

VERIFICHE DI FUNZIONALITÀ PER OTTIMIZZARE LA GESTIONE  
DEL TRATTAMENTO DELLE ACQUE  
IN UN MODELLO DI ECONOMIA CIRCOLARE

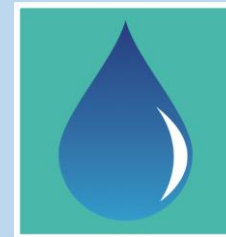
**59a** Giornata di Studio  
di Ingegneria  
Sanitaria-Ambientale  
in memoria di  
ERNESTO ARDEMAGNI

# Verifiche di funzionalità applicate al trattamento delle acque potabili

Prof. Ing. Sabrina Sorlini  
Università degli Studi di Brescia



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI BRESCIA



Gruppo di Lavoro  
Gestione impianti  
di depurazione  
Università degli Studi  
di Brescia



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PAVIA

# VERIFICHE DI FUNZIONALITA' DEI TRATTAMENTI DI POTABILIZZAZIONE

- valutare le reali condizioni di funzionamento
- valutare la efficienza di rimozione degli inquinanti
- verificare la conformità con i limiti di qualità prescritti dalle normative vigenti
- verificare il corretto dimensionamento dei reattori
- valutare l'efficienza energetica
- individuare eventuali anomalie di funzionamento o carenze di funzionamento
- individuare le cause dei malfunzionamenti
- individuare interventi per ottimizzare il funzionamento dell'impianto o per risolvere eventuali malfunzionamenti

# TIPI DI VERIFICHE

## TIPI DI VERIFICHE (LINEA ACQUA + LINEA RESIDUI)

Verifiche  
generali

- verifiche di portata
- verifica dell'efficienza depurativa
- verifica dei reagenti
- verifiche idrodinamiche dei bacini di trattamento
- verifiche di efficienza energetica

Verifiche  
specifiche

- verifiche di funzionalità dei singoli trattamenti
- verifiche di dimensionamento

# VERIFICHE SPECIFICHE

## **Trattamenti fisici:**

- aerazione
- sedimentazione
- filtrazione granulare

## **Trattamenti fisico-chimici:**

- Coagulazione/flocculazione
- Adsorbimento su carbone attivo granulare

## **Trattamenti chimici:**

- Ossidazione e disinfezione chimica

## **Trattamenti biologici**

COLLAUDO (AVVIAMENTO, ESERCIZIO PROVVISORIO)

ESERCIZIO ORDINARIO

ELABORAZIONE DI UN PSA

# Il Piano di Sicurezza dell'Acqua



Linee guida sulla qualità delle acque potabili, III ed. (OMS, 2004)

*Water Safety Plan Manual* (OMS, IWA, 2009)

Linee guida sulla qualità delle acque potabili, IV ed. (OMS, 2011)

Linee guida per la valutazione e gestione del rischio nella filiera delle acque destinate al consumo umano secondo il modello dei *Water Safety Plan* (Istituto Superiore di Sanità, 2014)

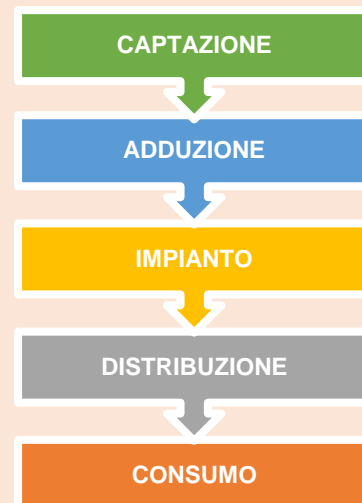
Direttiva UE 6 ottobre 2015

# Il Piano di Sicurezza dell'Acqua: procedura

## 1. Formazione di un team multidisciplinare



## 2. Descrizione del sistema idrico



## 3. Identificazione di eventi pericolosi, pericoli e rischi

**Evento pericoloso** = Incidente o situazione che può portare al verificarsi di un pericolo

**Pericolo** = Agente fisico, chimico, biologico o radiologico che ha il potenziale di causare danni alla salute dell'uomo

