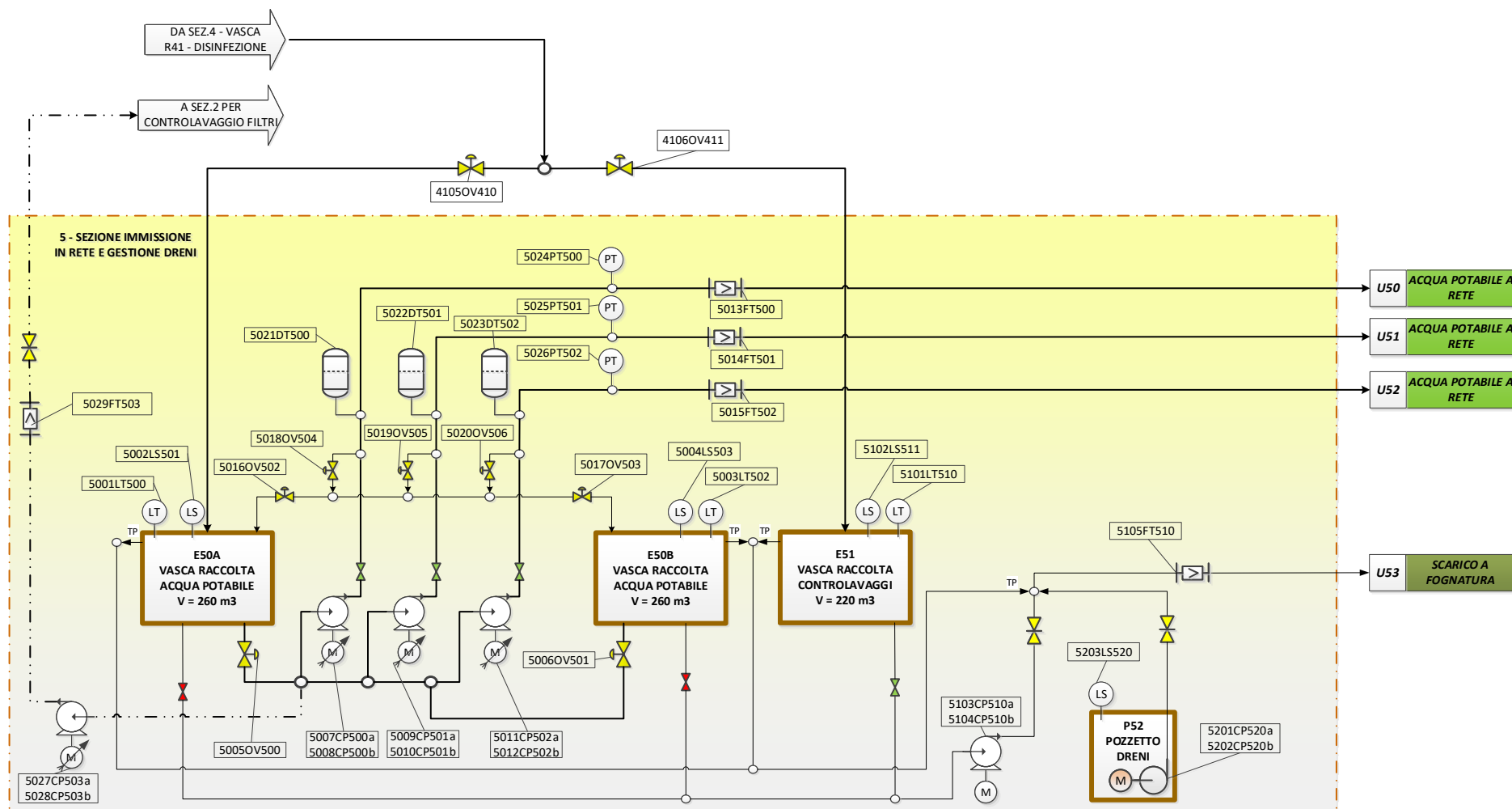


Figura 8 – Schema a blocchi sezione 5 – Immissione in rete e gestione dreni

3 APPENDICE A



Zeocel Italia – Media filtranti a base di zeolite
**PROVE DI LABORATORIO DI FILTRAZIONE IN COLONNA PER
RIMOZIONE DI SOLIDI SOSPESI TOTALI DA MATRICE ACQUOSA**



PROTOCOLLO	N° 501001
Data esecuzione test	05.04.2024
Elaborazione	Beatriz Cano
Revisione	
Approvazione	Cosimo Masini

