

Comune di Casalino (NO)



**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:

Sostituzione bacino e rilancio della rete idrica di Casalino (NO)

OGGETTO:

***Relazione di calcolo di processo e
dimensionamento***

SCALA:

/

AVANZAMENTO PROGETTO:

Esecutivo

NOME FILE:

REV.N°	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	08/2023	PRIMA EMISSIONE	ETC	ETC	AC
1	12/2023	REVISIONE	ETC	ETC	AC
2	06/2024	REVISIONE	ETC	ETC	AC

RIF N° COMMESSA: -

RIF INTERNO ETC: ANV_046

CUP:

D73E20000090005

RUP: ING. GIUSEPPE CARANTI

IL PROGETTISTA



IL RTP



ELABORATO N°:

E-R-110-10



PROPRIETA' RISERVATA

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

INDICE

1	PREMESSA	3
2	STATO ATTUALE DELL'IMPIANTO	4
3	OBIETTIVI DELL'INTERVENTO	10
4	DATI DI PROGETTO	11
4.1	Caratteristiche quantitative dell'acqua in ingresso	11
4.1.1	<i>La portata di punta</i>	<i>12</i>
4.2	Caratteristiche qualitative dell'acqua in ingresso	12
4.3	Concentrazioni limite per le acque destinate al consumo umano	13
5	DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO.....	14
5.1	Filiera di trattamento impiantistica	14
5.2	Locali tecnici di servizio	15
5.3	Schema dell'impianto previsto	16
6	VERIFICHE DI DIMENSIONAMENTO – LINEA ACQUE	17
6.1	Pre-ossidazione: ossidazione del manganese e clorazione al break point	17
6.1.1	<i>Ossidazione del manganese</i>	<i>17</i>
6.1.2	<i>Clorazione al break-point con ipoclorito di sodio</i>	<i>19</i>
6.1.3	<i>Accumulo e rilancio</i>	<i>21</i>
6.2	Filtrazione dual media - sabbia ed antracite	22
6.3	Filtrazione a carboni attivi	25
6.4	Controlavaggio.....	27
6.5	Vasca di accumulo finale.....	28
6.6	Disinfezione finale dell'effluente.....	28
6.7	Invio in rete	30
7	BIBLIOGRAFIA CITATA E CONSULTATA	31

1 PREMESSA

Il presente elaborato rappresenta la relazione di calcolo di processo e dimensionamento del progetto esecutivo di "Sostituzione bacino e rilancio della rete idrica di Casalino (NO)".

Il presente documento costituisce la Relazione di calcolo di processo e dimensionamento del progetto esecutivo, così come previsto dal D.Lgs. 50/2016. Va osservato che, ai sensi dell'Art. 23, comma 3, del D.Lgs. 50/2016, in attesa dell'emanazione e dell'entrata in vigore del decreto del Ministro delle infrastrutture e trasporti che dovrà definire i contenuti della progettazione nei tre livelli progettuali, il presente progetto viene redatto secondo quanto previsto per il livello di progettazione esecutiva dall'Art. 35 del D.P.R. 207/10.

Per l'individuazione e la progettualizzazione degli interventi ETC si è basata su quanto previsto all'interno del progetto definitivo e sulle richieste di modifica/integrazione discusse con ANV.

Vi vengono riepilogate le procedure di dimensionamento e i relativi risultati che hanno portato alla definizione delle caratteristiche dimensionali delle varie sezioni impiantistiche e delle specifiche tecniche delle apparecchiature elettromeccaniche.

Il presente documento riporta le seguenti informazioni:

- Localizzazione dell'area di intervento e configurazione attuale dell'impianto (capitolo 2);
- Quadro dei dati di progetto (capitolo 3);
- Descrizione della soluzione progettuale (capitolo 4);
- Risultati delle verifiche di calcolo relative ai diversi comparti di trattamento della linea acque (capitolo 5).

2 STATO ATTUALE DELL'IMPIANTO

La Società Acqua Novara VCO S.p.A. (ANV), opera nella gestione del ciclo idrico sul territorio di Casalino (NO).

Il presente progetto affronta il problema del rifornimento idrico potabile dell'abitato di Casalino paese, delle case sparse e delle frazioni Orfengo e Ponzana, che attualmente sono rifornite con acqua di pozzo senza alcun trattamento e con uno stoccaggio in serbatoi di materiale plastico posti all'aperto nel cortile del Municipio.

Le due mappature sotto riportate illustrano il territorio del comune di Casalino rispetto al capoluogo Novara e il dettaglio del territorio ingrandito del comune.