**Rischio** = Prodotto della probabilità di accadimento di un pericolo e della gravità delle conseguenze dello stesso



# Il Piano di Sicurezza dell'Acqua: procedura

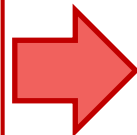


## 4. Identificazione e validazione delle misure di controllo e ricalcolo del rischio

**Misure di controllo** = Azioni compiute dai tecnici, tecnologie e trattamenti che hanno lo scopo di mitigare il rischio di contaminazione fisica, chimica, microbiologica e radiologica dell'acqua in un sistema di approvvigionamento



## 5. Sviluppo di un piano di miglioramento/*upgrade*



## 6. Sviluppo di un piano di monitoraggio delle misure di controllo



## 7. Sviluppo di un piano di verifica dell'efficacia del WSP





# Il Piano di Sicurezza dell'Acqua: procedura

8. Sviluppo delle procedure di gestione



9. Pianificazione e realizzazione di periodiche revisioni del WSP



10. Revisione del WSP a seguito di un incidente



11. Sviluppo di programmi di supporto



# Il Piano di Sicurezza dell'Acqua: procedura

## 4. Identificazione e validazione delle misure di controllo esistenti e ricalcolo del rischio

**Misure di controllo** = Azioni compiute dai tecnici, tecnologie e trattamenti che hanno lo scopo di mitigare il rischio di contaminazione fisica, chimica, microbiologica e radiologica dell'acqua in un sistema di approvvigionamento



## 5. Sviluppo di un piano di miglioramento / upgrade



## 4. Identificazione e validazione delle misure di controllo esistenti e ricalcolo del rischio

1. Identificazione della misura di controllo esistente → trattamento per il miglioramento della qualità dell'acqua



2. Analisi dei dati storici di monitoraggio qualità disponibili (min 2 anni)

- Individuazione parametri critici
- Variazioni temporali
- Identificazione periodi omogenei
- Calcolo rendimenti



3. Eventuale monitoraggio routine (normale esercizio)

- Durata almeno 1 mese (ripetuto in periodi diversi)
- Verifica corrispondenza con serie storica
- Conferma criticità/anomalie



4. Monitoraggio intensivo

- Studio singoli comparti
- Studio delle criticità (entità, durata, cause, influenza parametri)
- Durata variabile (pb. specifico), meglio se ripetuto durante l'anno

## 4. Identificazione e validazione delle misure di controllo esistenti e ricalcolo del rischio

### Elaborazione dati:

#### ⇒ calcolo del rendimento puntuale

$$\eta = (C_{in} - C_{out}) / C_{in} \cdot 100$$

( $C_{in}$ : concentrazione ingresso;  $C_{out}$ : concentrazione uscita)

#### ⇒ calcolo del rendimento medio

$$\eta_{medio} = (C_{in,media} - C_{out,media}) / C_{in,media} \cdot 100$$

( $C_{in,media}$ : conc. media ingresso;  $C_{out,media}$ : conc. media uscita)

⇒ effettuare il calcolo sull'intero periodo di monitoraggio e su sottoperiodi omogenei

⇒ dal calcolo vengono esclusi valori "anomali"

