Alcune notizie sul relatore:

P.I. Mario Tavanti, diplomato nel luglio 1976 presso l'ITIS di Arezzo.
Iscritto all'allora Collegio dei Periti industriali e dei Periti industriali Laureati della Provincia di Firenze dal 1996, al n° 2052.
Esercito la libera professione dalla data di iscrizione.
Durante la mia attività professionale, sia come dipendente di importanti Aziende del settore, sia in ragione dello svolgimento di incarichi professionali, mi sono sempre esclusivamente occupato di trattamento delle acque, sia potabili che di scarico; mi sono inoltre occupato di attrezzature e di strumenti utilizzati in questo settore.

Allegati da scaricare dal sito APIF:
D.Lgs 31/2001 con tabelle;
DM 174/2004;
DM 25 del 07/02/2012;

Regolamento servizio idrico integrato publiacqua_2017
Monografia-Caffaro sul biossido di cloro
Metodo DPD per la misura del cloro libero

Ordine dei periti industriali e
dei periti industriali laureati
della provincia di Firenze.
APIF - Firenze

Mario Tavanti
Perito Industriale

Specializzazione chimica industriale

Alcune informazioni:

L’argomento non è molto complesso ma è piuttosto vasto.

Le problematiche, oltre che aspetti chimici e impiantistici, riguarda aspetti microbiologici e fisici, alcuni aspetti riguardano l’automazione e la telematica.

Durante l’illustrazione dei vari argomenti, alcuni di questi saranno prima accennati e poi approfonditi nel prosieguo della trattazione.

22 aprile 2020

Seminario sul tema:

- ✓ Trattamenti di potabilizzazione;

Relatore

Mario Tavanti
Perito Industriale
Specializzazione chimica industriale

Ordine dei periti industriali e
dei periti industriali laureati
della provincia di Firenze.
APIF - Firenze

16 e 23 settembre 2020

Gli altri seminari previsti sull'argomento acque

- ✓ Corrosione negli impianti idraulici; 16 settembre 2020; durata 4 ore;
- ✓ Depurazione delle acque di scarico; 23 settembre 2020; durata 4 ore

Ordine dei periti industriali e
dei periti industriali laureati
della provincia di Firenze.
APIF - Firenze

Mario Tavanti
Perito Industriale

Specializzazione chimica industriale

Scopo del seminario

- Descrivere la pratica della potabilizzazione dal punto di vista della normalizzazione dei parametri chimici e fisici;

- Descrivere i vari processi utilizzabili per la potabiizzazione delle acque, evidenziando **vantaggi** e **svantaggi** di ogni processo.

- Descrivere i principali **metodi di controllo e analisi dei parametri** coinvolti i in un processo di potabilizzazione.

- Fornire alcuni **esempi di impianti e apparecchiature** impiegate per la realizzazione dei vari processi di potabilizzazione.

- Esemplificare il **dimensionamento di semplici impianti di potabilizzazione**, specialmente dei tipo descritti.

- Esaminare gli aspetti legati alla **gestione**, al **controllo** e alla **manutenzione** degli impianti.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Principali riferimenti Normativi:

- ✓ **D.Lgs. 31/2001**: disciplina la qualità delle acque destinate al consumo umano;
- ✓ **DM 174/2004**: Materiali da impiegarsi negli impianti per la produzione e distribuzione delle acque potabili;
- ✓ **DM 25 del 07/02/2012**: Apparecchiature e processi per la potabilizzazione delle acque;
- ✓ **D.Leg.vo 37/2008**: Norme per la realizzazione degli impianti per la distribuzione dell'acqua potabile nelle abitazioni; (solo per citazione)

***N.B.**: In realtà esistono molti altri Decreti, regolamenti ecc. che però sono superati perché per lo più inseriti nei provvedimenti più completi o recenti.*

Mario Tavanti
Perito Industriale

D.Lgs. 31 del 2 febbraio 2001

"Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualita' delle acque destinate al consumo umano"

Gazzetta Ufficiale n. 52 del 3 marzo 2001 - Supplemento Ordinario n. 41

Allegato 1; parte "A"	Parametri microbiologici:
Allegato 1; parte "B"	Parametri chimici: elenco parametri di cui si forniscono i limiti di concentrazione
Allegato 1; parte "C"	Parametri chimici e biologici indicatori: elenco parametri di cui si forniscono i limiti di concentrazione
Allegato 2, «A»; Allegato 2, «B1» Allegato 2, «B2» Allegato 3	Analisi di controllo; parametri raccomandatio Gestione e manutenzione degli impianti, frequenza minima; Analisi acque imbottigliate Specifiche esecuzione campionamenti ed analisi, precisione

Mario Tavanti
Perito Industriale

D.Lgs. 31 del 2 febbraio 2001

"Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualita' delle acque destinate al consumo umano"

Gazzetta Ufficiale n. 52 del 3 marzo 2001 - Supplemento Ordinario n. 41

Allegato II; controllo "Tab A"	**(riportate analisi microbiologiche o chimiche collegate)** - Ammonio; Nitriti - Clostridium perfringens (spore comprese) (Nota 2) - Escherichia coli (E. coli) - Ferro - Pseudomonas aeruginosa (Nota 4) - Conteggio delle colonie a 22°C e 37°C (Nota 4) - Batteri coliformi a 37°C - Torbidita' - Disinfettante residuo (se impiegato)
	Nota 2: Necessario solo se le acque provengono o sono influenzate da acque superficiali
	Nota 4 Necessario solo per le acque vendute in bottiglie o in contenitori.

Mario Tavanti
Perito Industriale

D.M. 174 del 6 aprile 2004

"Ministero della Salute. Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano."

Gazzetta Ufficiale n. 166 del 17 luglio 2004

- Compatibilità dei materiali utilizzati per la realizzazione degli impianti;
- Cessione all'acqua condotta delle sostanze che compongono i materiali impiegati per la realizzazione degli impianti (tubazioni, raccordi, pompe, serbatoi, filtri ecc), anche in relazione alle caratteristiche dell'acqua utilizzata;
- Cessione, ai reagenti immagazzinati o dosati, di sostanze che compongono gli impianti di dosaggio;

Mario Tavanti
Perito Industriale

D.M. 174 del 6 aprile 2004

"Ministero della Salute. Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano."

Gazzetta Ufficiale n. 166 del 17 luglio 2004

- All. I (Art. 5) : Metalli e loro leghe che possono essere utilizzati per la produzione di manufatti destinati a venire a contatto con acque destinate al consumo umano;
- All. II (Art. 5) : Materiali a base di leganti idraulici, smalti porcellanati, ceramiche e vetri che possono essere utilizzati …
- All. III (Art. 5) : Materie plastiche, gomme naturali e sintetiche che possono essere utilizzate ……
- All. III a: Materie Plastiche;
- All. III b: Gomme naturali o sintetiche;
- All. III c: Metodi analitici per le prove di cessione;
- All. IV (Art. 6): Elementi costitutivi del dossier di richiesta di autorizzazione d'impiego per un nuovo materiale od un nuovo costituente;

Mario Tavanti
Perito Industriale

Qualità dei reagenti impiegati negli impianti per il trattamento di potabilizzazione e disinfezione delle acque potabili (US National Research Council e del National Sanitation Foundation)

- Massimo contenuto di impurezze tollerabile nella composizione dei reagenti.

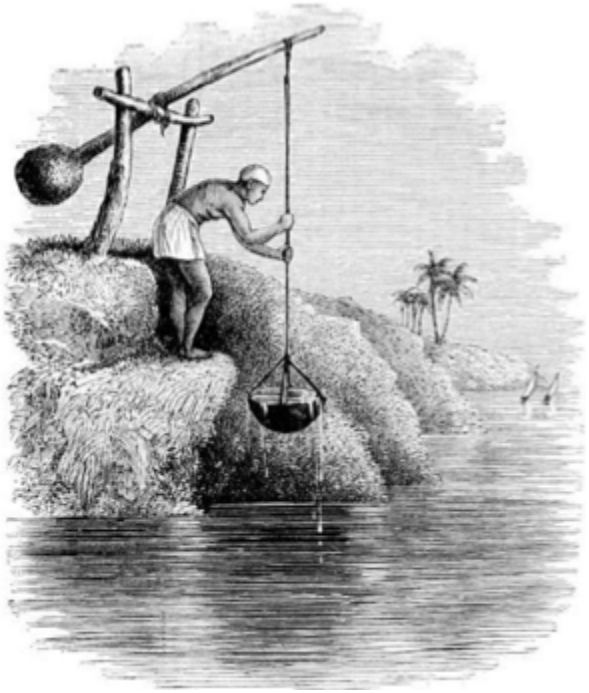
$$RMIC = \frac{PV \times 10^6}{MD \times SF}$$

RMIC = Raccomanded maximum impurity content (**Massima concentrazione impurezze raccomandata per il reagente**) (mg/Kg);
PV = Parametric value (**Concentrazione limite dell'impurezza nell'acqua**) (mg/l);
MD = Maximum dosage of the chemical **(Massimo dosaggio del reagente**)(mg/l);
SF = Saftey factor (**Fattore di sicurezza in %**) (10 = 10%);

Nel DM 25 del 07/02/2012 si fa riferimento alla considerazione che l'impiego dei reagenti nel settore potabilizzazione segue le stesse regole del settore alimentare.

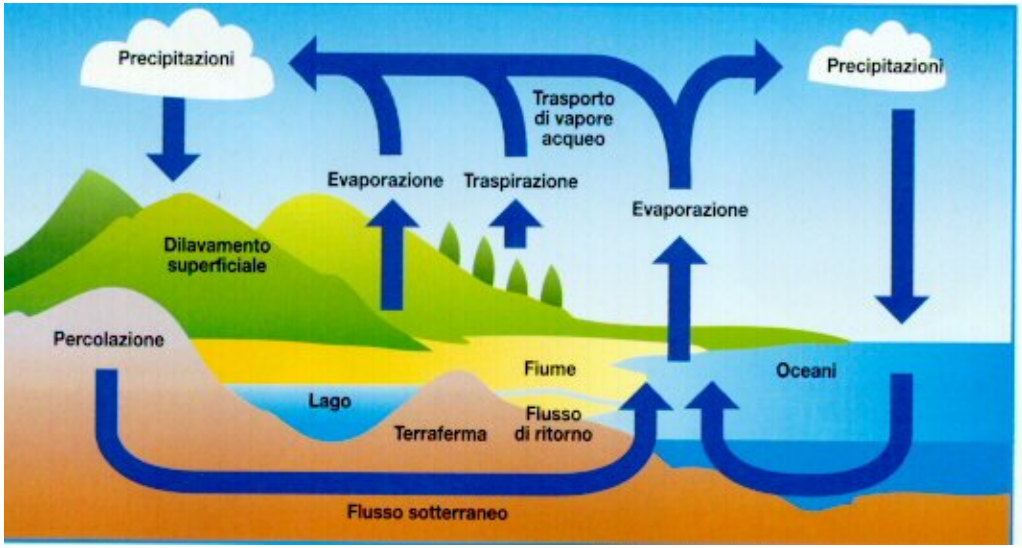
Mario Tavanti
Perito Industriale

L’acqua:
principali fonti di approvvigionamento



Mario Tavanti
Perito Industriale

Cenni sul ciclo naturale dell'acqua



Ciclo naturale dell'acqua: sono assenti, nello schema a lato, attori sempre più ingombranti: l'Uomo e gli animali*, con le sue attività e le sue esigenze:

- Necessità di acqua con caratteristiche chimico fisiche e microbiologiche controllate;
- Necessità di acqua per le sue attività; restituzione dell'acqua nell'ambiente con caratteristiche diverse dalle originali;

Anche quando vengono messe in opera tutte le tecniche attualmente disponibili per evitare o limitare l'inquinamento dell'ambiente, l'impatto delle attività antropiche tende a modificare più o meno profondamente e pesantemente la qualità delle acque naturali disponibili, con la necessità di sempre più nuovi e complessi processi di potabilizzazione

Mario Tavanti
Perito Industriale

*= Gli animali sono grandi consumatori di acqua.