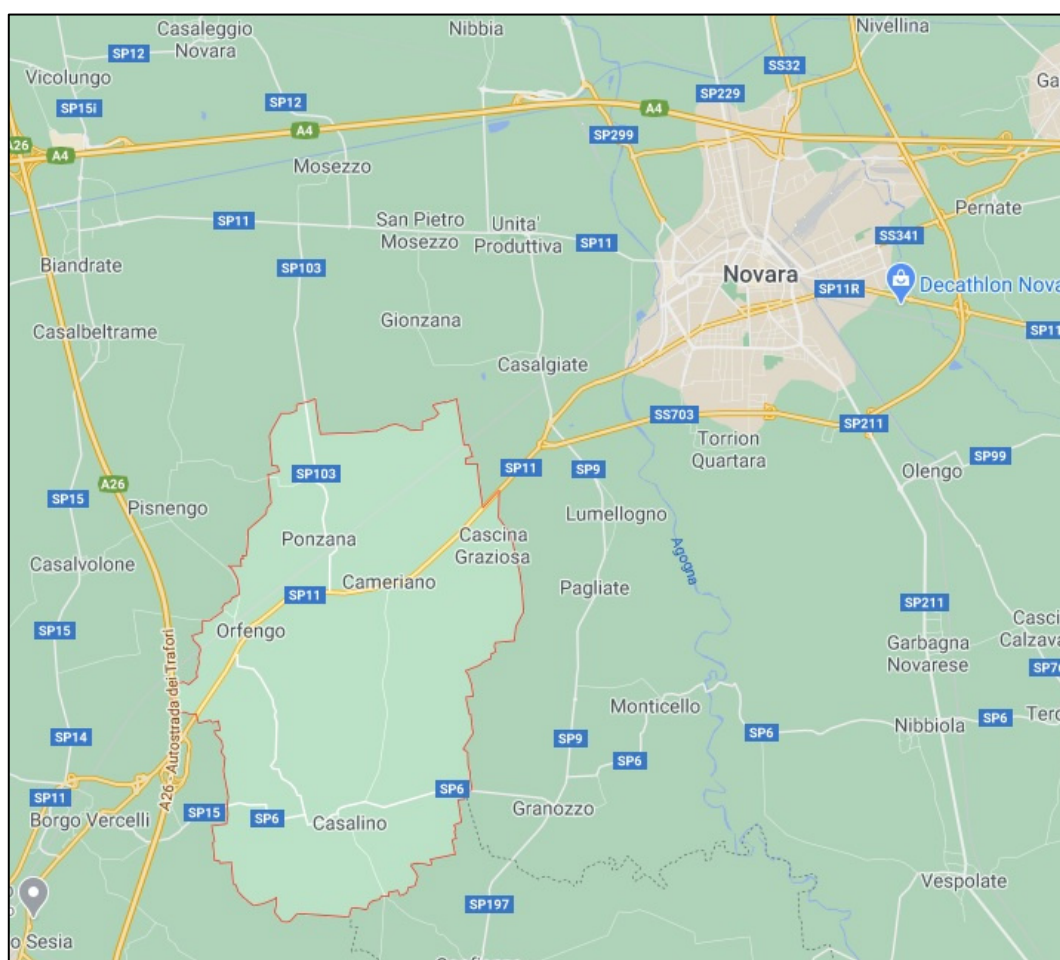


Figura 1 Territorio del Comune di Casalino rispetto al capoluogo Novara

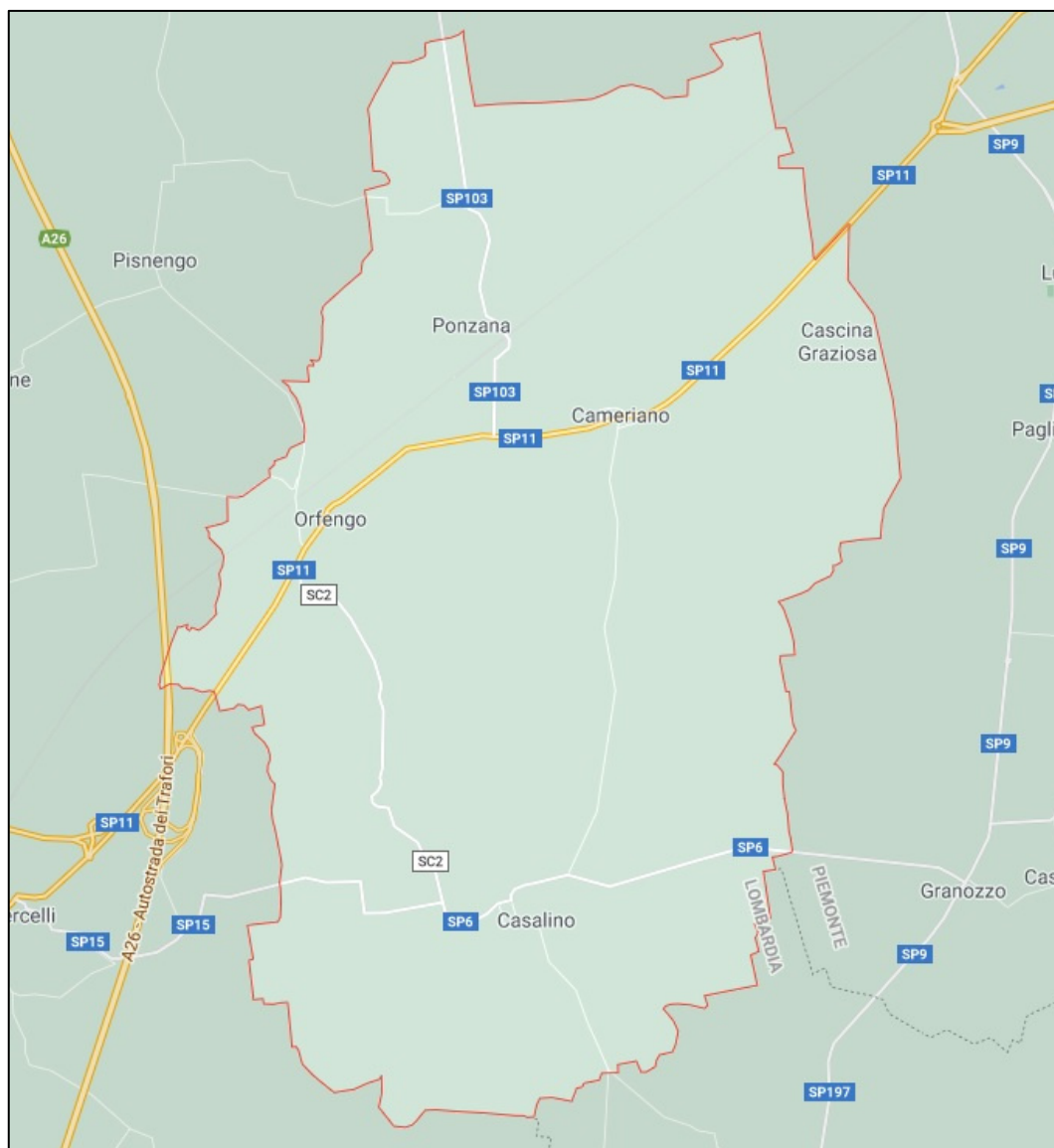


Figura 2 Dettaglio del Comune di Casalino e relative frazioni

Le opere in progetto riguardano più propriamente l'abitato di Casalino (posto a sud del territorio comunale) e le frazioni Orfengo e Ponzana, oltre a vari nuclei di case sparse serviti dalla rete di acquedotto. Non appartiene al progetto la frazione di Cameriano con le sue case sparse, che è servito da altro acquedotto.

La rete delle frazioni e delle case sparse è alimentata da un gruppo di rilancio acque collocato all'aperto, formato da 5 elettropompe ad asse verticale (attualmente sono 4, e una in riparazione). Ogni pompa presenta una potenza di 2,18 kW ciascuna, con prestazioni di portata 50/233 l/min per prevalenza 67/28,6 m.

Il gruppo pressurizza la rete di acquedotto trasmettendo l'acqua accumulata in cisterne all'aperto. Si allegano alcune fotografie dello stato di fatto.



Figura 3 Gruppo pompe esistenti per rilancio alle frazioni



Figura 4 Quadretto elettrico esistente



Figura 5 Gruppo pompe esistenti all'aperto



Figura 6 Edificio di servizi e serbatoi all'esterno



Figura 7 Area delle nuove installazioni a destra dell'edificio servizi

Una seconda rete esistente è quella di Casalino paese, che viene alimentata da due altre pompe di rilancio esistenti, collocate all'interno dell'edificio servizi.

La rete viene alimentata tramite una condotta in PEAD PN 10 DN 90 mm.

La rete serve capillarmente il paese, e viene alimentata direttamente dal pozzo artesiano (di notte o in caso di bassa utenza) oppure con un rilancio che spinge la pressione fino ad un massimo di 4 bar.



Figura 8 Pompe di rilancio per Casalino paese

Questa pressione di 4 bar è stata assunta come prestazione di riferimento per il nuovo gruppo di rilancio unificato che servirà sia il paese che la rete delle frazioni.

Dal punto di vista dell'approvvigionamento idrico, Casalino dispone di un pozzo per acqua potabile ubicato all'interno del cortile del Municipio, in via San Pietro n° 3, collocato a circa 20 m dall'edificio servizi. Il pozzo è stato realizzato nel 1978, e la perforazione ha raggiunto una profondità massima pari a 304,00 m dal piano campagna. Il perforo è stato tubato fino alla profondità di 300,00 m.

L'opera risulta essere all'interno di una cameretta di manovra in cemento armato interrata, chiusa superiormente da una doppia botola.

Il pozzo non è equipaggiato con pompe di emungimento. Essendo captata una falda in "pressione naturale", questa garantisce la necessaria spinta per convogliare l'acqua direttamente alla centrale idrica limitrofa.

Il valore della portata del pozzo è stato valutato nel momento di costruzione del pozzo stesso ed è pari a 10,00 l/sec, con una pressione naturale di risalienza stimata in circa 1 - 1,5 bar.

Non si conosce lo specifico diagramma pressione/portata e non è possibile rilevarlo in loco, in quanto l'acquedotto di Casalino paese è alimentato direttamente dal pozzo.

Si stima che nelle condizioni di carico delle nuove vasche da 20 mc si possa disporre di una portata non inferiore a 7 l/s a pressione naturale.

La fotografia aerea sotto riportata illustra la posizione del pozzo nel cortile del Municipio di Casalino, nel quale sono presenti anche numerosi altri edifici quali box di ricovero attrezzi, mensa scolastica, area per le feste, etc..

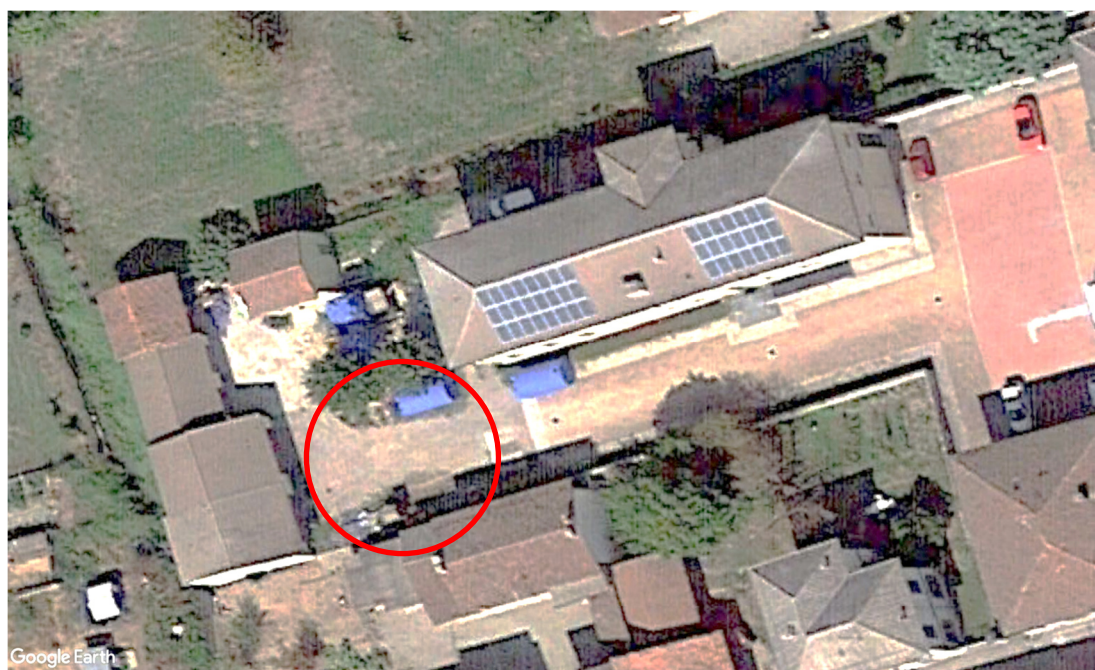


Figura 9 Posizione del pozzo nel cortile del Municipio di Casalino

In merito alla popolazione servita, il comune di Casalino aveva al 31/12/2019 n° 1531 abitanti, di cui 935 ubicati nella frazione di Cameriano.