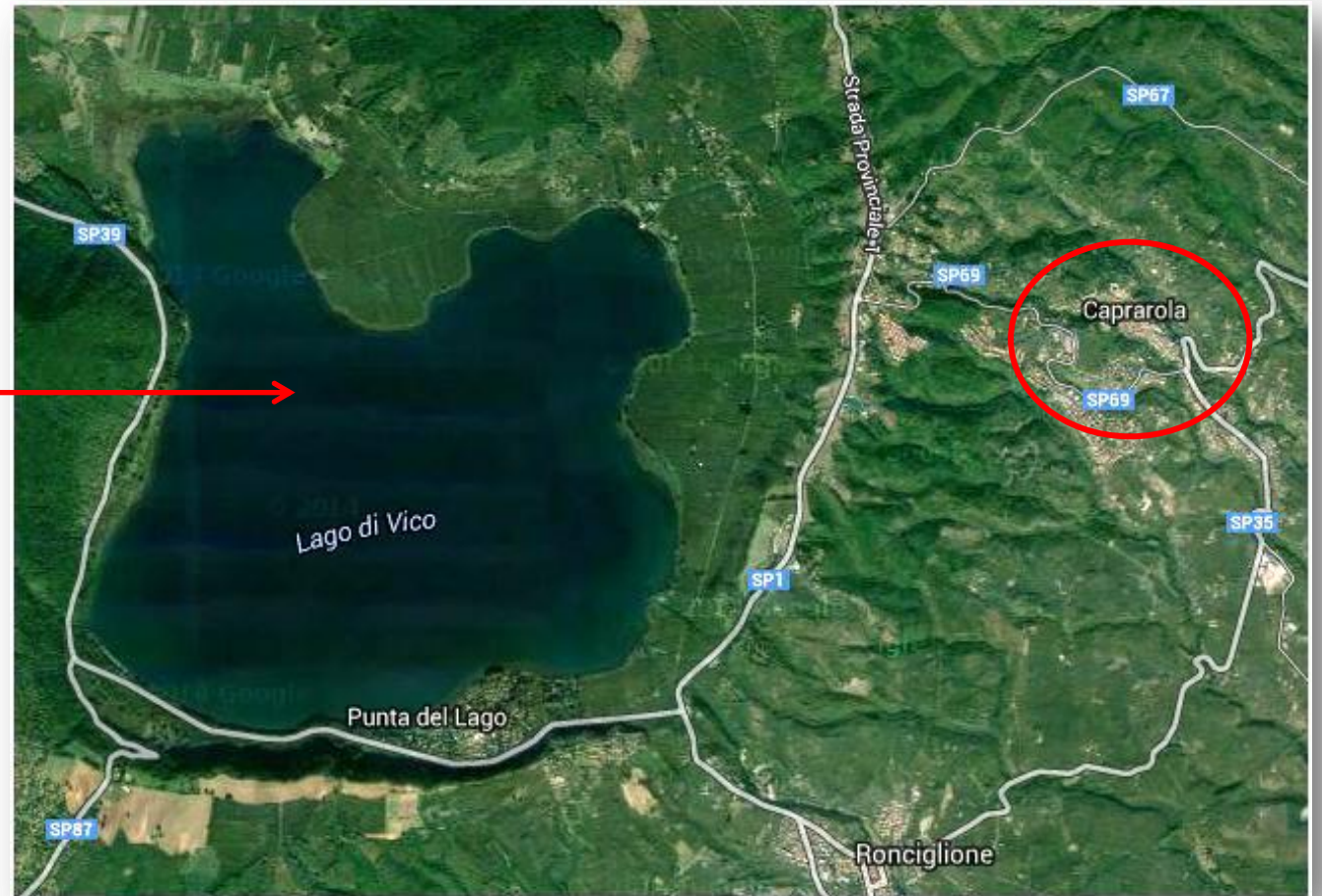
⇒ evidenziare correlazioni tra i valori di rendimento e i "parametri operativi"



Caso studio 1:  
Il Piano di Sicurezza  
dell'Acqua del  
Comune di Caprarola  
(VT)