Caratteristiche delle acque naturali

L'uomo ha subito negli anni le conseguenze della presenza, nelle acque naturali, di sostanze e, soprattutto, microorganismi, in grado di provocare disturbi più o meno gravi alla sua salute, o anche patologie gravi. Fattori aggravanti sono rappresentati da:

- Inurbamento e conseguente stretto contatto fra le persone;
- Concentrazione dei liquidi organici di risulta;
- Scarsa conoscenza delle regole igieniche basilari;
- Guerre e massicci spostamenti delle persone in ambienti non propri;
- Creazione di liquidi di risulta dalle attività produttive;

Lo sviluppo delle tecniche di indagine microbiologica, della scienza medica e della tecnica ha portato prima all'individuazione e poi alla soluzione di alcuni di questi problemi ed alla riduzione o alla scomparsa delle patologie a questi legati.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Un caso particolare

- ✓ Acque da acquedotto;

Anche le acque provenienti da acquedotto, garantite per la potabilità, devono essere controllate e le caratteristiche di potabilità devono essere mantenute negli impianti di distribuzione installati fra il contatore e il punto di utilizzo.

Nota bene: *Gli Enti che gestiscono gli acquedotti garantiscono la qualità dell'acqua erogata fino al punto di consegna (contatore), la responsabilità della qualità da quel punto in poi è del gestore dell'impianto* ***: proprietario dell'immobile, amministratore del condominio, locatore****.*

Mario Tavanti
Perito Industriale

Potabilizzazione:

- Per potabilizzazione si intende quell'insieme di processi chimici, fisici e biologici, destinati ad eliminare, dall'acqua da destinare ad uso alimentare o simile, sostanze o microrganismi che potrebbero indurre, negli Esseri Umani che la utilizzano, malattie o stati di disagio.

- L'acqua, intesa come alimento principale dell'Essere Umano, deve essere anche in grado di promuovere favorevolmente i fenomeni metabolici che ne richiedono l'utilizzo.

- L'acqua potabile deve avere un aspetto, odore e sapore gradevoli per favorirne l'utilizzo.

- L'acqua potabile, per raggiungere i punti di utilizzo, attraversa serbatoi, tubazioni, pompe ecc: le sue caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche devono essere perciò stabili e, comunque, tali da limitare al massimo l'insorgere, nei manufatti, di reinquinamento e di fenomeni indesiderati:

  - **Incrostazionl;**
  - **Corrosioni;**
  - **Formazione di biofilm;**

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile

Affinché possa essere consumata, l'acqua deve essere considerabile "potabile" anche dal punto di vista microbiologico.

Le caratteristiche dell'acqua potabile sono regolamentate dal **D. Lgs. 31/2001** e dal **D. Lgs. 27/2002** , (D.P.R. 236/88); essi disciplinano la qualità dell'acqua a uso umano, sotto molteplici aspetti, fra i quali ci interessa approfondire quelli legati alle condizioni:

Chimico - fisiche;
Microbiologiche;

Le due famiglie di condizioni sono collegate:

Per influire sulle condizioni microbiologiche dell'acqua, al fine di potabilizzarla, dovremo variarne le condizioni chimico – fisiche, dosando reagenti, esponendo a radiazioni o filtrando l'acqua da potabilizzare.

Spesso, la **non potabilità** di un'acqua dal punto di vista **chimico-fisico**, si accompagna alla non potabilità dal punto di vista **microbiologico**.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Potabilizzazione acque: La disinfezione

Le acque destinate al consumo umano devono essere salubri e pulite. Non devono contenere microrganismi e parassiti, né altre sostanze, in quantità o concentrazioni tali da rappresentare un potenziale pericolo per la salute umana".
Per legge è quindi fissata la verifica di diversi parametri (e dei loro valori limite) di tipo fisico, chimico e microbiologico.

Importante:

- Disinfezione iniziale
- Disinfezione di copertura

Importante:

- La sterilizzazione è un'altra cosa

Mario Tavanti
Perito Industriale

Parametri microbiologici:

Coliformi totali:

Sono diffusi nel suolo, nelle acque e nell'ambiente in generale e parte di loro sono ospiti abituali dell'intestino dell'**uomo** e degli **animali**. 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.

Escherichia Coli:

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**.
Devono essere **assenti in 100 ml** (in 250 ml per le acque imbottigliate) di campione analizzato.

Streptococchi - Enterococchi:

Sono anch'essi ospiti abituali dell'intestino dell'**intestino umano** e **animale,** 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.
Devono essere **assenti in 100 ml** (in 250 ml per le acque imbottigliate) di campione analizzato.

Clostridium perfinges:

La maggior parte dei clostridi è saprofita e vive negli strati superficiali del suolo e nei sedimenti, alcune specie vivono nell'intestino di animali, compreso l'uomo. Sono presenti nelle acque se l'inquinamento non è recente, poiché producono spore termoresistenti e stabili nell'ambiente.
Devono essere **assenti in 100 ml** di campione analizzato.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Parametri microbiologici:

Colonie a 37°C

Evidenziano germi appartenenti alla flora mesofila d'origine umana o animale rilevabili anche negli strati superficiali del terreno. Non ha un valore limite, ha un **valore di riferimento di 10 UFC /ml** di campione analizzato. Per le acque imbottigliate 20 UFC/ml.

Colonie a 22°C

Evidenzia specie microbiche sporigene, cromogene, putrefattive ecc. abbondanti negli strati superficiali del suolo e facilmente adattabili all'ambiente idrico. Non ha un valore limite, ha un **valore di riferimento di 100 UFC/ml** di campione. Per le acque imbottigliate 100 UFC/ml.

Pseudomonas Aeruginosa:

Microrganismo prettamente ambientale, elevata capacità di adattamento, rilevabile anche in acque potabili, in particolare in condizioni di stagnamento dell'acqua. È in grado di installarsi nei serbatoi, nei rompigetto dei rubinetti e nelle apparecchiature ad uso domestico per il trattamento di acque potabili, raggiungendo cariche batteriche anche elevate.

Devono essere **assenti in 100 ml** (in 250 ml per le acque imbottigliate) di campione analizzato.

Nota bene: Alcuni batteri ambientali sono in grado di sopravvivere e moltiplicarsi nell'ambiente acquatico, comprese le acque potabili. I più noti sono rappresentati da Aeromonas spp., Pseudomonas aeruginosa, Legionella, amebe e micobatteri ambientali. Altri organismi, come Giardia e Cryptosporidium, sono in grado di produrre cisti e oocisti, cioè forme infettive resistenti ai trattamenti che l'acqua subisce prima di essere immessa nelle reti di distribuzione.

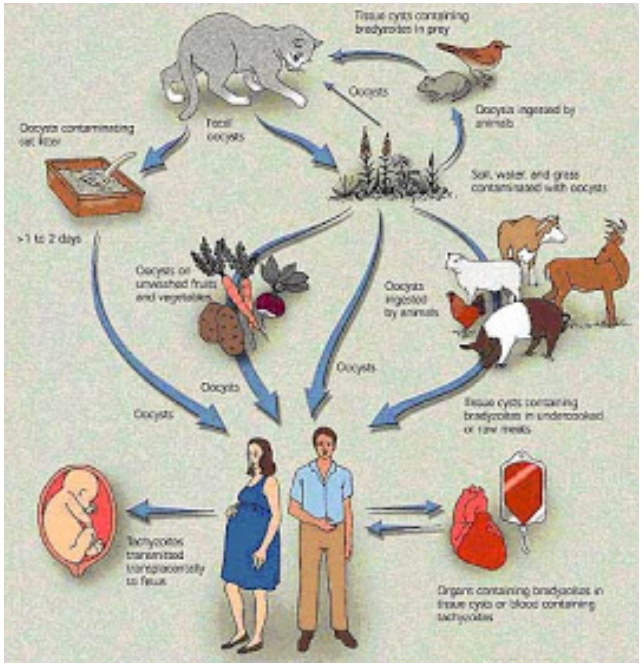
Mario Tavanti
Perito Industriale

Altri microorganismi presenti nelle acque

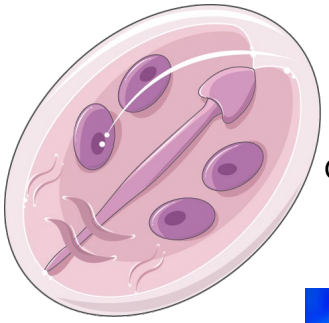
Alcuni **batteri ambientali** sono in grado di sopravvivere e moltiplicarsi anche nelle **acque potabili**. I più noti:

Aeromonas* spp**, ***Pseudomonas aeruginosa, ***Legionella***, **amebe** e **micobatteri ambientali**.

Altri organismi, come *Giardia* e *Cryptosporidium*, possono produrre cisti e ococisti: forme infettive resistenti ai trattamenti di potabilizzazione che l'acqua subisce.



Schema di diffusione dei batteri ambientali



Giarda intestinalis

Legionella pneumophila

Mycobacterium tuberculosis
o "Bacillo di Koch"

Ameba "Mangiacervelli"

Mario Tavanti
Perito Industriale

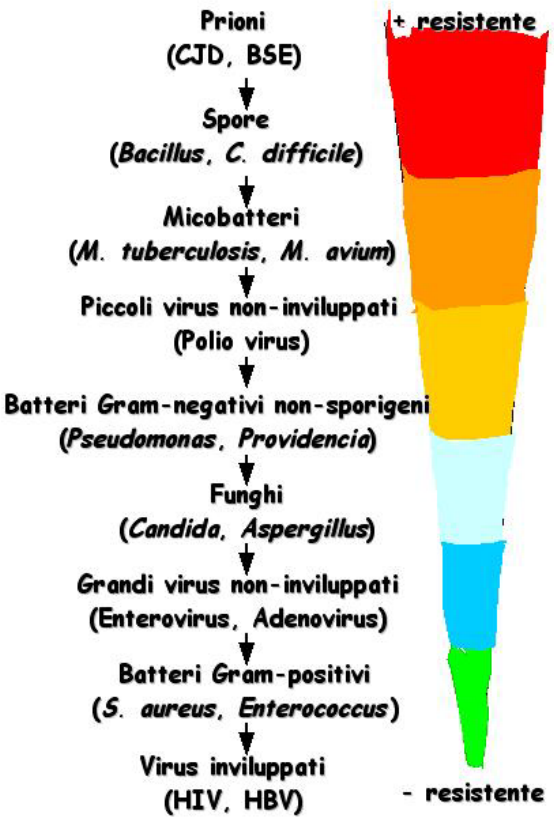
La disinfezione dell'acqua potabile

Altre specie microbiche che possono trovarsi nelle acque inquinate da residui biologici di organismi infetti, sono invece molto pericolosi:

Virus: Enterovirus, Norovirus, Adenovirus, Epatite E ed A, Rotavirus;

Salmonelle: Tifo

Vibrioni: Colera



Resistenza dei microrganismi alla disinfezione

Mario Tavanti
Perito Industriale

Malattie trasmesse attraverso l'acqua

- Batteri patogeni, virus e parassiti protozoari sono tra i più comuni e diffusi rischi per la salute dell'acqua potabile.
- I microrganismi passano agli esseri umani attraverso acqua contaminata, gocce d'acqua, aerosol prodotto durante lavaggi o bagni.
- Microrganismi patogeni presenti o diffusi dall'acqua possono causare malattie gravi e potenzialmente letali: **Febbre tifoide**; **Colera**; **Epatite A o E**.
- Altri microrganismi provocano malattie meno pericolose.
- Persone con bassa resistenza, anziani e bambini piccoli, sono più vulnerabili .

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile

Disinfettare significa:

Riportare entro i valori disposti dall'Autorità Sanitaria, la concentrazione dei microrganismi presenti nell'acqua che possono indurre disagi sanitari negli esseri umani che di quest'acqua si alimentano.

Coliformi totali e fecali:	assenti in 100 ml di campione analizzato
Escherichia Coli:	assenti in 100 ml di campione analizzato
Streptococchi - Enterococchi:	assenti in 100 ml di campione analizzato
Clostridium perfinges:	assenti in 100 ml di campione analizzato
Pseudomonas Aeruginosa:	assenti in 100 ml di campione analizzato

Nota Bene: il concetto di **assente in 100 ml di campione** non significa che, per esempio, in 1000 ml non si possa trovare una UFC (Unità Formante Colonia) della specie microbica considerata. L'analisi eseguita su 100 ml è statisticamente valida, in alcuni casi si esegue la ricerca su volumi maggiori.

La carica batterica saprofita non è necessario sia azzerata (sterilizzazione): normalmente non è responsabile di problematiche legate alla salute, almeno non su vasta scala.

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile
Meccanismi di disinfezione

La disinfezione viene condotta promuovendo i seguenti processi:

- ✓ Corrosione (lisi) della parete delle cellule dei microorganismi;
- ✓ Cambiamenti nella permeabilità delle cellule, tramite l'attività di enzimi o di protoplasma.
- ✓ Modifica il DNA o l'RNA .