Il serbatoio in progetto avrà quindi una popolazione residente da rifornire (non ancora tutta collegata) che è stimata attualmente in circa 596 abitanti.

Di questi 596 il concentrico conta solamente 424 abitanti, per cui le frazioni Orfengo e Ponzana e le varie case sparse sono stimate per 172 abitanti.

3 OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

Come anticipato in precedenza, il pozzo non è equipaggiato con pompe di emungimento. Essendo captata una falda in pressione, questa garantisce la necessaria pressione per convogliare l'acqua direttamente alla vasca di accumulo iniziale di progetto.

La qualità dell'acqua è accettabile, con il solo problema di una presenza di ammoniaca di probabile origine naturale (data la profondità del pozzo) intorno al limite di 0,5 mg/l, seppure di pochi decimi di milligrammo al di sotto del limite di legge.

La presenza di manganese, seppur nei limiti, costituisce un ulteriore problema che deve essere valutato, stante il rilascio in rete della forma ossidata (Ossido di manganese) o la semplice precipitazione come idrossido e con conseguenti fenomeni di incrostazioni scure, rilasciate all'utenza in conseguenza di variazioni di pressione piuttosto che in conseguenza di lavori alla rete di distribuzione.

L'obiettivo dell'intervento è pertanto quello di rimuovere l'ammoniaca ed il manganese, combinando i trattamenti riportati riassuntivamente nel paragrafo 5.

4 DATI DI PROGETTO

4.1 CARATTERISTICHE QUANTITATIVE DELL'ACQUA IN INGRESSO

Le tabelle appresso riportate illustrano il riepilogo dei dati elaborati dalle misure effettuate dalla S.A.:

ZONA INDUSTRIALE	439,57	mc
VOLUME MEDIO GIORNALIERO	87,91	mc/gg
VOLUME MEDIO ORARIO	3,66	mc/h
PORTATA MEDIA ANNUA	1,02	l/s
ABITANTI EQUIVALENTI SERVITI ZONA INDUSTRIALE	351	ab
DOTAZIONE MEDIA ANNUA	250	lt/ab*gg
CENTRO ABITATO	505,3	mc
VOLUME MEDIO GIORNALIERO	101,05	mc/gg
VOLUME MEDIO ORARIO	4,21	mc/h
PORTATA MEDIA ANNUA	1,17	l/s
ABITANTI SERVITI CASALINO CENTRO	424	ab
DOTAZIONE MEDIA ANNUA	238	lt/ab*gg
TOTALE BACINO DI COMPETENZA	944,82	mc
VOLUME MEDIO GIORNALIERO	188,96	mc/gg
VOLUME MEDIO ORARIO	7,87	mc/h
PORTATA MEDIA ANNUA	2,19	l/s
ABITANTI EQUIVALENTI TOTALI	775	ab
DOTAZIONE MEDIA ANNUA	244	lt/ab*gg

Come si può notare, nel periodo il volume medio giornaliero erogato, complessivamente, è stato di 189 mc, per una portata media di 2,2 l/s.

La popolazione servita è stata stimata in 775 abitanti totali, una parte dei quali è la popolazione equivalente della zona industriale (206 ab-eq).

Il grafico di seguito riportato illustra l'andamento demografico della popolazione di Casalino, che come si vede è in trend di discesa dal 2013.



Figura 10 Andamento demografico della popolazione residente nel Comune di Casalino dal 2001 al 2019
(Fonte: ISTAT)

In base a questi dati, la popolazione equivalente al futuro, stimata per la zona, è stata calcolata di **850 ab-eq.**

La tabella sottostante illustra la situazione di popolazione, dotazione idrica e volumi assunta per il presente progetto.

TOTALE BACINO DI COMPETENZA VALORI AL FUTURO		
DOTAZIONE MEDIA ANNUA	250,00	lt/ab*gg
ABITANTI SERVITI	850,00	ab
PORTATA MEDIA ANNUA	2,46	l/s
VOLUME MEDIO GIORNALIERO	212,50	mc/gg
COEFFICIENTE DEL GIORNO DI MASSIMO CONSUMO	1,60	
PORTATA MEDIA NEL GIORNO DI MASSIMO CONSUMO	3,94	l/s

4.1.1 La portata di punta

Non disponendo di una capacità di compenso giornaliero, l'impianto in progetto dovrà sostenere portate variabili che varieranno da circa zero (consumo notturno) alla portata massima dell'ora di punta nel giorno di massimo consumo (situazione tipica del mese di luglio).

Utilizzando i coefficienti K già adottati per precedenti progetti (i coefficienti K trasformano la portata media annua, per le varie ore della giornata, nella portata di massimo consumo), il K massimo individuato è pari a 1,6, per cui la portata di picco di funzionamento dell'impianto sarà pari a:

$$Q_{\text{picco}} = 3,94 * 1,6 = 6,3 \text{ l/s}$$

Per i calcoli di dimensionamento viene quindi stabilita una portata media di trattamento pari a 4 l/s e una portata massima di trattamento pari a 7 l/s, come già previsto nel progetto definitivo.

4.2 CARATTERISTICHE QUALITATIVE DELL'ACQUA IN INGRESSO

La definizione del quadro dei dati di progetto considerati alla base delle verifiche di dimensionamento di processo e idraulico è avvenuta basandosi sulle analisi fornite da Acqua Novara VCO S.p.A, relative al periodo 07/2021-11/2022.

I valori che saranno utilizzati per il dimensionamento sono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1: Dati qualitativi e quantitativi in ingresso all'impianto

Parametro	u.m.	Valore		
		minimo	medio	massimo
pH	-	8,30	8,40	8,50
Torbidità	NTU	0,06	0,10	0,14
Conducibilità	µS/cm	304	306	308
TOC	mg/l		< 2	
Residuo secco a 180°C	mg/l	183	191	200
Ammonio	mg/l NH ₄	0,41	0,45	0,48

Nitriti	mg/l NO ₂		< 0,1	
Nitrati	mg/l NO ₃		< 1,0	
Sodio	mg/l	56,9	56,9	57,0
Fluoruri	mg/l		< 0,2	
Bromato	µg/l	Inferiore al limite di rilevabilità	Inferiore al limite di rilevabilità	Inferiore al limite di rilevabilità
Solfati	mg/l SO ₄		< 1,0	
Cloruri	mg/l Cl	21,6	22,2	22,9
Durezza	°F	5,7	5,8	6,0
Alluminio	µg/l		< 10	
Ferro	µg/l	22,6	22,7	22,7
Manganese	µg/l	25,4	28,1	30,8
Piombo	µg/l		< 1,0	
Selenio	µg/l	1,1	14,3	24,7
Antiparassitari totali	µg/l		0,03	
Triometani totali	µg/l		Inferiore al limite di rilevabilità	
Somma tetracloroetilene - Tricloroetilene	µg/l		0,05	
Idrocarburi policiclici aromatici	µg/l		< 0,03	

4.3 CONCENTRAZIONI LIMITE PER LE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

Ai fini strettamente normativi, l'impianto deve garantire il trattamento dell'acqua captata conforme a quanto previsto dal D.lgs. 18/2023, in attuazione della direttiva UE 2020/2184 del 16/12/2020, relativo alla qualità delle acque destinate al consumo umano e dall'art.80 del D.Lgs. 152/2006.

5 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO

Il nuovo impianto di trattamento e rilancio di Casalino verrà realizzato nel cortile del Municipio in aderenza all'attuale edificio servizi dell'acquedotto.