# Localizzazione geografica del Comune di Caprarola (VT)



Lago di Vico  
superficie 13 km<sup>2</sup>

Caprarola (VT)  
popolazione 5600 ab

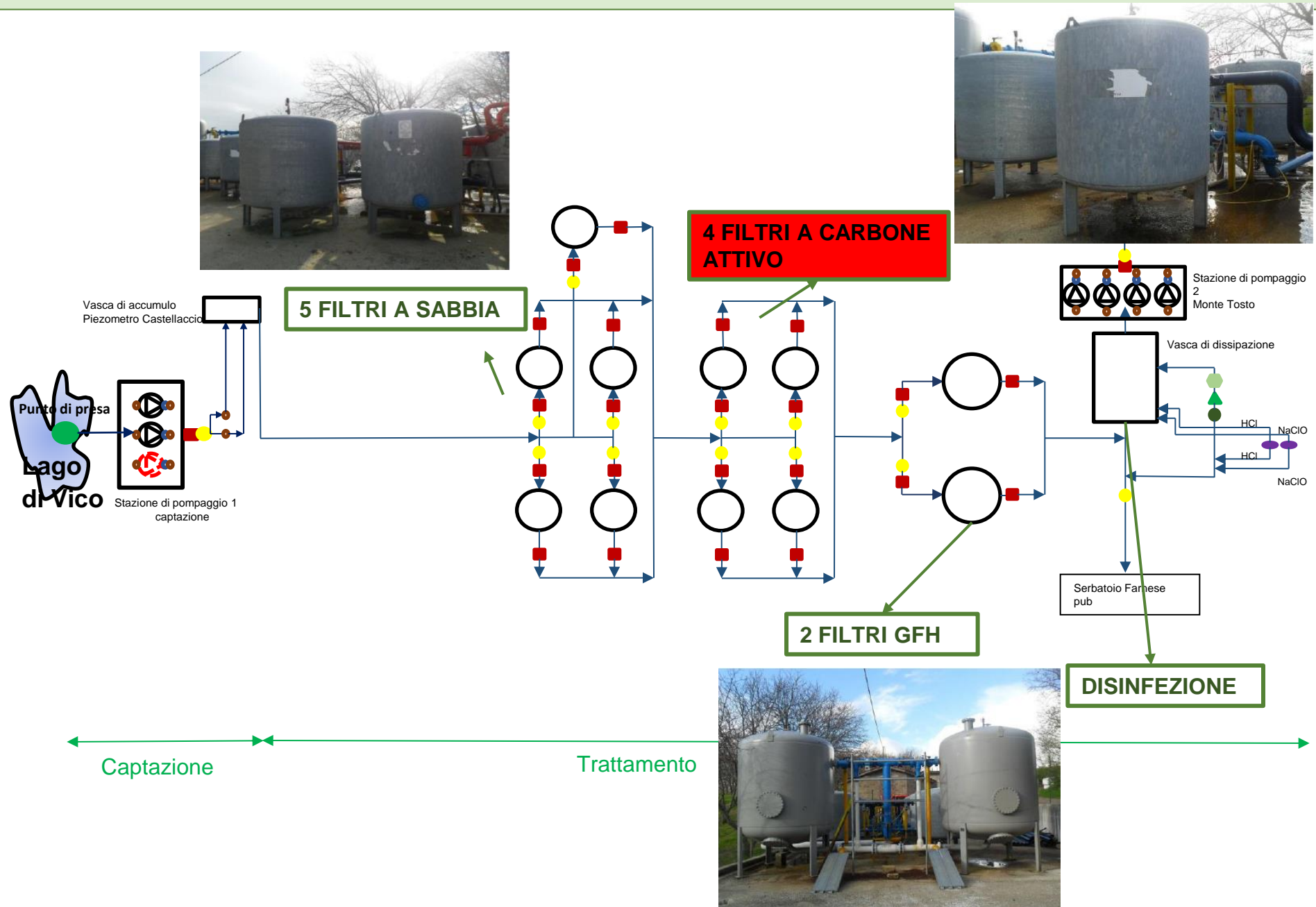
# Descrizione del sistema idrico



Cianobatteri  
Cianotossine  
Arsenico