I disturbi nell'attività delle cellule inducono i microorganismi a **non essere più in grado di moltiplicarsi** e ciò li indurrà a morire.

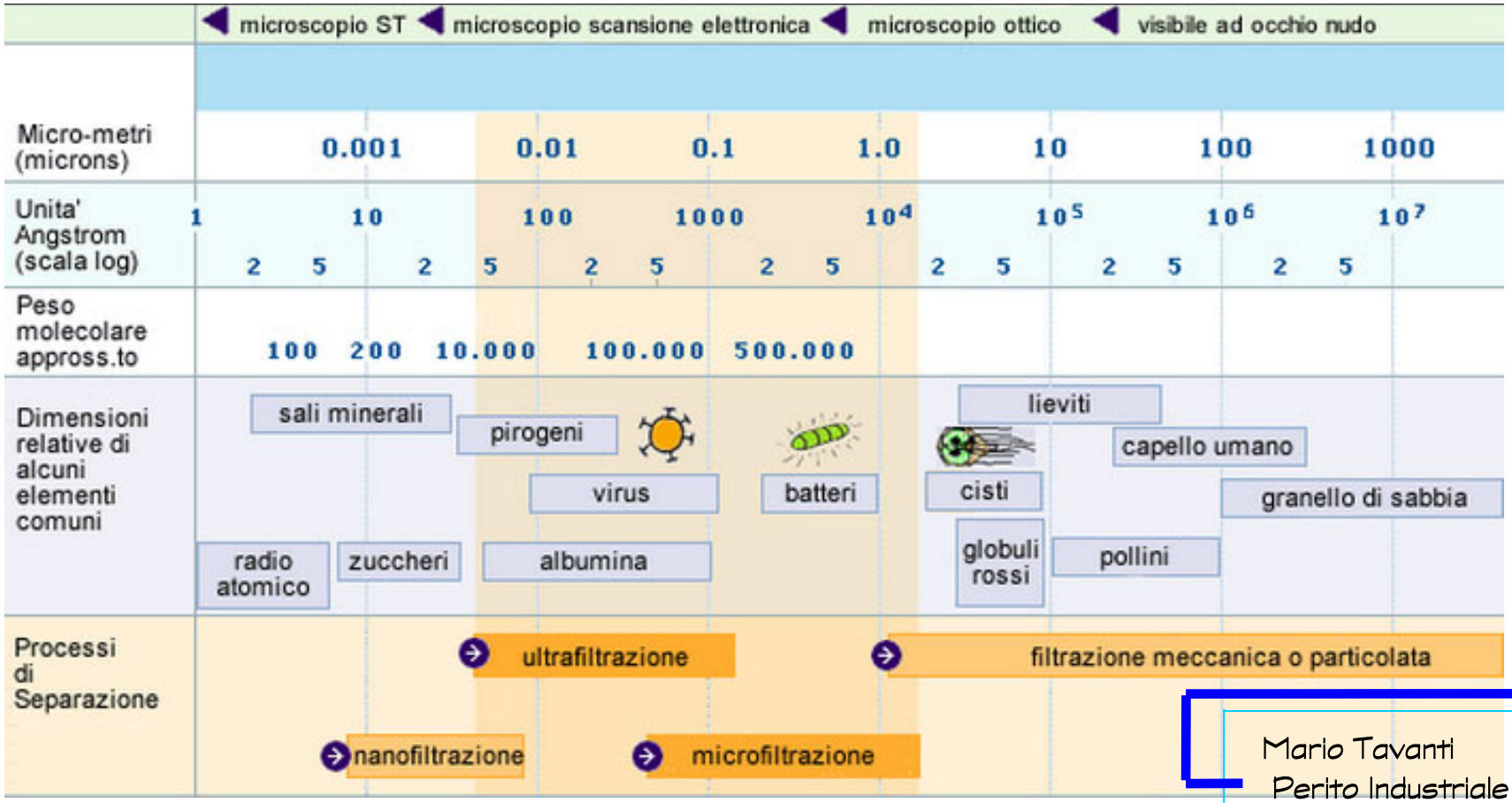
I disinfettanti ossidanti, demolendo la materia organica presente nell'acqua, causano una **mancanza o diversificazione delle sostanze nutrienti** e la conseguente morte dei microorganismi.

Anche la **modifica dell'ambiente da anaerobico ad aerobico** (aerazione), provoca problemi ai microorganismi, almeno a quelli anaerobici;

Mario Tavanti
Perito Industriale

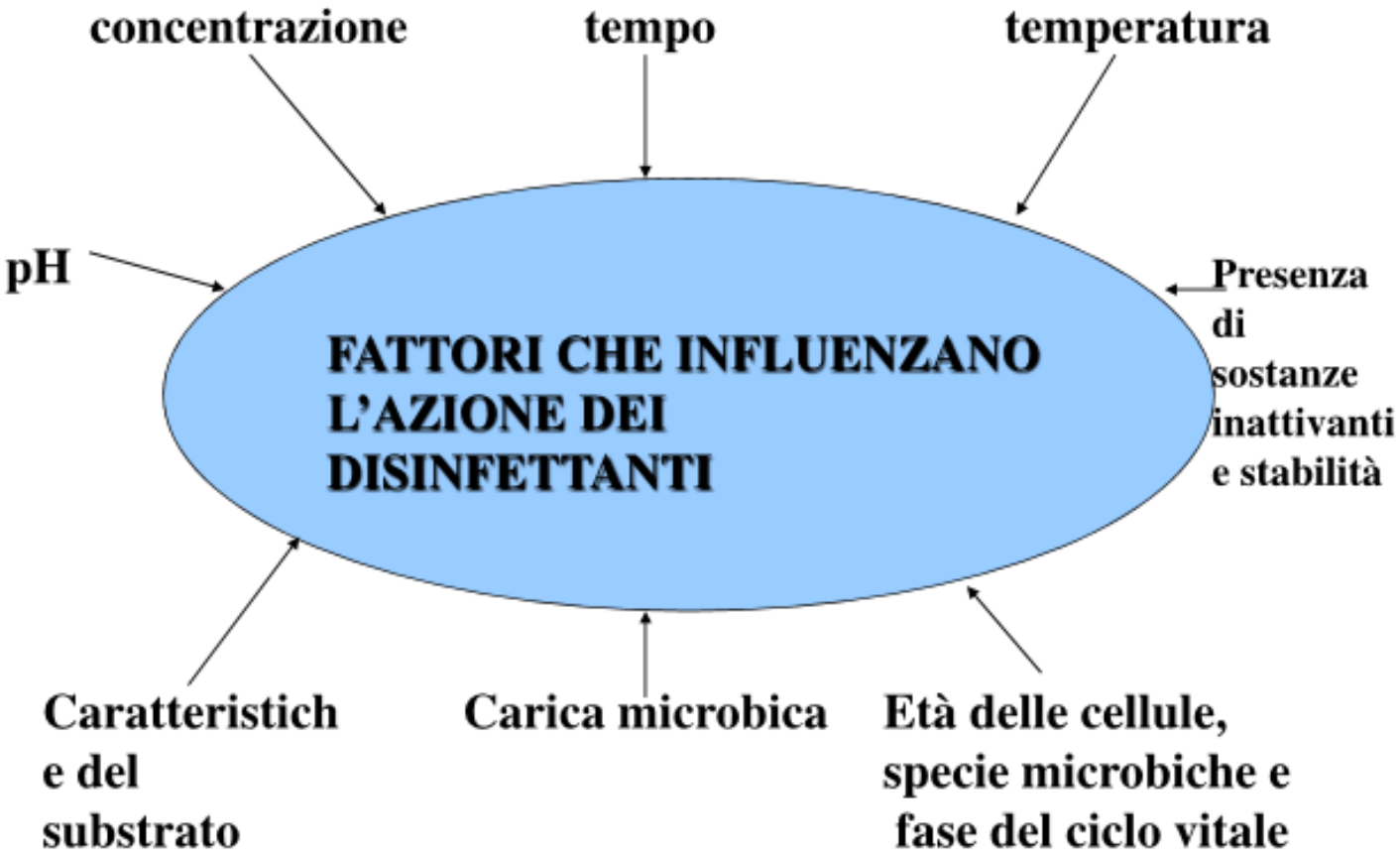
La disinfezione dell'acqua potabile
Meccanismi di disinfezione

La filtrazione è un metodo di disinfezione che può produrre acque di elevata qualità, assolvendo questa pratica sia alle fasi di potabilizzazione, che al trattenimento fisico dei microrganismi



Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua
Condizioni di reazione



Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile
parametri da considerare: **solidi e gas disciolti**

Nelle acque naturali sono disciolte quantità più o meno elevate di sali e gas, fra i più importanti, ai fini della disinfezione troviamo: **Sali di azoto**

La concentrazione di ammoniaca (o ione ammonio) e di ione nitrito, sono **indici di attività biologica in corso e l'attività biologica è indice di inquinamento più o meno recente**.
$NH_3 \leftrightarrow NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow (NO_3^-)$
(N.B.: Lo ione nitrato è tollerato solo entro certi limiti).

L'ammoniaca (o ione ammonio) si lega con l'ipoclorito per formare clorammine (cloro combinato) che ha un potere disinfettante molto minore.

L'ammoniaca (o ione ammonio) si può eliminare con l'ipoclorito portando la clorazione fino al breack point.
Oppure con trattamenti biologici

Lo ione nitrito è ossidato a nitrato da quasi tutti i disinfettanti che operano da ossidanti.

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile
parametri da considerare: **solidi e gas disciolti**

Nelle acque naturali sono disciolte quantità più o meno elevate di sali e gas, fra i più importanti, che interferiscono con disinfezione troviamo: **Sali di calcio e magnesio, anidride carbonica**

La durezza rappresenta la concentrazione di Sali di Ca e Mg, si misura in °F.
La durezza totale (DT), è la somma dalla frazione temporanea (carbonatica) e quella permanente (cloruri, nitrati, solfati ecc).
La durezza temporanea è responsabile delle incrostazioni dei manufatti che contengono l'acqua.
La durezza si misura con semplici metodiche chimiche: la complessometria.

Durezza temporanea (DT)

Rappresenta la frazione di durezza instabile, legata all'equilibrio del calcio e del magnesio con il carbonio.
Quando per vari motivi parte o tutta l'anidride carbonica viene allontanata dall'acqua, si ha precipitazione di **Carbonati di Calcio e Magnesio**.
Ai fini della disinfezione il fenomeno é importante:

- L'incrostazione è ricettacolo e protezione per i microrganismi anche patogeni.
- Per eliminare i microorganismi presenti nelle incrostazioni, si devono usare disinfettanti in grado di penetrarne a fondo lo spessore.
- Alcuni disinfettanti provocano l'aumento del pH e promuovono la precipitazione della durezza temporanea.