DND Biotech srl
Via S. Cannizzaro, 5 – 56121 Pisa
Tel +39.050.96.55.386
P.E.C. dnd-srl@pec.it
C.F. / P.IVA 02354490506
REA PI - 200833

**PRIMA PARTE – DISEGNO SPERIMENTALE DI PROVE IN LABORATORIO****Obiettivo:**

L'obiettivo della sperimentazione è quello di individuare la zeolite naturale più adeguata alla filtrazione delle acque di Lago Maggiore - prelevate dal fondo del lago per potabilizzazione. La qualità attuale delle acque è molto buona, per cui si tratta di una filtrazione di tipo precauzionale: l'obiettivo principale è diminuire ulteriormente i solidi sospesi e, qualora fosse presente, rimuovere l'alluminio (presente a campioni spot).

Caratteristiche sperimentali:

È stata realizzata una sola fase sperimentale per testare la filtrazione delle acque con due tipi di zeolite naturale, e due ripetizioni per tipo di zeolite. Dunque, in totale sono stati realizzati 4 test, divisi in due gruppi (Test 1 e Test 2).

I parametri di filtrazione sono cambiati nel secondo gruppo di test, dopo richiesta del cliente e alcune osservazioni realizzate nel primo gruppo: concretamente, la velocità di filtrazione è aumentata, è stato realizzato un lavaggio iniziale della zeolite più esaustivo e la durata della sperimentazione è stata leggermente più lunga.

- Descrizione media filtranti:

Zeolite	Descrizione letto filtrante	Quantità
Zeowater ZN	Zeolite clinoptilolite non modificata – granulometria 0,5-1 mm	100 g
Zeowater ZNAV	Zeolite chabasite non modificata – granulometria 0,7 – 2 mm	100 g

Il letto supporto è formato da Zeowater ZN di granulometria 2,5-5 mm, nelle quattro colonne. Quantità 15 g.

- Lavaggi:

Prima di iniziare la filtrazione nel Test 1 i campioni di zeolite sono stati lavati con acqua di rubinetto per eliminare residui polverosi, utilizzando 10 volte il peso della zeolite messa in colonna (100 g lavati con 1L).

Nel secondo gruppo di test (Test 2) la zeolite è stata lavata più esaustivamente, fino a rimozione totale del residuo polveroso, perché nel primo gruppo di test si è osservato - durante la filtrazione- che il residuo polveroso non era stato eliminato completamente. [Negli impianti industriali questo non accade poiché le portate di controlavaggio sono sufficienti a garantire la completa eliminazione del residuo polveroso inizialmente presente nella zeolite naturale. Questo residuo polveroso è normale, presente per la natura del minerale].

- Durata, campionamenti e analisi:

Nel test 1, la durata della filtrazione è stata di 24h. Nel test 2, la durata della filtrazione è stata di 30h - per finire il campione di acqua a disposizione nella tanica.

Sono stati realizzati i seguenti campionamenti:

- Campione acqua tal quale: campione di acqua ricevuto, proveniente da Lago Maggiore.
- Prelievo di campioni all'uscita dalla colonna, come segue:

DND Biotech srl
Via S. Cannizzaro, 5 – 56121 Pisa
Tel +39.050.96.55.386
P.E.C. dnd-srl@pec.it
C.F. / P.IVA 02354490506
REA PI - 200833



TEST 1		TEST 2	
t0	15 min	t0	15 min
t1	45 min	t1	45 min
t2	1,5h	t2	1,5h
t3	3h	t3	3h
t4	5h	t4	5h
t5	7h	t5	7h
t6	24h	t6	24h
t7	/	t7	30h

Sono stati analizzati i campioni per i seguenti parametri e limiti di quantificazione (LOQ):

- CARBONIO ORGANICO TOTALE (TOC), LOQ = 1 mg/l;
- TORBIDITA', LOQ = 0,8 NTU;
- SOLIDI SOSPESI TOTALI (SST), LOQ = 0,5 mg/l;
- ALLUMINIO (Al), LOQ = 1 µg/l.