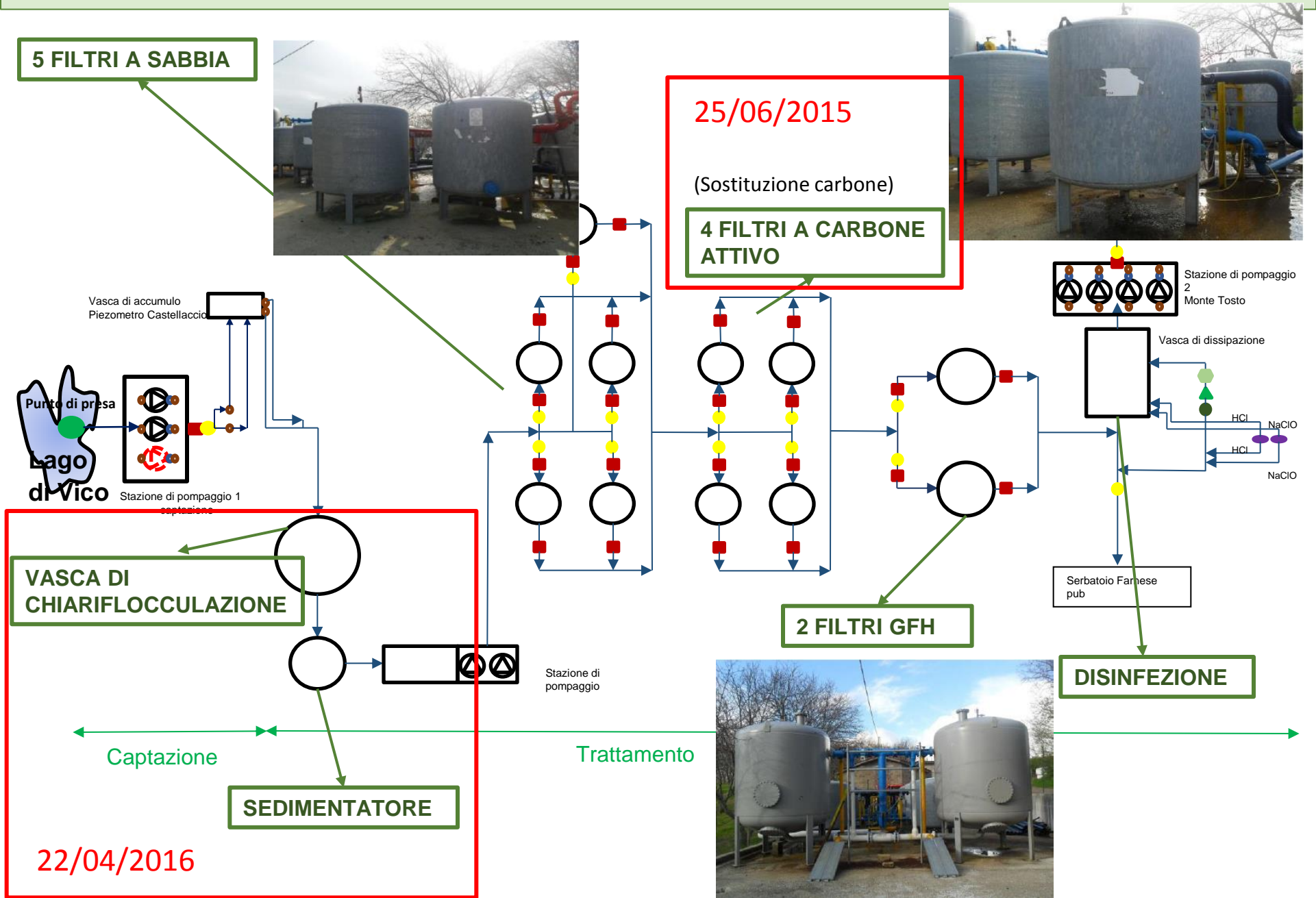


# IMPIANTO: TRATTAMENTI PRE UPGRADE

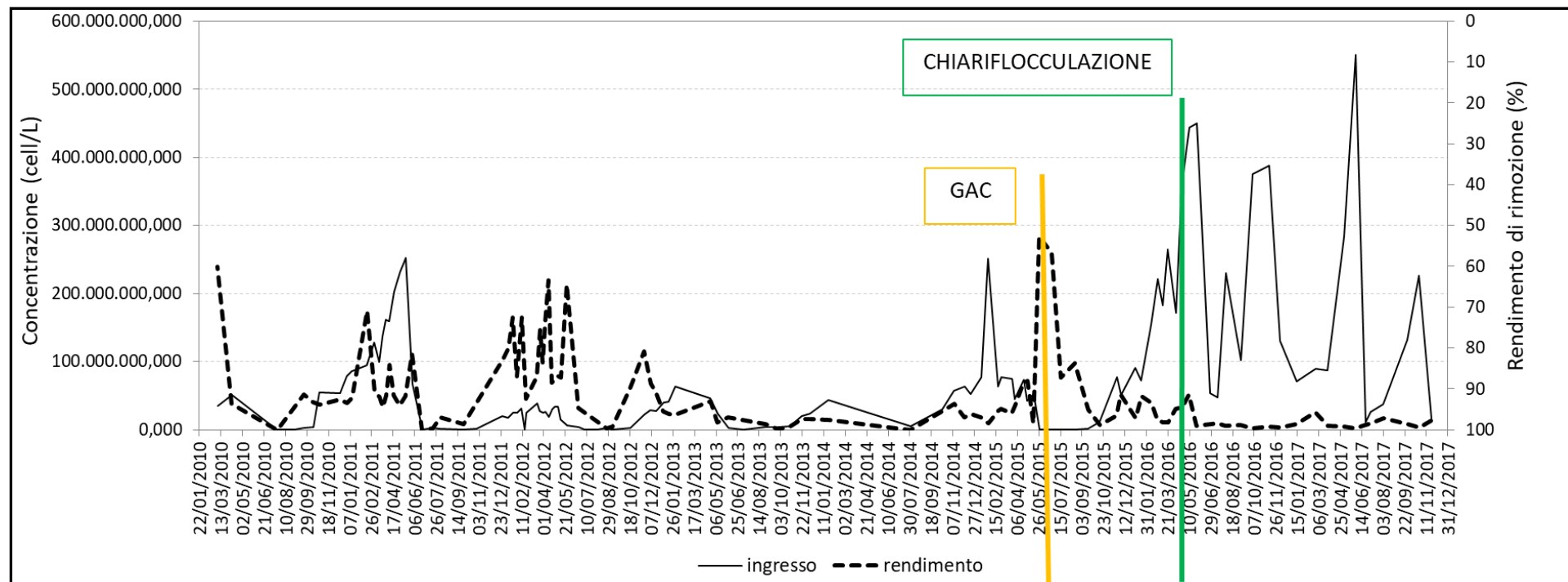




# IMPIANTO: TRATTAMENTI POST UPGRADE

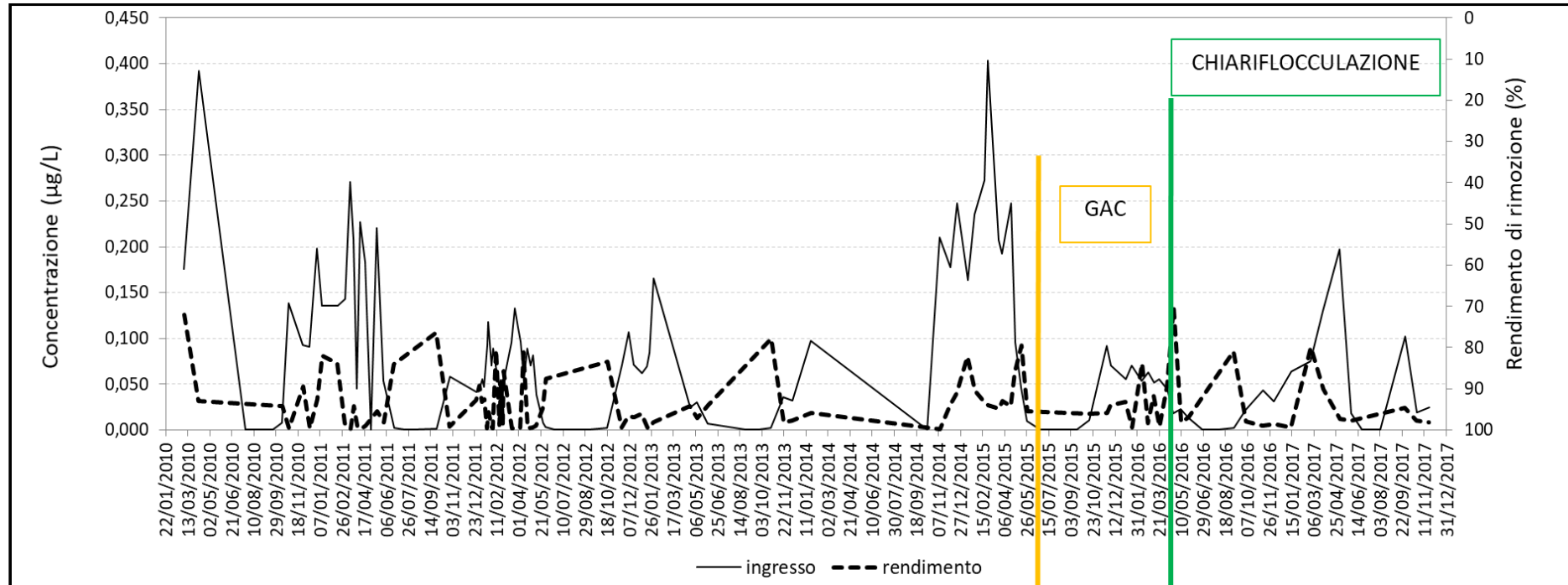


## RISULTATI: CIANOBATTERI TOTALI (rendimento)



- Concentrazioni in ingresso in aumento dal 2015;
- Rendimento di rimozione medio **prima** degli interventi di upgrade pari a 89%;
- Rendimento di rimozione medio **dopo** gli interventi di upgrade pari a 95%;
- **Lieve miglioramento dopo aggiunta misure di controllo.**