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile
parametri da considerare: **torbidità e gas disciolti**

Nelle acque naturali sono disciolte quantità più o meno elevate di solidi o gas, molto importanti, ai fini della disinfezione sono: **Torbidità, SST, acido solfidrico, metano**

Le particelle che provocano la torbidità nelle acque ne ostacolano la disinfezione perché:

- Proteggono i microorganismi che si possono trovare al loro interno;
- Mascherano la luce UV, riducendone l'efficacia (< dose UV);
- Consumano disinfettante riducendone la concentrazione localmente;

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile
parametri da considerare: **il pH**

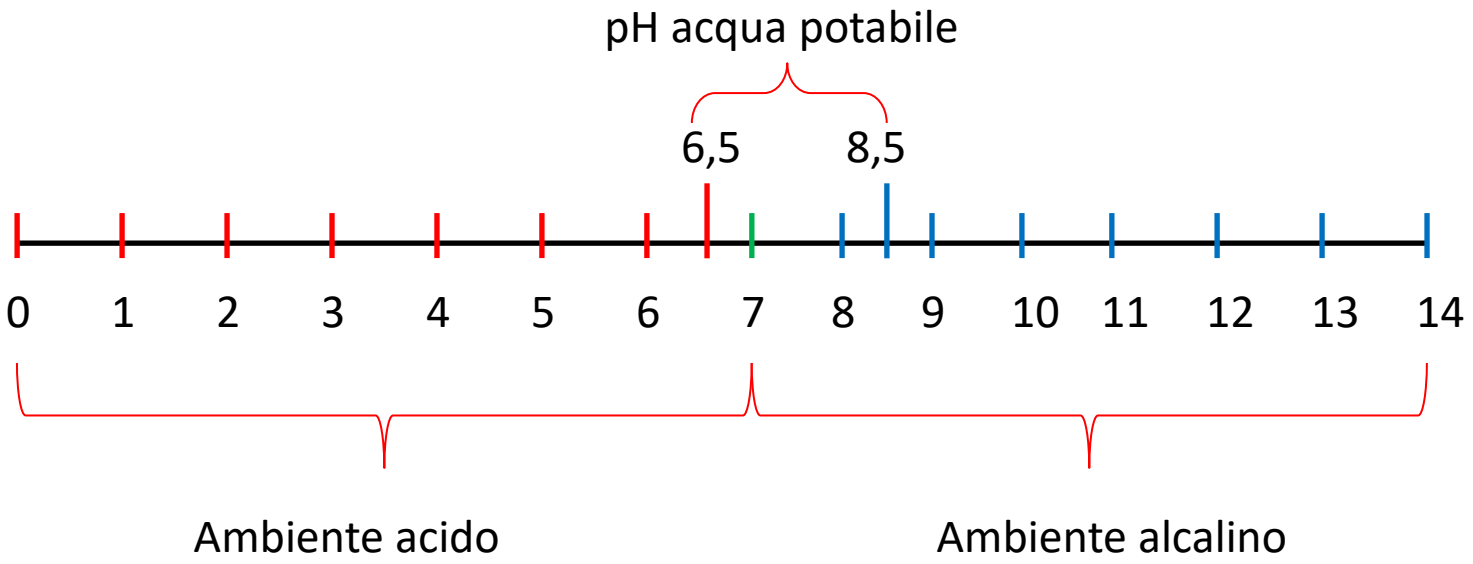
Il pH influenza più o meno pesantemente la velocità di reazione di tutti gli agenti disinfettanti, a parte il raggi UV

L'acqua naturale è chimicamente dissociata:

$$H_2O \leftrightarrow [H^+] + [OH^-] \qquad [H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

Il pH è il cologaritmo della concentrazione di ioni H^+ dell'acqua:

$$pH = -\log_{10} [H^+] \quad pH = 7 \text{ acqua neutra}$$



Il pH dell'acqua da sottoporre a trattamento è importante per stabilire il tipo di disinfettante da impiegare.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Disinfettanti chimici di più comune impiego

Mario Tavanti
Perito Industriale

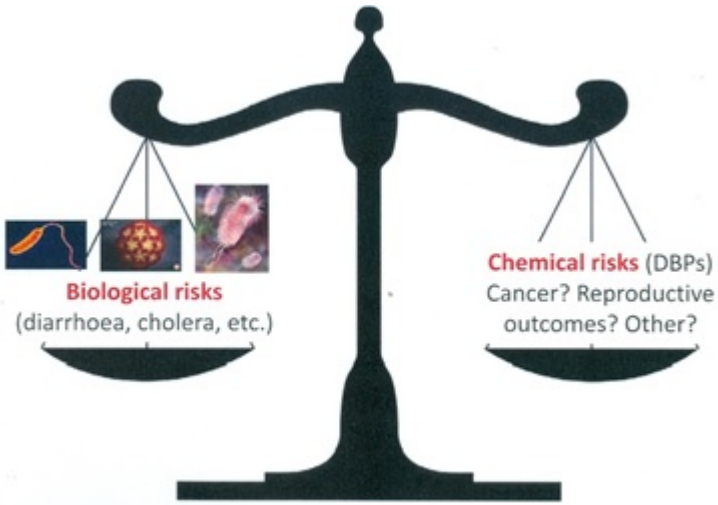
La disinfezione dell'acqua potabile

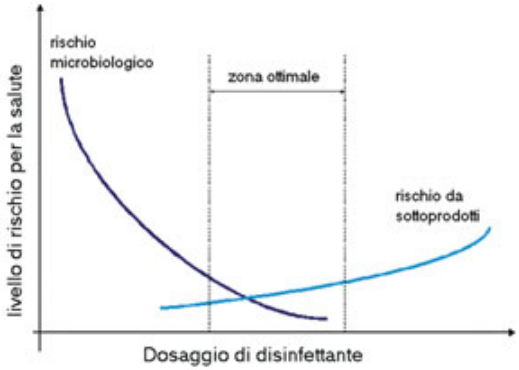
- ✓ La scelta di un prodotto disinfettante per l'acqua potabile rispetto ad un altro, dipende dai volumi in gioco, ovvero dall'economia di scala e, soprattutto, dalle **caratteristiche dell'acqua da trattare**.

- ✓ Il **disinfettante ideale** è quello che ha elevato potere germicida , minore formazione di sottoprodotti, produce una limitata o nulla alterazione organolettica all'acqua trattata.

- ✓ **Non esiste** un agente disinfettante allo stesso tempo efficace e che non generi sottoprodotti o alterazione del gusto;

- ✓ L'**Organizzazione Mondiale della Sanità**: *il rischio per la salute derivante da inquinamento microbiologico è* ***molto maggiore*** *rispetto a quello di bere acqua contenente tracce di sottoprodotti della disinfezione, la cui concentrazione è comunque tenuta sotto controllo dalle Autorità Sanitarie.*





Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile

Disinfettante	Sottoprodotti di disinfezione Organoalogenici	Sottoprodotti di disinfezione inorganici	Sottoprodotti di disinfezione non-alogenici
Cloro (Cl_2)/ acido ipocloroso (HOCl)	trialometani, acidi acetici alogenici, aloacetonitrili, cloro idrato, cloropicrina, clorofenoli, N-clorammine, alofuranoni, bromoidrine	clorati (soprattutto per applicazione di ipoclorito)	aldeidi, acidi alcanici, benzene, acidi carbossilici
Diossido di cloro (ClO_2)		clorito, clorato	non noto
Clorammine (NH_3Cl etc.)	aloacetonitrili, ciano clorina, cloroammine organiche, cloramino acidi, cloroidrati, alochetoni,	nitrito, nitrato, clorato, idrazina	aldeidi, chetoni
Ozono (O_3)	bromoformio, monobromina acido acetico, dibromina acido acetico, dibromina acetone, ciano bromina	clorato, iodato, bromato, perossido di idrogeno, acido ipobromoso, epossi, ozonati	aldeidi, chetoni, chetoacidi, acidi carbossidilici
Acido peracetico	n.c.	Perossidi;	Acidi carbossilici
Sali di argento o rame argento	n.c.	Argento e altri metalli originati da corrosione	n.c.

Clorammine: ancora oggetto di valutazione, soprattutto per sottoprodotti che generano;
Acido Peracetico e Sali di argento: utilizzo per lo più industriale;

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile

CT:
Indica il tempo del contatto fra il disinfettante ed il microorganismo e la concentrazione del disinfettante impiegato. E' usato per calcolare la concentrazione che è necessaria per disinfettare adeguatamente l'acqua. **C** è la concentrazione residua finale del disinfettante chimico in mg/L. **T** si riferisce al tempo minimo di contatto (minuti), del materiale da disinfettare.
Quindi, le unità di **CT** sono espresse in mg-min/l.
CT = concentrazione disinfettante x tempo di contatto = C [mg/L] x T [minuti]

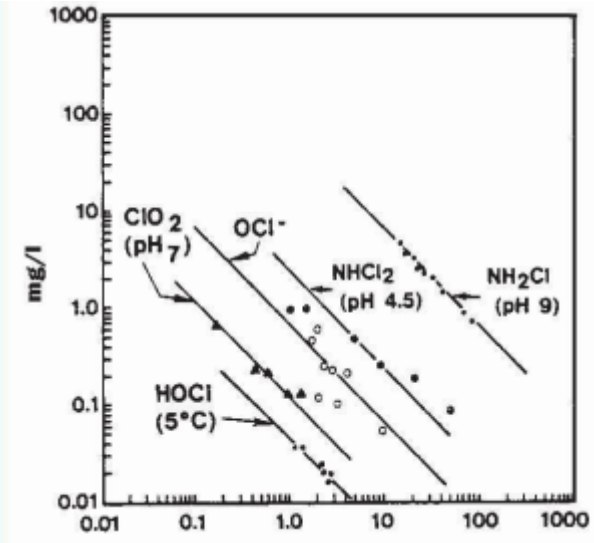
MICRORGANISMO	Cloro (pH = 6-7)	Clorammine (pH= 8-9)	Biossido di cloro (pH= 6-7)	Ozono (pH=6-7)
E. Coli	0,034-0,05	95-180	0,4-0,75	0,02
Polio 1	1,1-2,5	768-3740	0,2-6,7	0,1-0,2
Rotavirus	0,01-0,05	3806-6476	0,2-2,1	0,006-0,06
Fago f_2	0,08-0,18	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**
Cisti di G. lamblia	47-150	2200 ∞	26 ∞	0,5-0,6
Cisti di G. muris	30-630	1400	7,2-18,5	1,8-2,0
Criptosporidium parvum	7200*	7200◊	78◊	5-10*

∞ Inattivazione del 99,9% a pH= 6-9 ◊ inattivazione del 90% a pH=7 e 25°C
* Inattivazione del 99% a pH=7 e 25°C **n.d.** Non disponibile

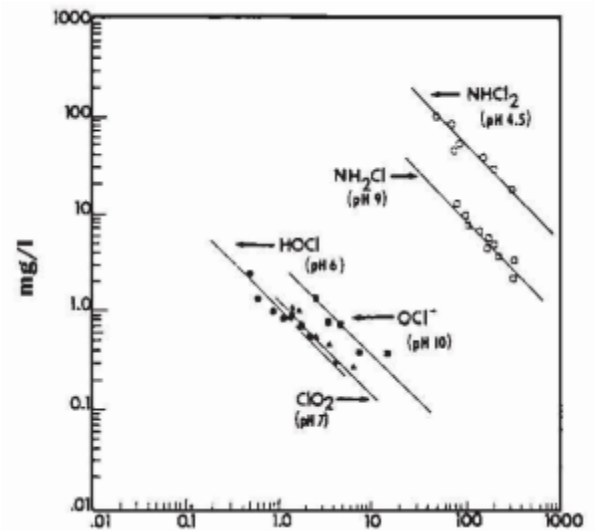
Tabella 01: coefficiente **CT**

Mario Tavanti
Perito Industriale

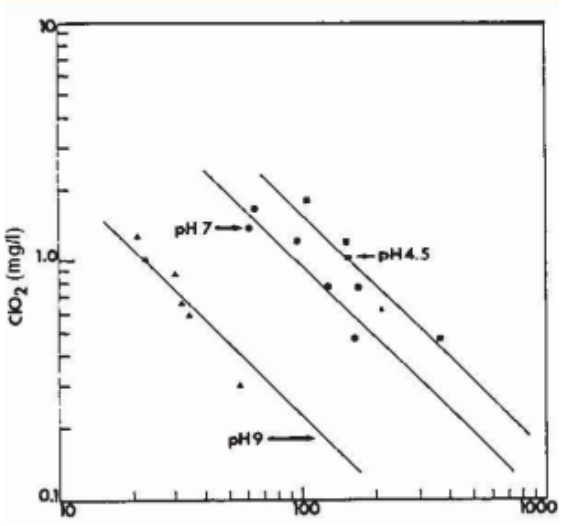
La disinfezione dell'acqua potabile



A) Tempo in minuti per l'inattivazione del 99% dell'Escherichia Coli



B) Tempo in minuti per l'inattivazione del 99% del Poliovirus 1



Effetto del pH sull'efficienza di inattivazione del Poliovirus 1 con biossido di cloro.
Tempo in sec. Per l'inattivazione del 99% dei virus

Disinfettante	Efficienza biocida	Stabilità	Effetto del pH (valori pH 6÷9)
Ozono	1	4	Scarsa influenza
Biossido di cloro	2	2	Aumenta leggermente con il pH
Cloro (acido ipocloroso)	3	3	Diminuisce notevolmente all'aumento delpH
Clorammine	4	1	Scarsa influenza

Scala della stabilità inversamente proporzionale al valore: 1 = massima; 4 = minima

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile: Disinfettanti chimici a base di **cloro**

- Cloro gas;
- Ipoclorito di sodio;

} Acido ipocloroso;

- Clorammine;
- Biossido di cloro;

Mario Tavanti
Perito Industriale

Disinfezione con Cloro gas

Dosando cloro gas in acqua:

$$Cl_2 + 2H_2O \rightarrow 2\ HOCl + H^+$$

Si ottiene direttamente **acido ipocloroso** e si **acidifica** l'acqua trattata.

La disinfezione con cloro gas è **più efficace rispetto a quella condotta con ipoclorito**, riuscendo ad abbassare il pH dell'acqua trattata.
L'agente disinfettante è comunque l'acido ipocloroso, la cui concentrazione relativa dipende dal pH della matrice liquida .