Per liberare l'area su cui costruire è necessario provvedere all'abbattimento di due piante di significative dimensioni. La foto aerea appresso inserita illustra la posizione del nuovo impianto (cerchio rosso).



Figura 11 Foto aerea con indicazione dell'ubicazione dell'impianto di progetto

5.1 FILIERA DI TRATTAMENTO IMPIANTISTICA

La filiera di trattamento è composta da:

- **Vasca di pre-ossidazione iniziale**, a cui tramite una tubazione in pressione arriva l'acqua estratta dal pozzo. Questa vasca, munita di sistema di diffusione sul fondo per insufflazione di aria ed equipaggiata con un sistema di dosaggio di ipoclorito di sodio, riceverà l'acqua grezza che sarà sottoposta ad un processo di ossidazione con aria per l'abbattimento di manganese, sebbene quest'ultimo sia al di sotto dei limiti di legge, e clorazione al break-point mediante ipoclorito di sodio per l'abbattimento di ammonio;
- **Rilancio dell'acqua pre-trattata** verso la sezione di filtrazione a dual media mediante 1+1R pompe;
- **Filtrazione dual media in pressione** composta da n. 1 filtro a sabbia ed antracite. Il filtro sarà strutturato per poter essere controllato in automatico con l'acqua trattata ed eventualmente

con l'acqua grezza presente nella vasca di accumulo iniziale. Si prevede il controlavaggio con sola acqua durante le ore notturne di minor carico;

- **Filtrazione a carboni attivi granulari (GAC) in pressione**, composta da n. 1 filtro a carboni attivi granulari. Il filtro sarà strutturato per poter essere controlavato solo in modalità manuale come espressamente richiesto dalla Stazione Appaltante ed eventualmente con l'acqua grezza presente nella vasca di accumulo iniziale;
- Predisposizione per l'inserimento di n.1 filtro a resina per la rimozione di metalli pesanti, al momento al di sotto dei limiti di legge ad eccezione di qualche superamento spot (si veda Tabella 1 per il Selenio);
- **Accumulo finale** dell'acqua in uscita dai filtri a carbone: essa verrà accumulata per essere inviata in rete e utilizzata per il controlavaggio dei filtri a dual media e dei filtri a carbone durante le ore notturne. Il sistema di controlavaggio sarà automatico ma potrà anche essere comandato dagli operatori presenti in impianto su richiesta della Stazione Appaltante;
- **Disinfezione con ipoclorito di sodio in tubazione** a valle della vasca di accumulo;
- **Rilancio in rete**: l'acqua trattata viene infine immessa in rete verso l'abitato di Casalino e la zona industriale tramite due gruppi di pressurizzazione, ciascuno composto da 1+1R pompe ad asse verticale.

Come indicato nella descrizione di cui sopra, vengono previsti inoltre:

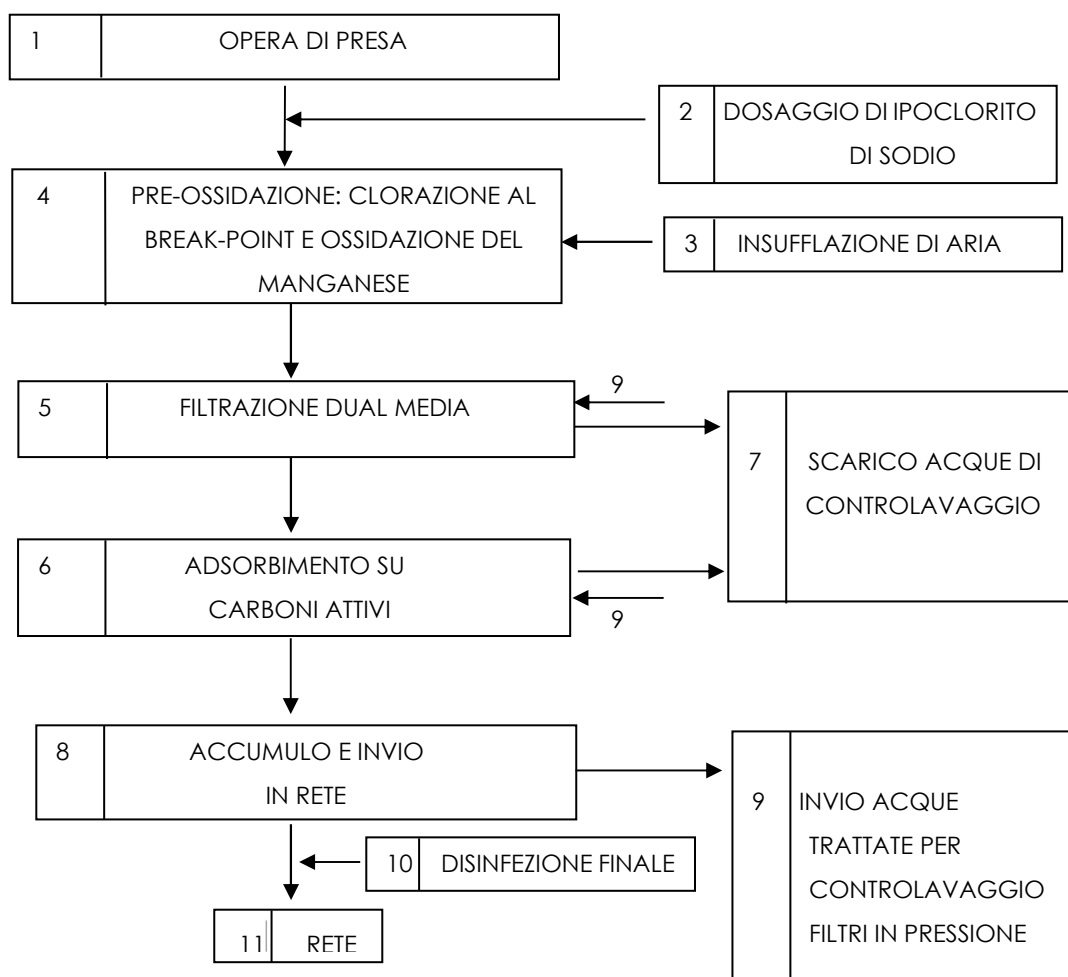
- Pompe di controlavaggio dei filtri in pressione (1+1R);
- Autoclave da 500 L per il mantenimento della pressione nelle condizioni di portata nulla;
- Scarico acque di controlavaggio e relativo scarico in fognatura.

5.2 LOCALI TECNICI DI SERVIZIO

La configurazione impiantistica proposta prevede infine i **locali tecnici e di servizio** necessari a garantire funzionalità, affidabilità e fruibilità impiantistica e gestionale, tra cui:

- Locale principale, di dimensioni 14,4 x 7,9 m, all'interno del quale sono presenti le due vasche di accumulo, iniziale e finale, i n.2 serbatoi in pressione, nonché le pompe di sollevamento verso la batteria di filtri, le pompe di controlavaggio e le pompe dosatrici di ipoclorito di sodio;
- Locale esistente, collocato in posizione adiacente al locale principale, all'interno del quale saranno installate le pompe di rilancio in rete e le soffianti per l'insufflazione di aria nella vasca di pre-ossidazione;

5.3 SCHEMA DELL'IMPIANTO PREVISTO



6 VERIFICHE DI DIMENSIONAMENTO – LINEA ACQUE

6.1 PRE-OSSIDAZIONE: OSSIDAZIONE DEL MANGANESE E CLORAZIONE AL BREAK POINT

L'obiettivo della presente sezione è quello di rimuovere l'ammoniaca ed il manganese, combinando i seguenti trattamenti:

- clorazione al break point per la rimozione di ammonio;
- pre-ossidazione con aria per l'abbattimento del manganese nella successiva sezione di filtrazione dual media.

Tali processi saranno sviluppati all'interno della vasca di accumulo iniziale di volumetria pari a 19 mc, come anticipato munita di sistema di diffusione sul fondo per insufflazione di aria ed equipaggiata con un sistema di dosaggio di ipoclorito di sodio.

Il volume consente un tempo di ritenzione pari a 45 minuti, per 7 l/sec, quindi nettamente superiore ai 30 minuti indicati come tempo minimo per un'efficace clorazione.

L'agitazione dell'acqua grezza in ingresso alla vasca mediante l'insufflazione di aria ha una doppia funzione: favorire il contatto e quindi la reazione dell'ipoclorito con conseguente abbattimento di ammonio, nonché introdurre aria per lo sviluppo di una pre-ossidazione, che consenta una prima formazione di cristalli o fiocchi di ossidi del manganese (ed in parte anche minima del ferro) che verranno successivamente rimossi nella sezione di filtrazione dual media.