## RISULTATI: MC,RR (rendimento)



- Concentrazioni in ingresso in diminuzione dal 2015;
- Rendimento di rimozione medio **prima** degli interventi di upgrade pari a 90%;
- Rendimento di rimozione medio **dopo** gli interventi di upgrade pari a 93% (dopo 15/07/2015).
- **No miglioramento dopo aggiunta misure di controllo.**

# Identificazione di eventi pericolosi, pericoli e rischi

## GRAVITÀ DELLE CONSEGUENZE

- 1. Insignificante:** Nessuna contaminazione dell'acqua e nessun effetto sulla salute
- 2. Minore:** Non conformità temporanea di alcuni parametri indicatori, senza correlabili effetti sulla salute
- 3. Moderata:** Non conformità prolungata di alcuni parametri indicatori, senza correlabili effetti sulla salute
- 4. Grave:** Non conformità di alcuni parametri chimici, con correlabili effetti sulla salute a lungo termine
- 5. Molto grave:** Non conformità di alcuni parametri chimici e/o microbiologici, con correlabili effetti sulla salute a breve e/o a lungo termine

## PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO

- 1. Raro:** 1 volta ogni 5 anni
- 2. Improbabile:** 1 volta ogni anno
- 3. Moderato:** 1 volta ogni mese
- 4. Probabile:** 1 volta a settimana
- 5. Quasi certo:** 1 volta ogni giorno

# Identificazione di eventi pericolosi, pericoli e rischi

MATRICE DI RISCHIO							
<b><math>R = P \times G</math></b>			Gravità delle conseguenze				
			Nessuna/ Insignificante	Minore	Moderato	Grave	Molto grave
			1	2	3	4	5
Probabilità di accadimento	Raro	1	1	2	3	4	5
	Improbabile	2	2	4	6	8	10
	Moderato	3	3	6	9	12	15
	Probabile	4	4	8	12	16	20
	Quasi certo	5	5	10	15	20	25
Punteggio del rischio			< 6	6-9	10-15	> 15	
Valutazione del rischio			Basso	Medio	Alto	Molto alto	

# Identificazione di eventi pericolosi, pericoli e rischi (assenza misure di controllo)

Macro-fase	Comparto	Evento pericoloso	Pericolo	P	G	R	Livello di rischio
Captazione	Lago di Vico	Presenza di cianobatteri nell'acqua	Presenza di cianotossine	3	5	15	Alto
Trattamento	Filtri GAC	Presenza di cianobatteri nell'acqua grezza	Presenza di cianotossine	5	5	25	Molto alto
Distribuzione	Serbatoio	Atti di vandalismo	Contaminazione chimica e microbiologica dell'acqua	1	5	5	Basso

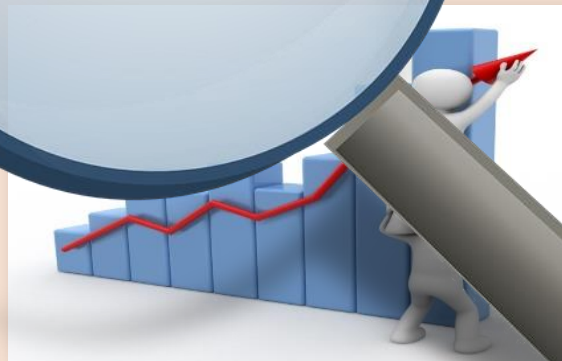
# Il Piano di Sicurezza dell'Acqua: piano di miglioramento

## 4. Identificazione e validazione delle misure di controllo esistenti e ricalcolo del rischio

**Misure di controllo** = Azioni compiute dai tecnici, **tecnologie e trattamenti** che hanno lo scopo di mitigare il rischio di contaminazione fisica, chimica, microbiologica e radiologica dell'acqua in un sistema di approvvigionamento