Le attrezzature che impiegano cloro gas devono essere utilizzate da personale dotato di apposito patentino.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Disinfezione con ipoclorito di sodio

L'**ipoclorito di sodio** è il sale di sodio dell'acido ipocloroso. La sua formula chimica:

NaClO

Diluito dall'1% al 25% circa, in acqua, di colore giallo-paglierino e dal caratteristico odore penetrante, è noto nell'uso comune come sbiancante e disinfettante, con i vari nomi:

Candeggina; Varichina; Amuchina; Nettorina; Acquetta; Neveina;
Acqua di Javel (quartiere di Parigi dove iniziò la produzione, alla fine del 1700, come sbiancante per l'industria tessile);
Acqua di Labarraque (chimico che intorno al 1820 ne studiò le proprietà disinfettanti);

Dall'inizio del XIX secolo, l'ipoclorito di sodio è comunemente utilizzato come disinfettante. Più tardi come disinfettante per e acque potabili.

Verdunisation: metodo di disinfezione delle acque sviluppato da Philippe Bunau- Varila . Si svolge per clorazione; è stato testato per la prima volta nella regione di **Verdun** e in particolare durante l'assedio del Settembre 1916, durante e dopo la prima guerra mondiale l'area era particolarmente vulnerabile alle epidemie a causa dell'assedio, della guerra e della presenza di una moltitudine di cadaveri umani e animali nei corsi d'acqua.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Disinfezione con ipoclorito di sodio

Il dosaggio di ipoclorito di sodio provoca la formazione, nell'acqua trattata, di due specie chimiche in equilibrio fra di loro:

Acido Ipocloroso ↔ Ipoclorito : $HClO \leftrightarrow OCl^-$

$HOCl \leftrightarrow H^+ + OCl^-$

L'acido ipocloroso è l'agente disinfettante (ossidante) più efficace fra i due ed è presente in concentrazioni decrescente fino a pH < 8,5

VANTAGGI

Semplicità impianti di dosaggio;
Molto economico;
Azione protratta nel tempo;

SVANTAGGI

Dipendenza dal pH dell'acqua trattata: a pH > 8,00 praticamente inefficace;
Formazione di by-products cancerogeni o dannosi;

Mario Tavanti
Perito Industriale

Definizione delle specie di Cloro, nell'acqua trattata

Termini e sinonimi riguardanti le specie di Cloro presenti nell'acqua trattata con Ipoclorito o con cloro gas.

Termine	Sinonimo	Specie	Formula
Cloro residuo libero	Cloro disponibile Cloro attivo libero Cloro residuo Cloro libero	Cloro Acido ipocloroso Ipoclorito	Cl_2 (aq) HClO ClO^-
Cloro residuo combinato	Cloroammine	inorganiche	NH_2Cl $NHCl_2$ NCl_3
		organiche	RNHCl R_2NCl $RNCl_2$
Cloro totale	Cloro residuo totale	Cloro Acido ipocloroso Ipoclorito Cloroammine	Cl_2 (aq) HClO ClO^- (vedi sopra)

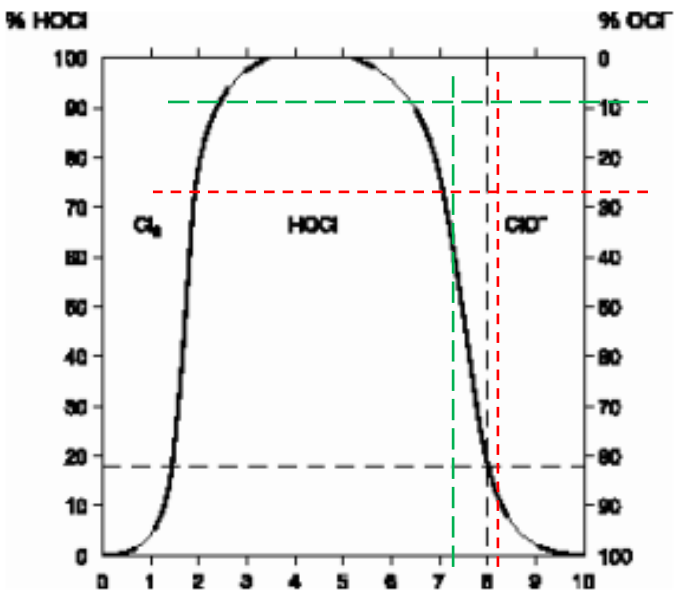
Laddove il cloro è presente in acqua in forma disponibile e quindi in grado di agire efficacemente come ossidante, i termini: **disponibile, libero, attivo e residuo**, variamente usati in letteratura, sono equivalenti e rappresentano il:

Cloro attivo libero

Mario Tavanti
Perito Industriale

Dipendenza dal pH dell'acqua trattata

L'**ipoclorito di sodio** in quanto tale non è un disinfettante molto attivo; in acqua però si dissocia, a seconda del pH, in acido ipocloroso HClO o cloro Cl_2.
L'*acido ipocloroso* è un ottimo agente disinfettante e viene definito "*Cloro attivo libero*"
Per questo è necessario che il pH dell'acqua che viene trattata, sia neutro o solo leggermente alcalino, comunque inferiore a 8,0.



pk_6_003

Curva di dissociazione dell'acido ipoclorico HOCl

Come vediamo nel grafico a lato, l'HClO ha una concentrazione elevata da pH moderatamente acido a neutro; la sua concentrazione diminuisce in modo importante quando il pH supera la neutralità.
P.es., in un acqua a pH=7, se con DPD misuriamo 0,50 ppm di HClO, la sua reale concentrazione sarà circa il 75% del totale, con il campione a pH=8 l'HClO realmente presente scende al 18 % circa.

N.B: se misureremo la concentrazione del cloro libero con DPD, otterremo la misura della concentrazione dell'HClO a pH 6,2; per valutare la concentrazione dell'HClO al pH dell'acqua trattata, usare il grafico a lato.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Modalità di impiego:

Verificare i dati dell'analisi chimica dell'acqua da trattare, per valutare:

- pH;
- Ione ammonio (ammoniaca);
- Sostanze inorganiche allo stato ridotto (Fe, Mn, H_2S);
- Sostanze organiche (ossigeno Kubel);
- Torbidità;
- Tipi di microorganismi da eliminare;

Si dovrà, in base a queste informazioni fare attenzione alla **concentrazione del disinfettante** al **tempo di contatto** fra disinfettante e acqua, prima del primo punto di prelievo al punto più distante.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Esempio di modalità di impiego:

Secondo la **Tabella 01**, per ottenere l'inattivazione di **coliformi** usando **ipoclorito di sodio**, il coefficiente C x T è 0,034÷0,05 (**a pH 6÷7**); operando ad una concentrazione di cloro libero di **0,15 ppm**, **T ≈ 0,5 minuti**.

Se vogliamo inattivare i Polio virus, con lo stesso dosaggio di ipoclorito, a quel pH, il tempo sarà di circa **16 minuti**

A pH più elevato, per esempio pH 8,0, consultando il **Grafico 01**, si ottiene lo stesso effetto (sui coliformi), con un tempo di contatto di **2 minuti**.

Se vogliamo vedere quanto tempo ci vuole per inattivare i polio virus, a quel pH, misurando la stessa concentrazione di cloro libero, si dovrà far ricorso al parametro CxT ed alla curva di dissociazione dell'ipoclorito in acqua:

A pH 8, l'HClO è il18% circa di quello misurato **0,15 → 0.027 ppm**.
CxT per l'abbattimento del polio virus = 1,1÷2,5, (prudenzialmente 2,5);
Tempo necessario = CxT/ppm = 2,5 / 0,027 = **92 minuti**;

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile

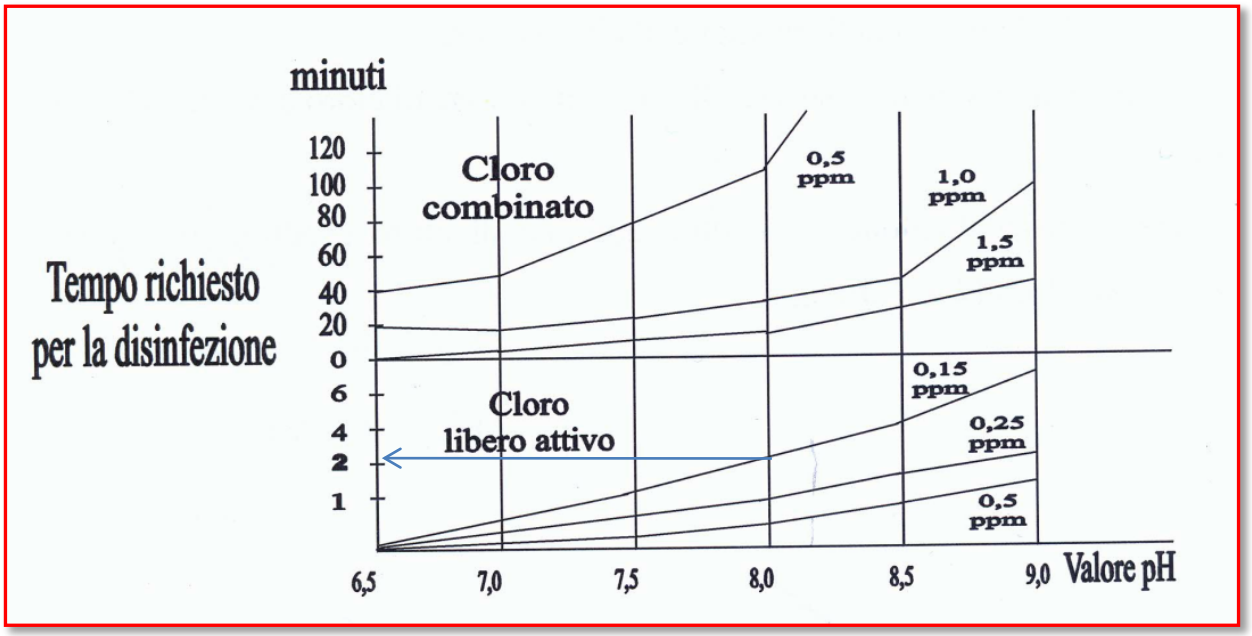


Grafico 01: Tempi disinfezione / pH

Mario Tavanti
Perito Industriale

Modalità di impiego:

Se sono presenti ammoniaca o sostanze organiche, che consumano o trasformano l'acido ipocloroso, ci dobbiamo regolare anche secondo il **Grafico 02**:
La concentrazione di acido ipocloroso da tenere in considerazione è quella al tempo in cui la clororichiesta si azzera e la curva della concentrazione del cloro attivo si appiattisce.