6.1.1 Ossidazione del manganese

Nel trattamento di acque di falda, l'ossigeno può essere utilizzato nella fase di pre-ossidazione con lo scopo di garantire la miscelazione dell'acqua grezza e ossidare alcuni composti presenti come ferro e manganese.

Per il dimensionamento del sistema di pre-ossidazione è necessario considerare:

- Tempo di contatto, che permette di determinare il volume necessario, come evidenziato nell'equazione sottostante:

$$V = t_c * Q \quad \text{Equazione 1}$$

Dove:

V = volume necessario a garantire l'efficienza del processo, espresso in m³;

t_c = tempo di contatto, espresso in ore;

Q = portata massima di progetto, espressa in m³/h;

- Quantitativo di ossigeno richiesto e quindi portata di aria da insufflare, generalmente influenzata da
 - Reazione con ferro e manganese;
 - Consumo per l'ossidazione della sostanza organica presente nell'acqua.

ottenuto come somma del dosaggio necessario alla degradazione di tutti i composti sopracitati.

Nella Tabella 2 si riportano i principali parametri utilizzati per la stima del quantitativo di aria necessario per l'ossidazione dei composti sopracitati e per la corretta miscelazione nel reattore.

Tabella 2: Sezione di pre-ossidazione con aria

Parametro	Unità di misura	Valore
<u>Dati di dimensionamento</u>		
Portata massima (Q_{max})	l/s	7
Portata media (Q_{med})	l/s	4
<u>Coefficienti stechiometrici di riferimento</u>		
Dosaggio di ozono per l'ossidazione del ferro	mg O_2 /mg Fe^{2+}	0,14
Dosaggio di ozono per l'ossidazione del manganese	mg O_2 /mg Mn^{2+}	0,29
<u>Risultati del dimensionamento</u>		
Fattore di correzione aggiuntivo	-	2,0
Concentrazione minima di ossigeno da dosare per ossidazione	mg O_2 /l	0,03
Quantitativo orario di ossigeno	kg O_2 /h	0,001
Quantitativo orario di ossigeno*	kg O_2 /h	0,83
Portata d'aria oraria da insufflare di progetto*	Nm ³ /h	12,79
<u>Vincoli operativi</u>		
Tempo di contatto minimo	min	30
Volume minimo richiesto	m ³	12,60
<u>Caratteristiche della sezione</u>		
Tipologia di bacino	-	Monostadio
Numero di linee	-	1
Battente utile	m	3,0
Larghezza di ciascuna linea	m	2,5
Lunghezza di ciascuna linea	m	2,5
Volume utile di ciascuna linea	m ³	18,75
Volume complessivo	m ³	18,75
Tempo di contatto con Q_{med}	min	79
Tempo di contatto con Q_{max}	min	45
<u>Caratteristiche apparecchiature elettromeccaniche</u>		
<u>Soffianti di insufflazione dell'aria</u>		
Quantità	-	1+1R
Portata d'aria	Nm ³ /h	20
<u>Caratteristiche equipaggiamenti</u>		
<u>Diffusori</u>		
Numero di diffusori per linea	-	6
Materiale diffusori	-	EPDM

*per garantire miscelazione dell'acqua nel reattore

6.1.2 Clorazione al break-point con ipoclorito di sodio

Nel trattamento di acque di falda caratterizzate da concentrazioni di ammonio superiori ai limiti di legge si è soliti adottare la tecnica di clorazione al break-point.

La clorazione al break-point consiste nel dosaggio di cloro (nel caso del presente progetto ipoclorito di sodio) in concentrazione corrispondente ad un piccolo eccesso rispetto al dosaggio di break-point. Questo garantisce la completa rimozione dell'ammoniaca mediante formazione delle clorammine e la presenza di un piccolo eccesso di cloro residuo libero.

Il corretto rapporto di break-point da applicare assume in genere valori compresi tra 8 (minimo stechiometrico) e 10, a seconda degli altri inquinanti che possono reagire con il cloro. Nel caso in esame si è considerato un rapporto pari a 9.

L'ipotesi proposta è pertanto basata sul funzionamento in continuo in condizioni di concentrazione dell'ammoniaca sempre superiore al limite di 0,5 mg/l, seppur con superamento minimo, tale da costringere l'utilizzo dell'ipoclorito.

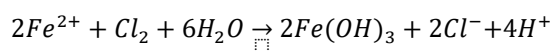
A favore di sicurezza si è poi considerata la presenza di ulteriori inquinanti come ferro e manganese nelle concentrazioni massime risultanti dai dati forniti.

Le basse concentrazioni dei suddetti inquinanti non influenzano però in alcun modo il dosaggio di ipoclorito, il quale verrà unicamente utilizzato per la rimozione dell'ammonio tramite un dosaggio di progetto pari a 5,5 mg/L come indicato nella tabella sottostante insieme agli altri valori di progetto ottenuti.

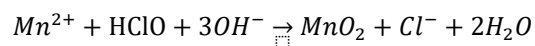
Nel trattamento di acque di falda il cloro può essere applicato sia nella fase di pre-ossidazione che di disinfezione finale. Possono essere impiegati diversi reagenti a base di cloro quali cloro gas e ipoclorito di sodio, come nel caso del presente progetto.

Il cloro, essendo un forte ossidante, reagisce con molti composti organici e inorganici, come ferro, manganese, ammoniaca, idrogeno solforato. Inoltre, viene utilizzato per il controllo delle caratteristiche organolettiche dell'acqua (odore, sapore, colore).

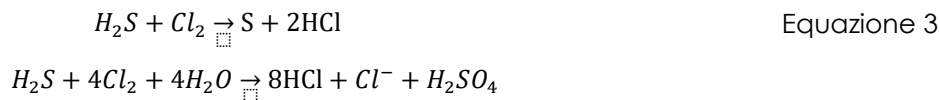
Di seguito vengono riportate le reazioni del cloro gassoso con ferro e manganese.



Equazione 2



L'ossidazione dell'idrogeno solforato è molto rapida, si completa in pochi minuti. La reazione dipende dalla concentrazione di ioni idrogeno in acqua; può avvenire l'una o l'altra reazione a seconda che il pH sia superiore o inferiore a 8.



La reazione chimica dell'ossidazione mediante ipoclorito è la seguente:



La reazione stechiometrica prevede, per 0,6 mg/l di NH_3 , 5,4 g/mc di ipoclorito di sodio.

Per il dimensionamento del sistema di ossidazione con il cloro è necessario considerare:

- Tempo di contatto, che permette di determinare il volume necessario, come evidenziato nell'equazione sottostante:

$$V = t_c * Q \quad \text{Equazione 5}$$

Dove:

V = volume necessario a garantire l'efficienza del processo, espresso in m^3 ;

t_c = tempo di contatto, espresso in ore;

Q = portata massima di progetto, espressa in m^3/h ;

- Dosaggio di cloro, generalmente influenzato dalle caratteristiche dell'acqua in ingresso ed in particolare dai seguenti parametri indicatori:
 - Concentrazione di NH_4 , la cui ossidazione porta alla formazione di cloroammine mediante clorazione al break-point;
 - Concentrazione di TOC;
 - Concentrazione di ferro, manganese e idrogeno solforato.

L'utilizzo della tecnologia di ossidazione con cloro è sconsigliato in presenza di Carbonio Organico Totale (TOC) > 2 mg/l, in quanto, se sovra-dosato, può generare Trialometani (nei quali tre atomi di idrogeno della molecola di metano (CH_4) sono sostituiti con atomi di uno o più alogeni). I Trialometani sono molto pericolosi per l'ambiente e l'atmosfera. Lo IARC (*International Agency for Research on Cancer*) ha categorizzato alcuni di essi, soprattutto i clorofluorocarburi, nel Gruppo 2B, quindi come possibili cancerogeni per l'uomo.

Nella Tabella 3 si riportano i principali parametri utilizzati per la stima del dosaggio di cloro.