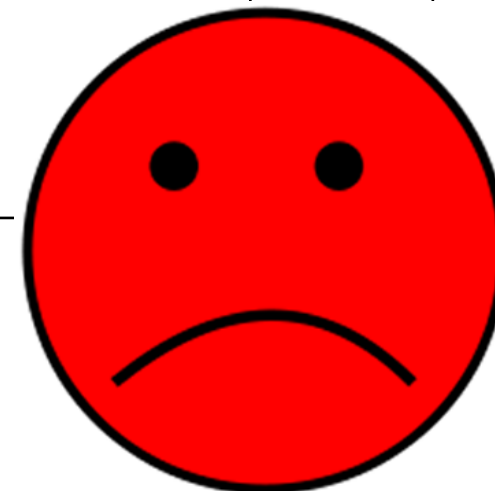


## 5. Sviluppo di un piano di miglioramento/*upgrade*



# Identificazione e validazione delle misure di controllo ESISTENTI e ricalcolo del rischio (con misure di controllo esistenti)

Macro-fase	Comparto	Evento pericoloso	Pericolo	R	Livello di rischio	Misura di controllo	Validazione		P	G	R	Livello di rischio
							Efficacie	Non efficacie				
Trattamento	Filtri GAC	Presenza di cianobatteri nell'acqua grezza	Presenza di cianotossine	25	Molto alto	FILTRO GAC		X	3	5	15	Alto





# Piano di miglioramento: upgrade della tecnologia esistente

## Carbone attivo granulare



## SUI FILTRI IN ESERCIZIO

- Verifica della portata
- Verifica delle caratteristiche del materiale adsorbente
- Verifica dell'efficienza di rimozione degli inquinanti disciolti
- Verifica della capacità adsorbente
- Verifica della durata del ciclo di «adsorbimento»
- Verifica dell'efficienza dei controlavaggi

## PROVE LABORATORIO (ottimizzazione GAC)

- Isoterme di adsorbimento
- Test di adsorbimento in colonna

# Piano di miglioramento: upgrade della tecnologia esistente



NORIT GAC 1240    NORIT ROW 0.8 SUPRA

## Carbone attivo vergine vegetale NORIT ROW 0.8 SUPRA (in uso)

- rendimenti di rimozione della cianotossina demetil-MC-RR pari al 65 - 70%
- Rendimenti di rimozione della cianotossina Anabaenopeptin A molto variabili (dal 23 al 100%)
- esaurimento dopo circa un mese di funzionamento della colonna

## Carbone attivo vergine minerale NORIT GAC 1240:

- rendimenti di rimozione delle cianotossine demetil-MC-RR e Anabaenopeptin A sempre pari al 100%
- esaurimento dopo circa un mese di funzionamento della colonna

# Piano di miglioramento/*upgrade*: proposta di NUOVE misure di controllo

Macro-fase	Comparto	Evento pericoloso	Pericolo	Misura di controllo esistente	Validazione		R	Livello di rischio	Nuova misura di controllo proposta
					Efficace	Non efficace			
Trattamento	Filtri GAC	Presenza di cianobatteri nell'acqua grezza	Presenza di cianotossine	Individuazione GAC alternativo efficace mediante prove in colonna					Sostituzione del carbone attuale con quello individuato come più efficace (GAC minerale mesoporoso) da prove in colonna



Sostituzione del carbone attuale con quello individuato come più efficace (GAC minerale mesoporoso) da prove in colonna

# Piano di miglioramento

- Le verifiche di funzionalità rappresentano uno strumento utile per supportare la definizione di un piano di miglioramento
- Nella definizione di un PSA hanno un ruolo prioritario per la validazione delle misure di controllo esistenti e la definizione di nuove misure di controllo
- E' necessario, dopo l'implementazione delle nuove misure di controllo, definire un adeguato piano di validazione delle stesse

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

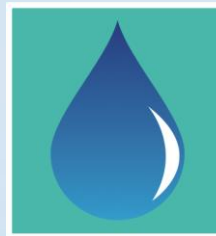
**CONTATTI:**

**Prof. Ing. Sabrina Sorlini**

**Indirizzo mail**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI BRESCIA



Gruppo di Lavoro  
Gestione impianti  
di depurazione  
Università degli Studi  
di Brescia



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PAVIA