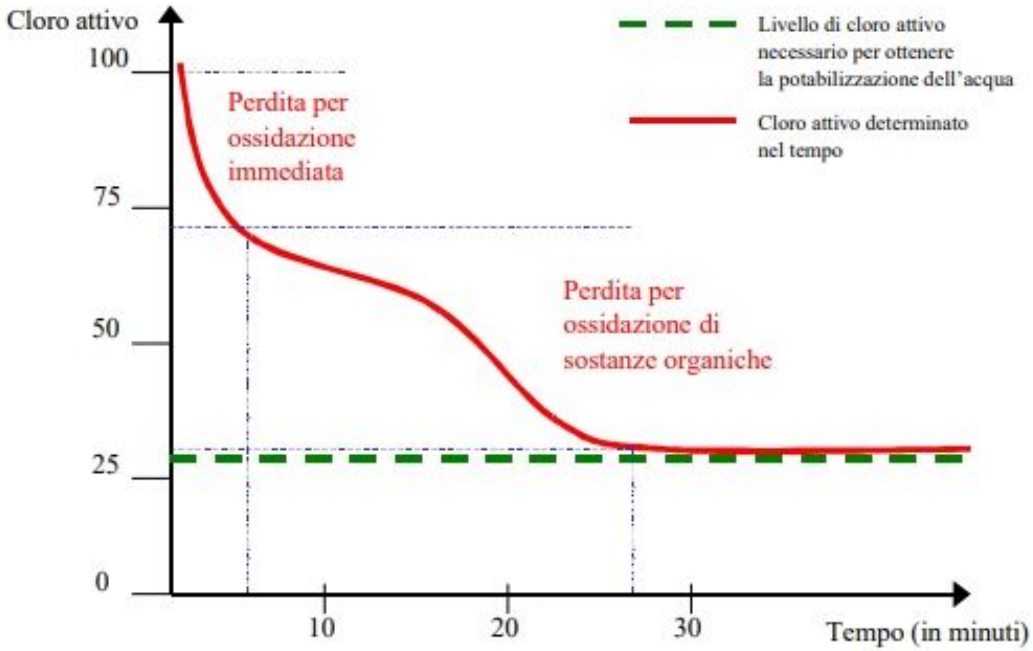


Grafico 02: Tempi disinfezione

Mario Tavanti
Perito Industriale

Dosaggio disinfettanti liquidi – determinazione del dosaggio di disinfettante

Tenere conto di :

Analisi chimica e batteriologica dell'acqua da trattare:

- pH; torbidità; ferro, manganese, ione ammonio, ione nitrito, durezza temporanea, cloruri*, temperatura;
- Concentrazione dei parametri batteriologici, varietà dei microrganismi presenti;

Considerazioni sull'impianto:

- Variabilità della qualità e della portata dell'acqua da disinfettare;
- Tempo di contatto prima della prima utenza;
- Miscelazione, possibilità di corto circuiti nelle vasche di contatto;
- Autonomia del serbatoio dei reagenti, anche in funzione della stabilità dei reagenti nel tempo***;
- Dosaggio in linea sotto pressione** o in vasca a pelo libero;
- Necessità di telecontrolli, allarmi, regolazione automatica, strumenti di analisi del residuo;

*= Se la concentrazione dei cloruri è elevata, considerare l'apporto di cloruri da ipoclorito di sodio.
**= Se si utilizza ipoclorito di sodio, per effetto dell'elevata alcalinità del prodotto, intorno alla lancia di iniezione si formano concrezioni calcaree che devono essere periodicamente asportate.
***= Il titolo della concentrazione dei reagenti decade più velocemente se questi vengono diluiti senza ripristinare la concentrazione dei conservanti. Nel caso dell'ipoclorito di sodio, inoltre, se per la diluizione si impiega acqua dura, nel serbatoio di accumulo e negli organi di dosaggio si forma un precipitato di carbonato di calcio.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Dosaggio disinfettanti liquidi – determinazione del dosaggio di disinfettante

- Calcolo del dosaggio teorico, utilizzando le tabelle dei parametri C * T, le tabelle relative ai tempi di disattivazione e le altre considerazioni;
- Stabilire un aumento del dosaggio, a seconda della qualità dell'acqua, delle condizioni dell'impianto di trattamento e delle tubazioni di distribuzione, per compensare le condizioni reali, eseguire un test di clororichiesta in vitro o, se possibile, sull'impianto;
- Ripetere controlli e regolazioni anche in momenti successivi, per compensare l'assestamento dell'impianto;
- Effettuare il controllo batteriologico finale per la definitiva validazione dei parametri funzionali dell'impianto.
- Determinare il volume utile del serbatoio di stoccaggio, che deve tener conto della portata media giornaliera dell'organo di dosaggio; il volume stoccato dovrà essere tale per cui non ci sia tempo per un sensibile deterioramento della concentrazione del principio attivo rispetto alla preparazione fresca.
- Eventuali diluizioni del prodotto commerciale devono essere effettuate con acqua decalcificata , meglio, demineralizzata; se il reagente preparato è troppo diluito, additivare stabilizzanti o conservanti

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile

Le considerazioni fatte utilizzando il coefficiente C x T sono da ritenersi valide per la sola inattivazione delle specie batteriche indicate, se contenute in matrici acquose ideali.

La reale quantità di disinfettante che si dovrà utilizzare, per raggiungere una condizione di cloro attivo libero stabile e sufficiente per gli obbiettivi prefissati deve tener conto anche di tutte le altre condizioni chimico fisiche dell'acqua reale.

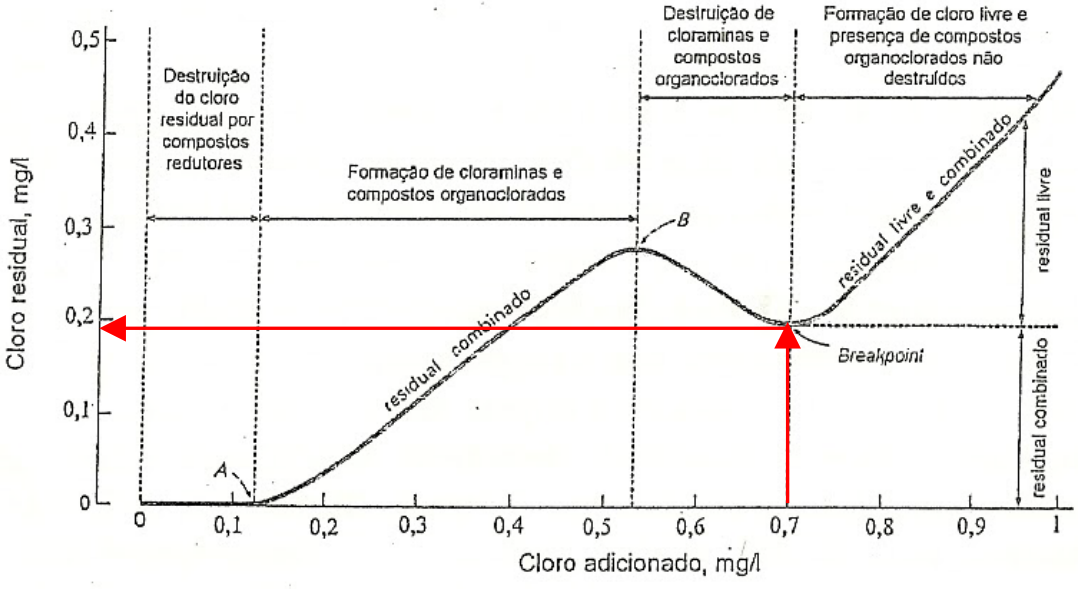
Il consumo di disinfettante per la neutralizzazione di alcune sostanze specifiche (ammoniaca, ferro, manganese, p.es.), è prevedibile, per altre sostanze la quantità ed i tempi necessari sono valutabili solo sperimentalmente, effettuando prove dedicate alla determinazione della clororichiesta nel tempo.

N.B.: considerazioni analoghe devono essere fatte nel caso di impiego delle altre sostanze disinfettanti.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Clorazione d'urto al break-point

Pratica usata per eliminare cariche microbiche elevate, sostanze organiche ma, soprattutto, l'ammoniaca.



Metodo molto comune per l'abbattimento dell'ammonio fino alla concentrazione massima < 1÷2 ppm ma con alcuni problemi:

1) Cloro residuo finale piuttosto elevato, necessita declorazione;
2) Aumento della concentrazione di Sodio e Cloruro nell'acqua trattata;
3) Più probabile formazione di THM, in presenza di precursori;
4) Dosaggio di cloro 10 mg x mg N-NH_4^+ + consumo rapido + lento;
5) Teoria: 1 ppm NH_4^+ = 0,78 ppm N-NH_4^+ → 7,8 ppm cloro: al break point rimangono circa 5 ppm cloro libero.

La clorazione al break-point viene condotta applicando dosaggi sempre maggiori di cloro all'acqua trattata (ascisse) contenente le sostanze da eliminare, fino a che non si riveli la presenza di cloro libero e che non si instauri una dipendenza direttamente proporzionale fra cloro introdotto e cloro libero misurato.
La concentrazione di cloro libero al brek-point sarà proporzionale al quantitativo di clorammine distrutte e si legge in ordinate.
La curva ha un andamento che dipende anche dalla contemporanea ossidazione delle sostanze organiche.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Clorazione con ipoclorito di sodio: Formazione di by-products cancerogeni o dannosi

Disinfettante impiegato	Sottoprodotti di disinfezione Organoalogenici	Sottoprodotti di disinfezione inorganici	Sottoprodotti di disinfezione non-alogenici
Cloro (Cl_2)/ acido ipocloroso (HOCl)	trialometani, acidi acetici alogenici, aloacetonitrili, cloro idrato, cloropicrina, clorofenoli, N-clorammine, alofuranoni, bromoidrine	clorati (soprattutto per applicazione di ipoclorito)	aldeidi, acidi alcanici, benzene, acidi carbossilici

La maggior parte di queste sostanze hanno caratteristiche di cancerogenicità, mutagenicità o, comunque, tossicità anche in piccole concentrazioni. Esempio di valori limite di alcune sostanze:
THM (trialometani) totali: 30 µg/l;
Benzene: 1 µg/l;
IPA (Idrocarburi policiclici aromatici) totali: 0,1 µg/l;

Mario Tavanti
Perito Industriale

Clorazione con ipoclorito di sodio: Riepilogo delle interferenze

Se il pH dell'acqua non è abbastanza basso, non si ha formazione di acido ipocloroso;

Se nell'acqua trattata è presente ione ammonio, si ha la formazione di clorammine, con efficienza minore;

Se nell'acqua trattata sono presenti sostanze estranee, queste vengono ossidate o clorurate, nel caso di sostanze organiche, vedi precedenti.

Nel caso di presenza di Fe o Mn allo stato ridotto, oppure acido solfidrico, disciolto, questi vengono ossidati e precipitano intorbidanto o colorando l'acqua trattata.

Il fenomeno è sfruttato per la precipitazione dei metalli a monte di impianti di filtrazione.

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile con clorammine

Le clorammine possono essere utilizzate come disinfettante, per la loro formazione un metodo è quello di aggiungere ammoniaca direttamente all'acqua contenente cloro. L'ammoniaca è aggiunta **dopo il cloro**, per ottenere valori CT più bassi rispetto a quelli ottenuti aggiungendo prima ammoniaca o clorando l'acqua che la contiene.

Quando il pH dell'acqua trattata è > 7, le monoclorammine sono quelle più abbondanti.

NH_2Cl (monoclorammina); $NHCl_2$ (diclorammina); NCl_3 (triclorammina);

Le clorammine sono efficaci quanto il cloro, ma più lente. Il valore di pH dell'acqua trattata non interferisce comunque con l'efficacia delle clorammine.

- Le clorammine sono ossidanti; penetrando la parete cellulare dei batteri bloccandone il metabolismo.
- Le monocloramine sono le clorammine più efficaci: insieme agli amminoacidi provocano la disattivazione del DNA dei batteri. Durante la disattivazione dei microorganismi le clorammine distruggono i gusci che proteggono i virus.
- Le clorammine sono più durature dell'acido ipocloroso

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile con Biossido di cloro

Nel 1814 Humphrey Day scoprì il diossido di cloro.

Il biossido di cloro: ClO_2, è un gas che viene generalmente prodotto e mantenuto in soluzione acquosa, prima del suo dosaggio.

Metodi di produzione:
Clorito + acido Cloridrico (processo più diffuso e semplice);
Clorato + acqua ossigenata + acido solforico (processo Purate);

È un fortissimo ossidante (più dell'acidoipocloroso) e non provoca la formazione di THM;

Il dosaggio efficace è più basso di quello dell'ipoclorito;

Il biossido di cloro è piuttosto instabile e la produzione deve avvenire localmente.
Le attuali attrezzature sono sicure ma, specialmente per i grossi impianti rimangono rischi legate all'immagazzinamento e gestione dei reagenti, specialmente se concentrati.

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile con Biossido di cloro

- ✓ I sottoprodotti derivanti sono i Cloriti ed i Clorati; la riduzione della concentrazione di cloriti nelle acque all'uscita negli impianti di potabilizzazione è facile, quella dei clorati è ancora molto difficoltosa.

- ✓ Per i Cloriti ed i Clorati che si formano nelle reti di distribuzione l'unica soluzione è quella di poter realizzare dosaggi molto bassi, quindi acque potabilizzate di buona qualità e reti pulite; serbatoi non illuminati da luce solare.