Le caratteristiche sperimentali, dunque, sono state:

TEST 1	TEST 2
Altezza totale della colonna: 175 cm	Altezza totale della colonna: 175 cm
Altezza del letto filtrante: 130 cm	Altezza del letto filtrante: 130 cm
Altezza del letto supporto: 25 cm	Altezza del letto supporto: 25 cm
Portata di filtrazione: 0,6 L/h	Portata di filtrazione: 1,5L/h
Velocità di filtrazione: 5,31 m/h	Velocità di filtrazione: 13,26 m/h
Media filtrante colonna A: Zeowater ZN	Media filtrante colonna A: Zeowater ZN
Media filtrante colonna B: Zeowater ZNAV	Media filtrante colonna B: Zeowater ZNAV
Lavaggio filtrazione: 10X peso zeolite	Lavaggio filtrazione: fino a completa rimozione residuo solido
Durata totale filtrazione: 24h	Durata totale filtrazione: 30h

Risultati:

A continuazione si mostrano i risultati ottenuti:

TEST 1_ZN	Alluminio (µg/l)	Torbidità (NTU)	Carbonio organico totale (TOC) (mg/l)	SST (mg/L)
TQ-1	22,1	< 0,8	1,39	4,3
t0	29,5	< 0,8	1,16	3,8
t1	69,9	< 0,8	1,16	12
t2	20,7	< 0,8	1,22	3,5
t3	< 1,0	< 0,8	1,24	<0,5
t4	2,31	< 0,8	1,18	<0,5
t5	< 1,0	< 0,8	1,31	<0,5
t6	< 1,0	< 0,8	1,25	<0,5

DND Biotech srl
Via S. Cannizzaro, 5 - 56121 Pisa
Tel +39.050.96.55.386
P.E.C. dnd-srl@pec.it
C.F. / P.IVA 02354490506
REA PI - 200833



TEST 1_ZNAV	Alluminio (µg/l)	Torbidità (NTU)	Carbonio organico totale (TOC) (mg/l)	SST (mg/L)
TQ-1	22,1	< 0,8	1,39	4,3
t0	19	< 0,8	1,33	4,9
t1	16,1	< 0,8	1,19	5,2
t2	19,1	< 0,8	1,18	4,3
t3	7,25	< 0,8	1,17	1,4
t4	33,8	< 0,8	1,14	4
t5	< 1,0	< 0,8	1,43	<0,5
t6	< 1,0	< 0,8	1,37	<0,5

TEST 2_ZN	Alluminio (µg/l)	Torbidità (NTU)	Carbonio organico totale (TOC) (mg/l)	SST (mg/L)
TQ-2	< 1,0	< 0,8	1,01	0,9
t0	< 1,0	< 0,8	1,26	<0,5
t1	< 1,0	< 0,8	1,18	<0,5
t2	< 1,0	< 0,8	1,23	<0,5
t3	24,7	< 0,8	1,15	3,2
t4	< 1,0	< 0,8	1,08	<0,5
t5	2,28	< 0,8	1,09	0,6
t6	< 1,0	< 0,8	1,41	<0,5
t7	< 1,0	< 0,8	1,38	<0,5

TEST 2_ZNAV	Alluminio (µg/l)	Torbidità (NTU)	Carbonio organico totale (TOC) (mg/l)	SST (mg/L)
TQ-2	< 1,0	< 0,8	1,01	0,9
t0	6,32	< 0,8	1,13	2,3
t1	< 1,0	< 0,8	1,19	<0,5
t2	< 1,0	< 0,8	1,1	<0,5
t3	< 1,0	< 0,8	1,06	<0,5
t4	24,7	< 0,8	1,06	3,8
t5	< 1,0	< 0,8	1,06	<0,5
t6	< 1,0	< 0,8	1,16	<0,5
t7	< 1,0	< 0,8	1,22	<0,5

Osservazioni:

- In entrambi i Test 1 e Test 2 si arriva a valori < 0,5 mg/L di SST e <1 mg/L di Al (sotto al LOQ).
- I risultati del Test 2 sono migliori in termini di contenuto SST e Al rispetto al Test 1 (Grafico1): nel Test 2 i valori di SST e Al ottenuti sono sempre minori e si arriva prima a rimozione totale. Questa rimozione si mantiene durante tutta la sperimentazione -non si arriva a saturazione della zeolite.