Tabella 3: Sezione di pre-ossidazione con cloro

Parametro	Unità di misura	Valore
<u>Dati di dimensionamento</u>		

Portata massima (Q_{max})	l/s	7
Portata media (Q_{med})	l/s	4
<u>Coefficienti stechiometrici di riferimento</u>		
Dosaggio di cloro per l'ossidazione del ferro	mg Cl_2 /mg Fe^{2+}	0,62
Dosaggio di cloro per l'ossidazione del manganese	mg Cl_2 /mg Mn^{2+}	0,77
Dosaggio di cloro per l'ossidazione dell'ammoniaca	mg Cl_2 /mg NH_4	9
Dosaggio di cloro per l'ossidazione dell'idrogeno solforato	mg Cl_2 /mg H_2S	2,1
<u>Risultati del dimensionamento</u>		
Concentrazione minima di cloro da dosare	mg Cl_2 /l	5,4
Concentrazione di cloro da dosare di progetto	mg Cl_2 /l	5,5
Quantitativo orario di cloro	kg Cl_2 /h	0,14
<u>Caratteristiche della sezione</u>		
Tipologia di bacino	-	Monostadio
Numero di linee	-	1
Battente utile	m	3,0
Larghezza di ciascuna linea	m	2,5
Lunghezza di ciascuna linea	m	2,5
Volume utile di ciascuna linea	m ³	18,75
Volume complessivo	m ³	18,75
Tempo di contatto con Q_{med}	min	79
Tempo di contatto con Q_{max}	min	45
<u>Caratteristiche del reagente utilizzato</u>		
Reagente utilizzato	-	NaClO
Tenore di principio attivo nella soluzione commerciale	-	15%
Densità soluzione commerciale	kg/m ³	1250
Portata massica richiesta di soluzione commerciale	kg/h	0,92
	kg/d	22,19
Portata richiesta di soluzione commerciale	l/h	0,74
	l/d	17,75
<u>Serbatoio di stoccaggio del reagente</u>		
Periodicità di rifornimento della soluzione commerciale	d	12
Numero di serbatoi di stoccaggio	-	1
Volume di progetto di ogni serbatoio di stoccaggio	m ³	0,2
Volume di progetto complessivo di stoccaggio	m ³	0,2
Altezza del serbatoio	m	0,87
Diametro del serbatoio	m	0,79

Si prevederà quindi l'installazione di **n.1 pompa dosatrice di ipoclorito di sodio** in grado di dosare una portata massima pari a 2 l/h. Si specifica che il dosaggio avverrà in tubazione prima dell'ingresso nella vasca di accumulo iniziale.

6.1.3 Accumulo e rilancio

L'acqua pre-trattata in uscita dalla vasca di pre-ossidazione viene prelevata da 1+1R pompe che inviano l'acqua verso la sezione di filtrazione a sabbia ed antracite.

6.2 FILTRAZIONE DUAL MEDIA - SABBIA ED ANTRACITE

La filtrazione è un trattamento che consente la separazione fisica dei solidi sospesi non colloidali ($> 10 \mu\text{m}$) contenuti nell'acqua mediante un mezzo filtrante. In generale tale processo viene utilizzato per la rimozione della torbidità oppure può essere utilizzato per eliminare quelle sostanze rese filtrabili da un trattamento posto a monte della vasca (ossidazione o chiariflocculazione).

La filtrazione è, assieme alla disinfezione, l'unità di processo presente praticamente in ogni schema di potabilizzazione delle acque superficiali.

L'efficienza delle apparecchiature usate nei processi di chiariflocculazione e di sedimentazione non è mai del 100%; ciò comporta che una certa quantità di solidi sarà ancora contenuta nell'acqua. Per questo motivo si esegue la filtrazione, che elimina i solidi sospesi residui con rese elevatissime, oltre il 95%, arrivando in taluni casi alla totale rimozione.

Per il presente progetto si è individuata come tecnologia una configurazione con filtri rapidi in pressione di tipo dual media. Le configurazioni del letto filtrante possono infatti essere di due tipi:

- monostrato, costituito da uno strato unico di materiale granulare uniforme;
- pluristrato (soluzione più diffusa), caratterizzato dalla presenza di strati multipli di materiali di granulometria diversa (ma uniforme all'interno del singolo strato); solitamente i materiali grossolani di peso specifico minore (GAC o antracite) sono in superficie mentre quelli più fini e pesanti (sabbia) si trovano negli strati inferiori.

Il vantaggio principale dell'utilizzo del dual media è relativo alla riduzione dello sviluppo di perdite di carico, e quindi all'aumento della durata del singolo ciclo di filtrazione, come dimostrato da numerosi studi (Conley and Pitman, 1960; Conley, 1961; Tuepker and Buescher, 1968).

I parametri caratteristici che determinano il dimensionamento dell'unità operativa sono la velocità di filtrazione e l'altezza del letto filtrante, come indicato in Equazione 6 e Equazione 7.

$$S_{\text{tot}} = \frac{Q}{V_f} \quad \text{Equazione 6}$$

Dove:

S_{tot} = superficie totale filtrante, espressa in m^2 ;

Q = portata massima di progetto, espressa in m^3/h ;

V_f = velocità di filtrazione, espressa in m/h ;

$$V_{\text{tot}} = S_{\text{tot}} * H \quad \text{Equazione 7}$$

Dove:

V_{tot} = volume totale filtrante, espresso in m^3 ;

S_{tot} = superficie totale filtrante, espressa in m^2 ;

H = altezza del letto filtrante, dato dalla somma delle altezze del dual media (composto da sabbia e antracite), espresso in m;

Il supporto granulare su cui avviene la filtrazione riveste infatti una fondamentale importanza in quanto esso influenza l'efficienza depurativa, la durata del ciclo di filtrazione, l'entità delle perdite di carico, le tecniche di controlavaggio e la durabilità del supporto. I parametri caratteristici sono indicati nella tabella seguente.

Dal punto di vista del funzionamento, l'acqua entra dalla parte alta del letto filtrante, lo permea e ne esce dal fondo. Le impurità si depositano sui vari strati di sabbia e di conseguenza la resistenza al passaggio dell'acqua aumenta progressivamente. Quando detta perdita di carico raggiunge il valore massimo ammissibile, viene effettuata in automatico la pulizia del letto filtrante tramite lavaggio in controcorrente. In particolare, la regolazione automatica delle portate in ingresso e del controlavaggio è garantita grazie alla presenza di valvole attuate pneumatiche.

La durata del ciclo di filtrazione (di solito 36-48 ore) è influenzata da molti fattori, tra i quali entità e variabilità dei solidi sospesi in ingresso, carico idraulico applicato, dimensione e porosità del materiale filtrante, altezza del letto e caratteristiche dei fiocchi.

La filtrazione in pressione, rispetto alla filtrazione rapida a gravità, permette di operare con pressione di esercizio (2-3 bar) tale da consentire di operare in un intervallo più ampio di perdite di carico limite.

L'unità di filtrazione deve essere correttamente gestita in tutte le sue fasi (esercizio e controlavaggio) attraverso:

- monitoraggio periodico del materiale di riempimento mediante controllo quantitativo, per valutare un eventuale reintegro del materiale che potrebbe essere asportato durante le fasi di funzionamento;
- periodico controllo della qualità del mezzo filtrante per valutare la presenza di biofilm batterico sui granuli del mezzo di riempimento;
- monitoraggio periodico delle portate e del contenuto dei solidi in ingresso all'unità mediante controllo quantitativo, per valutare eventuali sovraccarichi

Un aspetto fondamentale nella gestione del filtro è il controlavaggio, previsto con interruzione della normale fase di filtrazione.

Nel seguente progetto si prevede il solo di acqua per il controlavaggio del filtro. Si prevede inoltre la seguente sequenza:

- lavaggio con acqua in controcorrente;
- lavaggio con acqua in equi-corrente (maturazione).