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile con Biossido di cloro

Biossido di cloro da reagenti diluiti
Clorito 7,5 % -- Acido cloridrico 10%

Biossido di cloro da reagenti concentrati
Clorito 25 % -- Acido cloridrico 36%

Il "Lilliput"

Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile con Biossido di cloro

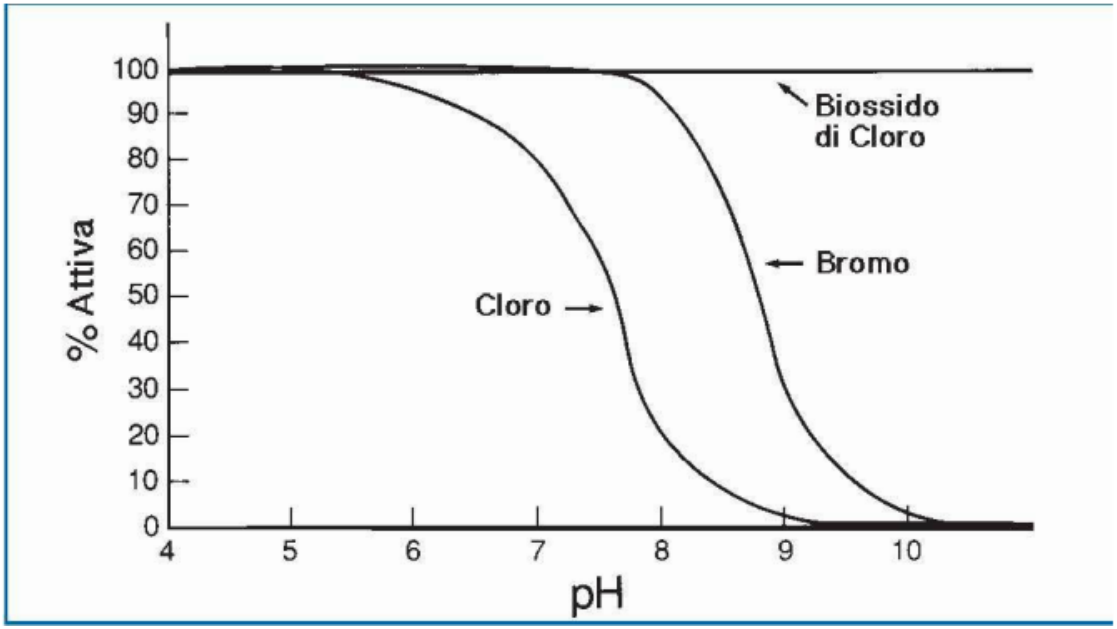


Grafico : variazione della % attiva di alcuni disinfettanti in base al pH

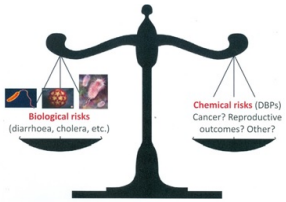
Mario Tavanti
Perito Industriale

La disinfezione dell'acqua potabile con Biossido di cloro

Il biossido di cloro è da molti considerato una delle poche sostanze effettivamente attive verso la Legionella Pneumofila:

- ✓ Attivo anche a bassi dosaggi;
- ✓ Attività anche a pH elevati (caratteristici delle acque calde sanitarie);
- ✓ Attivo verso il biofilm: lo penetra e ne causa il distacco);
- ✓ Non provoca formazione di THM;
- ✓ Ha una durata superiore a quella dell'acido ipocloroso;
- ✓ Rispetta maggiormente le tubazioni, a dosaggi normali;

Anche se provoca l'aumento della concentrazione di cloriti e clorati, l'acqua calda degli impianti sanitari non viene di regola bevuta, quindi il pericolo è minimo e sicuramente compensato dalla drastica diminuzione del pericolo Legionella.



Mario Tavanti
Perito Industriale

Misura delle varie forme di Cloro nell'acqua

La misura delle varie forme di cloro utilizzate nella disinfezione è ad oggi comunemente effettuata utilizzando il "metodo DPD" (Standard Methods).

L'HClO, a pH 6,2÷6,5, **reagisce in modo quasi esclusivo** con il DPD, formando un colorante rosso, la cui intensità è, entro certi limiti, proporzionale alla sua concentrazione.
Il ClO_2, nelle stesse condizioni, provoca la formazione dello stesso colorante.

L'intensità della colorazione rossa è misurata per **comparazione con scale colorimetriche** o strumentalmente mediante **fotometria o colorimetria a 510 nm**.

Il reagente è disponibile in forma solida o liquida.

a) Pasticche o polvere: più stabile e comodo da usare (Lovibond n° 1 o n°3);
b) Liquido: DPD 1 (Tampone); DPD 2 (Colorante); DPD 3 (Ioduro di potassio);

Interferenze:

- Cloro ammine ad elevate concentrazioni;
- Ossigeno disciolto ad elevata concentrazione;
- Ozono, acqua ossigenata, cromati, **permanganato**, **iodio**, bromoammine e iodoammine;
- Ferro^{+3} e Rame^{+2};
- Biossido di cloro, Cloriti; Clorati;

Mario Tavanti
Perito Industriale

Misura del cloro combinato nell'acqua trattata

Le clorammine e l'HOCl ossidano lo Ioduro di potassio a **Iodio molecolare**, che viene misurato con il metodo DPD come se fosse Cloro libero, esprimendo la concentrazione del **Cloro totale**. La concentrazione di Cloro combinato si ottiene per differenza fra la misura del cloro libero e quella del cloro totale:

Cloro totale - Cloro libero = Cloro combinato

Esistono metodiche, attuabili in laboratorio, per differenziare la concentrazione fra mono, di e tri cloro ammine.

Interferenze:
Le stesse della metodica per il cloro libero

Mario Tavanti
Perito Industriale

Misura specifica della concentrazione di ClO_2

Lo stato dell'arte è rappresentato dal metodo **CPR** (Unichim77): il ClO_2 (e solo lui) decolora il Rosso Clorofenolo (CPR). La decolorazione è proporzionale alla concentrazione del ClO_2, in condizioni standard di pH (7,00) e concentrazione di colorante.

La decolorazione avviene per reazione **esclusiva** del CPR con il ClO_2 e decolorazione delle molecole di colorante ossidate. Una mole di CPR reagisce con due moli di ClO_2.
Il decadimento della colorazione può essere valutato mediante comparazione con scale colorate o utilizzando colorimetri o fotometri operanti a 575 µm.

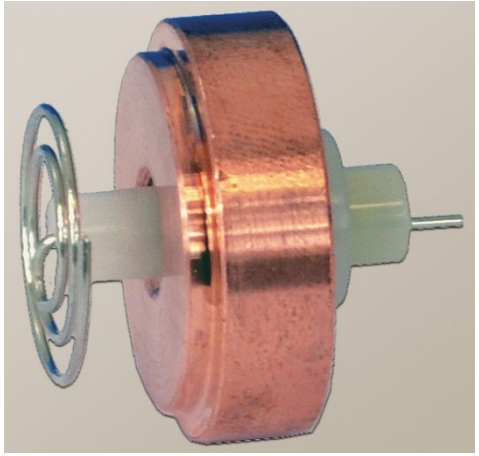
La concentrazione di ClO_2 può essere valutata anche con il metodo DPD per il cloro libero. La presenza di cloriti e clorati interferisce.

N.B.: Se viene utilizzata una scala cromatica o uno strumento tarato per il cloro libero, moltiplicare il risultato per un fattore di 1,9 per ottenere la concentrazione come ClO_2.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Amperometria

Il metodo amperometrico per la **misura del cloro libero, del biossido di cloro, dell'ozono ecc** si basa su misurazioni di corrente: in modo più specifico, viene misurata la corrente che passa attraverso una soluzione agitata e che causa l'ossidazione o la riduzione dell'analita in seguito all'applicazione di un potenziale.



Il potenziale applicato agli elettrodi rende selettiva (entro certi limiti) la misura.

Esistono sistemi a cella aperta, dove gli elettrodi sono a diretto contatto con l'acqua e sistemi a cella chiusa dove una membrana permeabile alla specie da analizzare, si interpone fra l'acqua da analizzare e la zona degli elettrodi, riempita da un apposito elettrolita.

Al catodo si scarica la specie da misurare, riducendosi; l'anodo, che può essere in rame purissimo o argento, si ossida: in questo modo si genera un passaggio di elettroni che determina una corrente direttamente proporzionale alla concentrazione del cercato.

I due sistemi sono sottoposti a manutenzione per la sostituzione dell'anodo e la pulizia, da incrostazioni o sporcizia, degli elettrodi o della membrana a contatto con l'acqua.

In questi sistemi è importante che il flusso dell'acqua alla cella, il pH del campione e la sua salinità siano i più costanti possibile, per evitare derive nella misura.

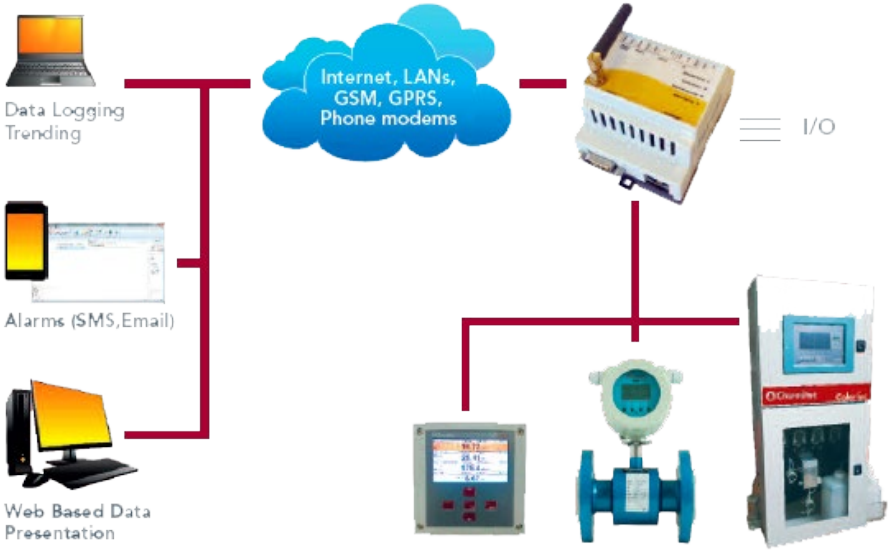
Mario Tavanti
Perito Industriale

Colorimetria, nefelometria on line

telecontrolli

Colorimetro fotoelettrico on line

Misuratore di torbidità



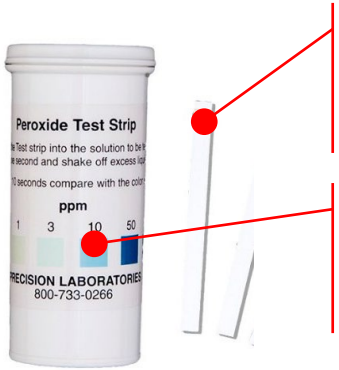
Sistema di regolazione e telecontrollo

Misuratore di portata magnetico

Mario Tavanti
Perito Industriale

Strumenti per la misura della concentrazione dei disinfettanti in acqua

Cloro libero, pH – colorimetria ottica: Confronto della colorazione con scale colorimetriche discrete



Estremità della striscia da immergere nell'acqua, si colora in presenza di perossidi

Scala colori relativa alla concentrazione di perossidi

Perossidi – colorimetria ottica: Confronto della colorazione ottenuta su tamponi, con scale colorimetriche discrete

Cloro, pH, perossidi e altro: fotocolorimetrici elettronici. Stesse reazioni colorimetriche, lettura elettronica della colorazione > maggiore precisione ed accuratezza

Mario Tavanti
Perito Industriale

Strumenti per la misura del
pH e del Redox

Strumento professionale per la misura, con diversi elettrodi, di:
pH;
Potenziale redox;
Temperatura;

Soluzioni standard per la calibrazione degli strumenti

Strumenti semplificati per la misura di:
pH;
Potenziale redox;

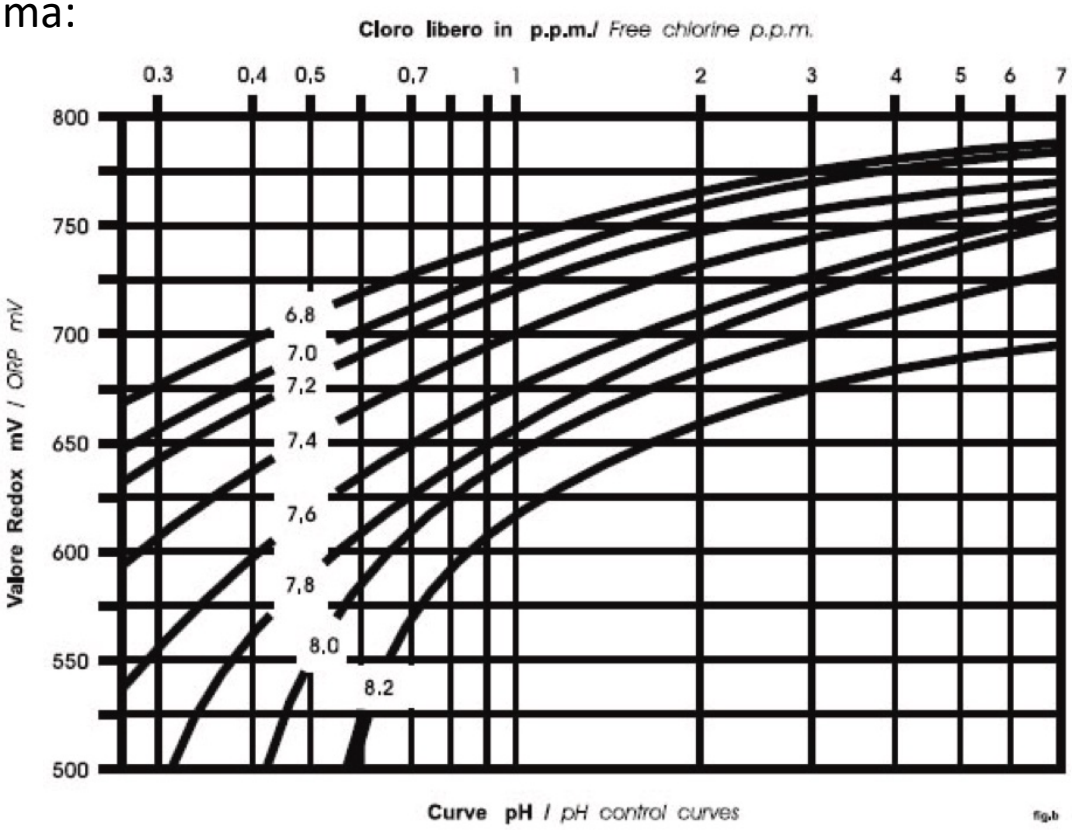
Gli strumenti dotati di sonde elettrochimiche devono essere periodicamente controllati e calibrati per compensare l'invecchiamento dei sensori e la conseguente deriva.
La misura del pH deve sempre essere effettuata compensando la misura con la temperatura del campione.