DND Biotech srl
Via S. Cannizzaro, 5 - 56121 Pisa
Tel +39.050.96.55.386
P.E.C. dnd-srl@pec.it
C.F. / P.IVA 02354490506
REA PI - 200833

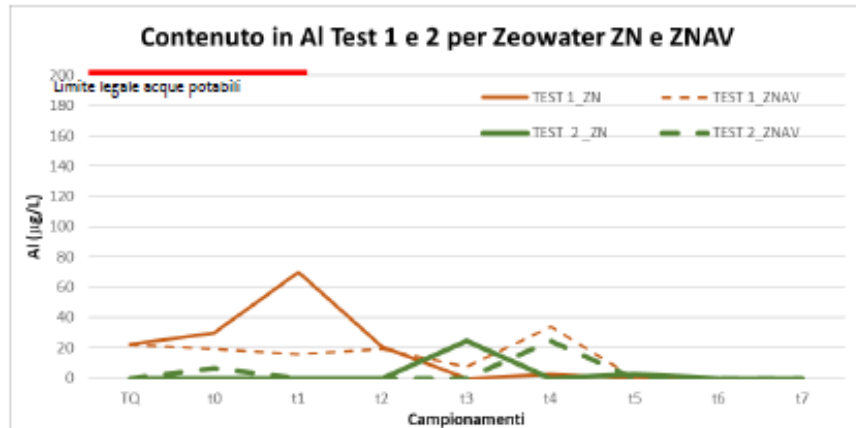


Grafico 1. Contenuto in Al ($\mu\text{g/L}$) per i Test 1 e Test 2

- Il contenuto di Al presente è sempre molto al di sotto della soglia limite per le acque potabili (200 $\mu\text{g/L}$).
- Il contenuto in Al è correlato strettamente ai SST trovati (Grafico 2). Nel gruppo Test 2 dove la zeolite è stata lavata più esaurientemente e la velocità di filtrazione era maggiore, il contenuto in SST si riduce a zero o quasi zero durante tutta la sperimentazione, e lo fa anche il contenuto in alluminio.
- Nel Test 2 i picchi di Al e SST (Grafico 2) potrebbero essere dovuti a blocchi parziali e puntuali delle pompe.

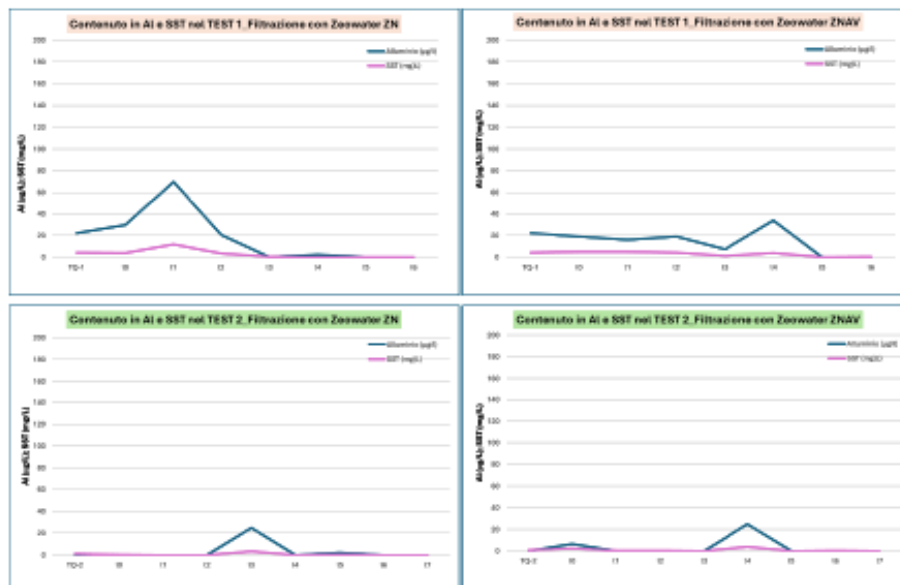


Grafico 2. Contenuto in Al ($\mu\text{g/L}$) e SST (mg/L)

DND Biotech srl
Via S. Cannizzaro, 5 - 56121 Pisa
Tel +39.050.96.55.386
P.E.C. dnd-srl@pec.it
C.F. / P.IVA 02354490506
REA PI - 200833



- La torbidità è sempre al di sotto del LOQ.
- Il contenuto del TOC rimane invariato in tutti i casi, la zeolite non ha nessun effetto.
- Le taniche di acqua campionate di Lago Maggiore non avevano fra di loro un contenuto omogeneo in Al e SST. Entrambi i tal quali (TQ) analizzati hanno avuto valori diversi.
- Entrambe le zeoliti Zeowater ZN e Zeowater ZNAV hanno comportamenti analoghi.

DND Biotech srl
Via S. Cannizzaro, 5 - 56121 Pisa
Tel +39.050.96.55.386
P.E.C. dnd-srl@pec.it
C.F. / P.IVA 02354490506
REA PI - 200833