Tabella 4: Sezione di filtrazione dual media

Parametro	Unità di misura	Valore
<u>Dati di dimensionamento</u>		
Portata massima (Q_{max})	l/s	7
Portata media (Q_{med})	l/s	4
<u>Vincoli progettuali</u>		
Velocità di filtrazione in condizioni di normale esercizio	m/h	10
Velocità massima di controlavaggio con aria	m ³ /m ² /h	60
Velocità massima di controlavaggio con acqua	m ³ /m ² /h	40
<u>Caratteristiche del mezzo filtrante</u>		
Tipologia di filtro	-	Dual-media
Materiale inerte		Antracite
Materiale inerte		Sabbia
<u>Caratteristiche della sezione</u>		
Configurazione	-	Single filter
Superficie minima complessiva	m ²	2,52
Numero di filtri	-	1
Superficie minima di ciascun filtro	m ²	2,52
Diametro di progetto di ciascun filtro	m	1,80
Superficie di progetto di ciascun filtro	m ²	2,54
Superficie di progetto totale	m ²	2,54
Altezza di progetto del riempimento di ciascun filtro	m	1,02
Altezza di progetto complessiva di ciascun filtro	m	2,78
<u>Antracite</u>		
Quantitativo antracite per ciascun filtro	kg	1400
Altezza antracite in ciascun filtro	mm	579
<u>Sabbia</u>		
Quantitativo sabbia per ciascun filtro	kg	1650
Altezza sabbia in ciascun filtro	mm	441
<u>Verifiche di funzionamento in esercizio</u>		
Portata trattata dal filtro in condizioni di Q_{max}	l/s	7
Velocità di filtrazione del filtro in condizioni di Q_{max}	m/h	9,91
<u>Verifiche di funzionamento in controlavaggio</u>		
Tipologia di controlavaggio	-	Acqua controcorrente ed equicorrente
Durata del controlavaggio con acqua	min	12
Portata d'acqua trattata necessaria per il controlavaggio di un filtro	m ³ /h	80
Velocità di controlavaggio con acqua	m/h	31,5
Volume degli scarichi del controlavaggio di un filtro	m ³	16,0
Tempo stimato per la messa in servizio	min	5
Portata necessaria per la messa in servizio	m ³ /h	80

Velocità di controlavaggio con acqua per la messa in servizio	m/h	31,5
Volume degli scarichi della messa in servizio	m ³	6,7
Volume complessivo acqua necessaria per il controlavaggio di un filtro	m ³	22,7
Numero di filtri controlavati giornalmente	-	1
Volume giornaliero degli scarichi del controlavaggio dei filtri	m ³	22,7

Si specifica che, durante le operazioni di controlavaggio del filtro, l'impianto sarà fermo per l'intera durata delle operazioni di controlavaggio. **Al fine di garantire comunque una minima erogazione di portata verso la rete, si è dimensionata la vasca di accumulo finale (paragrafo 6.5) in maniera tale da avere a disposizione un ulteriore volume pari a 3 m³.**

6.3 FILTRAZIONE A CARBONI ATTIVI

Il carbone attivo, prodotto mediante pirolisi controllata di materiali carbonacei, è un materiale con elevata superficie specifica (500-1500 m²/g) e una elevata affinità per i composti organici.

Il carbone attivo assume un ruolo primario nel trattamento di potabilizzazione in quanto permette di rimuovere sostanze difficilmente eliminabili con i trattamenti tradizionali e consente un uso in eccesso di forti ossidanti, quali cloro, ozono, ecc., in quanto è in grado di rimuovere il residuo.

In generale si impiega carbone attivo per la rimozione di:

- molecole organiche specifiche che causano odore e sapore;
- sostanze organiche naturali (NOM) che possono reagire con il cloro e formare dei sottoprodotti di disinfezione;
- composti tossici e cancerogeni in piccole concentrazioni;
- composti organici di sintesi.

Nel presente progetto è previsto l'inserimento di **n. 1 reattore di carbone attivo granulare (GAC, granular activated carbon) con funzionamento in pressione.**

Il trattamento è strettamente legato al parametro "tempo di contatto" e alla concentrazione delle sostanze inquinanti da trattare (Equazione). Nello specifico, la superficie di filtrazione viene definita secondo l'Equazione 6 già descritta nel capitolo sulla filtrazione dual media, mentre a differenza di quest'ultimo processo il dimensionamento del volume dei filtri a carbone attivo è determinato dal parametro EBCT_{min} (minimum empty bed contact time) che corrisponde al rapporto del volume del letto occupato dal materiale adsorbente (V_{tot}), considerando tale volume come se fosse vuoto, e la portata Q.

$$V_{\text{tot}} = Q * EBCT$$

Equazione 8

Nel processo si distinguono tre fasi: inizialmente le impurità presenti in soluzione vengono in contatto con le particelle di carbone, successivamente si diffondono all'interno dei pori e finalmente vengono trattenute sulla superficie delle pareti dei pori da forze di natura chimica, fisica o elettrostatica.

Il carico idraulico applicato non deve essere eccessivo per evitare perdite di polverino nell'acqua effluente.

Il carbone attivo è soggetto a rigenerazione periodica: il letto filtrante una volta raggiunta la saturazione del processo di adsorbimento perde le sue proprietà adsorbenti e deve essere assoggettato ad un trattamento di rigenerazione termica presso azienda specializzata.

Periodicamente (ogni 7 – 15 giorni) viene effettuato manualmente un controlavaggio del filtro a carbone attivo, non solo per ridurre le perdite di carico che il processo di filtrazione induce nel tempo ma anche per limitare la crescita e l'evoluzione della microbiologia interna.

Tabella 5: Sezione di filtrazione a carbone attivo in pressione

Parametro	Unità di misura	Valore
<u>Dati di dimensionamento</u>		
Portata massima (Q_{max})	l/s	7
Portata media (Q_{med})	l/s	4
<u>Vincoli progettuali</u>		
EBCT minimo	min	10
Velocità di filtrazione in condizioni di normale esercizio	m/h	10
Velocità massima di controlavaggio con acqua	m ³ /m ² /h	40
<u>Caratteristiche del mezzo filtrante</u>		
Tipologia di filtro	-	Single-media
Materiale inerte		Carbone attivo granulare
<u>Caratteristiche della sezione</u>		
Configurazione	-	Single filter
Superficie minima complessiva	m ²	2,52
Volume minimo di carbone attivo complessivo	m ³	4,20
Numero di filtri	-	1
Superficie minima di ciascun filtro	m ²	2,52
Diametro di progetto di ciascun filtro	m	1,80
Superficie di progetto di ciascun filtro	m ²	2,54
Superficie di progetto totale	m ²	2,54
Volume carbone attivo granulare di ciascun filtro	m ³	4,88
Volume carbone attivo granulare complessivo di progetto	m ³	4,88
Altezza di progetto del riempimento di ciascun filtro	m	1,92
Altezza di progetto complessiva di ciascun filtro	m	3,15
<u>Carbone attivo granulare</u>		
Quantitativo carbone attivo granulare di ciascun filtro	kg	2500
Altezza carbone attivo granulare di ciascun filtro	mm	1923

EBCT di progetto con Q_{max}	min	11,6
<u>Verifiche di funzionamento in esercizio</u>		
Portata trattata dal filtro in condizioni di normale esercizio	l/s	7
Velocità di filtrazione del filtro in condizioni di normale esercizio	m/h	9,91
<u>Verifiche di funzionamento in controlavaggio</u>		
Tipologia di controlavaggio	-	Con acqua controcorrente
Espansione del letto	%	20
Durata del controlavaggio con acqua	min	14
Portata d'acqua trattata necessaria per il controlavaggio di un filtro	m ³ /h	40
Velocità di controlavaggio con acqua	m/h	15,7
Volume degli scarichi del controlavaggio con acqua	m ³	9,3
Tempo stimato per la messa in servizio	min	14
Portata necessaria per la messa in servizio	m ³ /h	30
Velocità di controlavaggio con acqua per la messa in servizio	m/h	11,8
Volume degli scarichi della messa in servizio	m ³	7,0
Volume degli scarichi del controlavaggio di un filtro nelle condizioni peggiori (T_{max})	m ³	16,3
Numero di filtri controlavati giornalmente	-	1
Volume giornaliero degli scarichi del controlavaggio dei filtri nelle condizioni peggiori (T_{max})	m ³	16,3

Si specifica che, anche in questo caso durante le operazioni di controlavaggio del filtro, l'impianto sarà fermo per l'intera durata delle operazioni di controlavaggio. Rispetto al controlavaggio dei filtri dual media, il lavaggio dei filtri a carbone attivo necessita di un minor quantitativo d'acqua: in particolare, sarà a disposizione un ulteriore volume pari a circa 10 m³, superiore al volume d'acqua erogato in rete nelle condizioni massime di funzionamento.

6.4 CONTROLAVAGGIO

Il controlavaggio dei filtri dual media e dei filtri a carbone è necessario per ripristinare il corretto funzionamento delle due sezioni riducendo le perdite di carico che si determinano a causa dell'accumulo di materiale all'interno dei filtri.

Al fine di garantire un'elevata efficienza anche nei cicli di filtrazione successivi, è necessario instaurare una crescita graduale di velocità, e quindi di portata di controlavaggio, passando dai 10 m/h iniziali ai 30 m/h nelle fasi a regime e finali. Questo accorgimento permette di non sollevare in maniera eccessiva il letto filtrante nelle fasi iniziali, le più delicate per questa operazione, garantendo un'ottima distribuzione dello stesso a valle della fase di controlavaggio.

6.5 VASCA DI ACCUMULO FINALE

L'acqua trattata in uscita dalla sezione di filtrazione su carbone attivo viene infine accumulata in una vasca finale per l'invio in rete e per il controlavaggio dei filtri, che verrà eseguito durante le ore notturne caratterizzate da un minor prelievo idrico.

La vasca, come anticipato, è stata dimensionata per garantire:

- Il volume massimo necessario richiesto per il controlavaggio dei filtri, pari a 22,7 m³;
- Un volume residuo disponibile per l'eventuale richiesta della rete in condizioni notturne, caratterizzate pertanto da un prelievo nettamente inferiore rispetto alle ore diurne e pari a circa 3,5 m³.

Si prevede quindi la realizzazione di una vasca di accumulo dell'acqua trattata, realizzata fuori terra in calcestruzzo, di volume utile pari a 26,25 m³.

Tabella 6: Vasca di accumulo finale acqua trattata

Parametro	Unità di misura	Valore
<u>Caratteristiche della vasca di accumulo finale</u>		
Numero di linee	-	1
Lunghezza utile (L)	m	2,50
Larghezza utile (l)	m	3,50
Altezza liquida dell'acqua (h)	m	3,00
Volume utile complessivo	m ³	26,25

Si specifica infine che saranno presenti n.2 tubazioni in uscita dalla vasca sulle quali saranno installate n.2 valvole attuate pneumaticamente che permetteranno di gestire in maniera automatica la portata da inviare in rete e quella destinata alle operazioni di controlavaggio.

6.6 DISINFEZIONE FINALE DELL'EFFLUENTE

L'acqua trattata in uscita dalla vasca di accumulo finale viene infine sottoposta a disinfezione, a valle della diramazione delle due tubazioni sopracitate, mediante dosaggio di ipoclorito di sodio. In tal modo sarà sottoposta a disinfezione unicamente la portata che deve essere inviata alla rete evitando consumi eccessivi di reagente qualora fosse in funzione l'operazione di controlavaggio dei filtri.

Il cloro è il reagente disinfettante storicamente più utilizzato. La sua reazione con l'acqua è però influenzata da diversi fattori:

- Temperatura dell'acqua: maggiore è la temperatura e migliore risulta la disinfezione con il cloro; per il dimensionamento si considererà quindi la temperatura minima che determina il maggior quantitativo di cloro da dosare;
- pH: per il dimensionamento si considera il valore di pH massimo nel set di dati disponibili poiché determina un maggior quantitativo di cloro da dosare;
- Tempo di contatto: con il suo aumento è possibile diminuire la concentrazione da dosare. Tale parametro rappresenta il tempo che intercorre tra il punto di dosaggio del disinfettante e il punto in corrispondenza del quale viene misurato il residuo. Molto spesso però nei reattori il flusso non è uniforme, pertanto, il tempo effettivo di permanenza del fluido può essere variabile tra le diverse porzioni di fluido alimentate nel reattore. Per questo motivo, per effetto delle condizioni idrodinamiche non ottimali (volumi morti, by-pass, ecc), il tempo da utilizzare per il calcolo del $C \cdot t$ è il tempo di permanenza effettivo (*ERT, effective retention time*), che può essere diverso da quello teorico (HRT) ed è rappresentato dal prodotto tra l'HRT ed un fattore di correzione dipendente dalle caratteristiche idrodinamiche del sistema considerato;
- Torbidità: è un inibente, influisce sulle efficienze di disinfezione;
- Presenza di interferenti;
- Concentrazione obiettivo di cloro residuo.

Per il dimensionamento del sistema di disinfezione con cloro è necessario considerare:

- Concentrazione di cloro residuo in uscita, da impostare come obiettivo;
- pH massimo dell'acqua da trattare;
- Temperatura minima dell'acqua da trattare;

Questi elementi permettono di definire il prodotto della concentrazione e del tempo di contatto ($C \cdot t$) necessari a garantire i Log di rimozione desiderati. Si specifica, ad esempio, che 3Log corrispondono ad una riduzione del 99,9%.

Si sottolinea che l'utilizzo di cloro per il processo di disinfezione è sconsigliato in presenza di Carbonio Organico Totale (TOC) > 2 mg/l, in quanto, se sovra-dosato, può generare Trialometani (nei quali tre atomi di idrogeno della molecola di metano (CH_4) sono sostituiti con atomi di uno o più alogeni).

Dal momento che l'impianto di Casalino riceverà un'acqua in ingresso con valori di TOC inferiori a 2 mg/L, non vi saranno problematiche connesse alla generazione di trialometani in virtù dell'approccio multibarriera con cui è stato pensato l'impianto, che porterà alla completa rimozione del TOC nelle sezioni di pre-ozonazione e filtrazione GAC.

In Tabella 7 si riportano i principali parametri utilizzati per il dimensionamento del sistema di dosaggio di ipoclorito di sodio. Il corretto dosaggio dovrà poi essere individuato in fase gestionale.

Tabella 7: Sezione di disinfezione con ipoclorito di sodio

Parametro	Unità di misura	Valore
<u>Parametri progettuali</u>		
Concentrazione di cloro obiettivo in uscita	mg Cl ₂ /l	0,1
pH massimo	-	8,5
Temperatura minima	°C	10
Portata massima	m ³ /h	25,2
Portata media	m ³ /h	14,2
Posizione punto di dosaggio	-	Tubazione
Diametro tubazione	-	DN120
Lunghezza minima tubazione	m	1000
<u>Vincoli operativi</u>		
Tempo di ritenzione effettivo	min	27
Obiettivo di inattivazione	Log	3
C*t obiettivo	mg/l min	149
Concentrazione di cloro da dosare	mg/l	5,54
<u>Caratteristiche del disinfettante utilizzato</u>		
Reagente utilizzato	-	NaClO
Tenore di principio attivo nella soluzione commerciale	-	15%
Densità soluzione commerciale	kg/m ³	1250
Portata massica richiesta di soluzione commerciale	kg/h	0,5
Portata richiesta di soluzione commerciale	l/h	0,9
<u>Serbatoio di stoccaggio del reagente</u>		
Periodicità di rifornimento della soluzione commerciale	d	12
Volume del serbatoio	m ³	0,2
Altezza del serbatoio	m	0,87
Diametro del serbatoio	m	0,79

Si prevederà quindi l'installazione di **n. 1 pompa dosatrice di ipoclorito di sodio**, in grado di dosare una portata massima pari a 2 l/h.

6.7 INVIO IN RETE

L'acqua trattata viene immessa in rete verso l'abitato di Casalino e la zona industriale tramite due gruppi di pressurizzazione, ciascuno composto da 1+1R pompe ad asse verticale.

Si prevede quindi l'installazione di n.4 pompe, di cui:

- N.2 (1+1R) pompe in grado di sollevare una portata compresa tra 0,3 e 6 l/s ed una prevalenza tra 25 e 50 m verso l'abitato di Casalino;
- N.2 (1+1R) pompe in grado di sollevare una portata compresa tra 0,3 e 6 l/s ed una prevalenza tra 25 e 50 m verso la zona industriale.

Si prevede infine l'installazione di un'autoclave da 500 L per il mantenimento della pressione nelle condizioni di portata nulla.

7 BIBLIOGRAFIA CITATA E CONSULTATA

- Water Treatment Plant Design Fifth Edition, AWWA-ASCE pubblicato da McGraw-Hill (2012)
- Water Quality and Treatment Sixth Edition, AWWA pubblicato da McGraw-Hill (2010)
- Water Treatment Principles and Design Third Edition, MWH pubblicato da Wiley (2012)
- Potabilizzazione delle acque, Processi e tecnologie, Teoria – applicazioni – esempi di calcolo, C. Collivignarelli, S. Sorlini. Dario Flaccovio editore (2020)
- Chlorine dioxide preoxidation for DBP reduction, G. W. Holden, American Water works Associations (2017)
- Conley, W.R. and Pitman, R.W. "Test Program for Filter Evaluation at Hanford". Journal AWWA, 52 (2), February 1960
- Conley, W.R. "Experiences with Anthracite Sand Filters". Journal AWWA, 53 (12), December 1961