La misura del pH deve avvenire immediatamente dopo o durante il prelievo del campione, per evitare interferenze derivate da, per esempio, perdita di CO_2 o altro.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Misura del Cloro residuo nell'acqua trattata

Esistono anche sistemi più economici, basati sulla misura del **potenziale redox**, il cui valore viene correlato alla concentrazione di cloro libero, secondo questo diagramma:



Il metodo si presta a interferenze e, comunque, non è specifico per il cloro residuo, ne per altre sostanze ossidanti.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Produzione dell'Ipoclorito di sodio

L'**ipoclorito di sodio** è il sale di sodio dell'acido ipocloroso.

La sua formula chimica è NaClO.

Produzione industriale:

$$NaOH + Cl_2 \rightarrow NaClO + NaCl + H_2O$$

Oppure

$$H_2O_2 + NaCl \rightarrow NaClO + H_2O$$

La produzione più importante è da **soda caustica + Cloro** e, quindi, il prodotto industriale è **fortemente alcalino e contiene cloruro di sodio**.

*N.B.: Queste caratteristiche possono creare problemi nel punto di dosaggio (**formazione di incrostazioni**), quando il prodotto viene diluito con acqua dura (**sedimenti nel serbatoio**), oppure perché **aumenta il pH dell'acqua trattata** o ne **aumenta la concentrazione di sodio e di cloruri**.*

Mario Tavanti
Perito Industriale

Caratteristiche dell'ipoclorito di sodio commerciale

Parametro	***EN -901***	**u.m.**	***Caffaro Brescia NaClO soluzione***
Aspetto	Liquido limpido	**visivo**	Liquido limpido
Colore	Verdastro - giallo	**visivo**	Giallo
Contenuto NaClO (ipoclorito di sodio)	=	**g/L**	**140 - 175**
Contenuto NaClO (ipoclorito di sodio)	**18 max**	**%**	
Densità a 15°C	**1130 – 1300**	**g/L**	**1205 - 1250**
Contenuto in Sodio clorato (*)	**≤ 5,4**	**%**	**≤ 5,4**
Contenuto in Sodio bromato (*)	**≤ 2,5**	**g/Kg**	**≤ 2,5**
Ferro (Fe)	**Non previsto**	**mg/Kg**	**< 3,0**
Metalli pesanti (*)			
Cadmio (Cd)	**0,35 – 0,44**	**mg/Kg**	**0,35 - 0,43**
Cromo (Cr)	**0,35- 0,44**	**mg/Kg**	**0,35 - 0,43**
Mercurio (Hg)	**0,5 – 0,6**	**mg/Kg**	**< 0,5**
Nickel (Ni)	**0,35 – 0,44**	**mg/Kg**	**0,35 – 0,43**
Piombo (Pb)	**2,10 – 2,61**	**mg/Kg**	**2,10 – 2,60**

(*) Nota – I valori sono riferiti al contenuto in Kg di cloro attivo della soluzione .

Mario Tavanti
Perito Industriale

Caratteristiche dell'ipoclorito di sodio commerciale: Antinfortunistica ed etichettatura

- **Ipoclorito di sodio in soluzione (sol 10 -18% p/p) secondo il Regolamento 1272 / 2008 / CE (C.L.P.) :**
  - *GHS 05* *GHS 09*

Con i seguenti pericoli H :

➢ **H-290 ; H-314 ; EUH031 ; H-400 .**

- **Ipoclorito di sodio in soluzione (sol 10 – 18 % p/p) secondo la Direttiva 67 / 548 / CEE :**
  - C, N

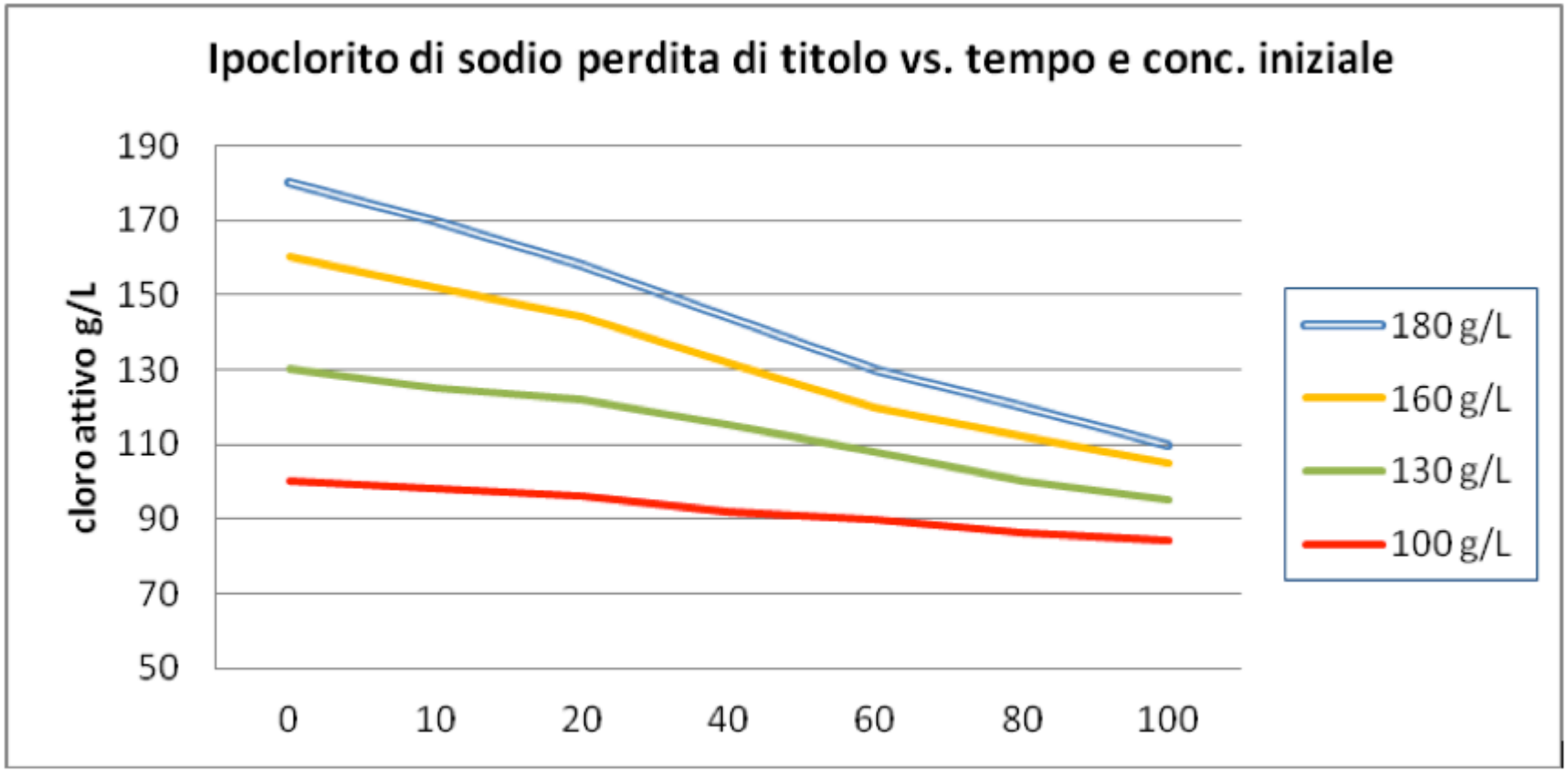
Con le seguenti frasi R :

➢ **R-34 ; R -50 ; R-31 .**

Frasi	Indicazioni relative ai rischi	Rif. Regolamento
GHS 05; H 290; H 314; C; R 34;	Corrosivo per i metalli; Corrosione cutanea, Gravi lesioni oculari; Provoca ustioni. (Sostanze o preparati che distruggono la pelle in un tempi > 3 minuti < di 4 ore).	(CE) n. 1272/2008; Direttiva 2001/60/CEE; Direttiva 67/548/CEE;
GHS 09; R 50; H 400; N;	Pericoloso per l'ambiente acquatico a breve ed a lunga durata	(CE) n. 1272/2008; Direttiva 2001/60/CEE; Direttiva 67/548/CEE
EUH 031; R 31	A contatto con acidi libera gas tossici.	(CE) n. 1272/2008; Direttiva 2001/60/CEE

Mario Tavanti
Perito Industriale

Caratteristiche dell'ipoclorito di sodio commerciale: stabilità nel tempo



Mario Tavanti
Perito Industriale

Attrezzature per il dosaggio delle sostanze chimiche disinfettanti. Esempi applicativi

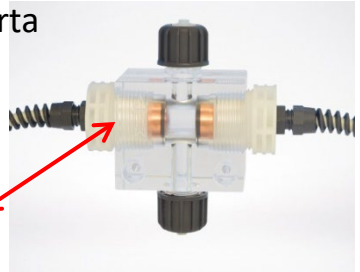
Mario Tavanti
Perito Industriale

Tecniche di disinfezione:

Attrezzature e strumenti di dosaggio, analisi e regolazione

Pompe dosatrici elettromagnetiche a regolazione manuale o automatica

Cella di analisi amperometrica aperta



Regolazione proporzionale ad anello chiuso:
Cella di analisi + Regolatore PI + Dosatore

oppure

Regolazione proporzionale ad anello chiuso:
Cella di analisi + Misuratore di portata + Regolatore PI+Q + Dosatore

Cella di analisi amperometrica a membrana

Regolazione proporzionale ad anello aperto:
Contatore + Regolatore P + Dosatore

Contatore lanciaimpulsi

Mario Tavanti
Perito Industriale

Dosaggio disinfettanti liquidi – schema 01

Sensore di flusso

Acqua da disinfettare

Gruppo di dosaggio:
- Serbatoio di contenimento;
- Serbatoio del disinfettante;
- Sensori livello disinfettante:
  Livello riserva;
  Livello bassissimo
- Pompa dosatrice dotata di:
  Sensore di flusso;
  Segnalazione allarme;
  Valvola scarico sovrapressione;
- Tubazione e lancia di dosaggio;

Serbatoio di contatto aperto

Acqua disinfettata

Pressurizzazione

Controllo periodico

Configurazione minima per il dosaggio di un disinfettante: la **portata dell'acqua deve essere costante** (± max 10%), la portata del dosatore sarà costante.
Importantissimo il controllo stagionale per compensare le variazioni qualitative dell'acqua da disinfettare.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Dosaggio disinfettanti liquidi – schema 02

Misuratore / trasmettitore di portata

Acqua da disinfettare

Gruppo di dosaggio:

- Serbatoio di contenimento;
- Serbatoio del disinfettante;
- Sensori livello disinfettante:
  Livello riserva;
  Livello bassissimo
- Pompa dosatrice dotata di:
  Sensore di flusso;
  Segnalazione allarme;
  Valvola scarico sovrapressione;
- Tubazione e lancia di dosaggio;

Serbatoio di contatto aperto

Acqua disinfettata

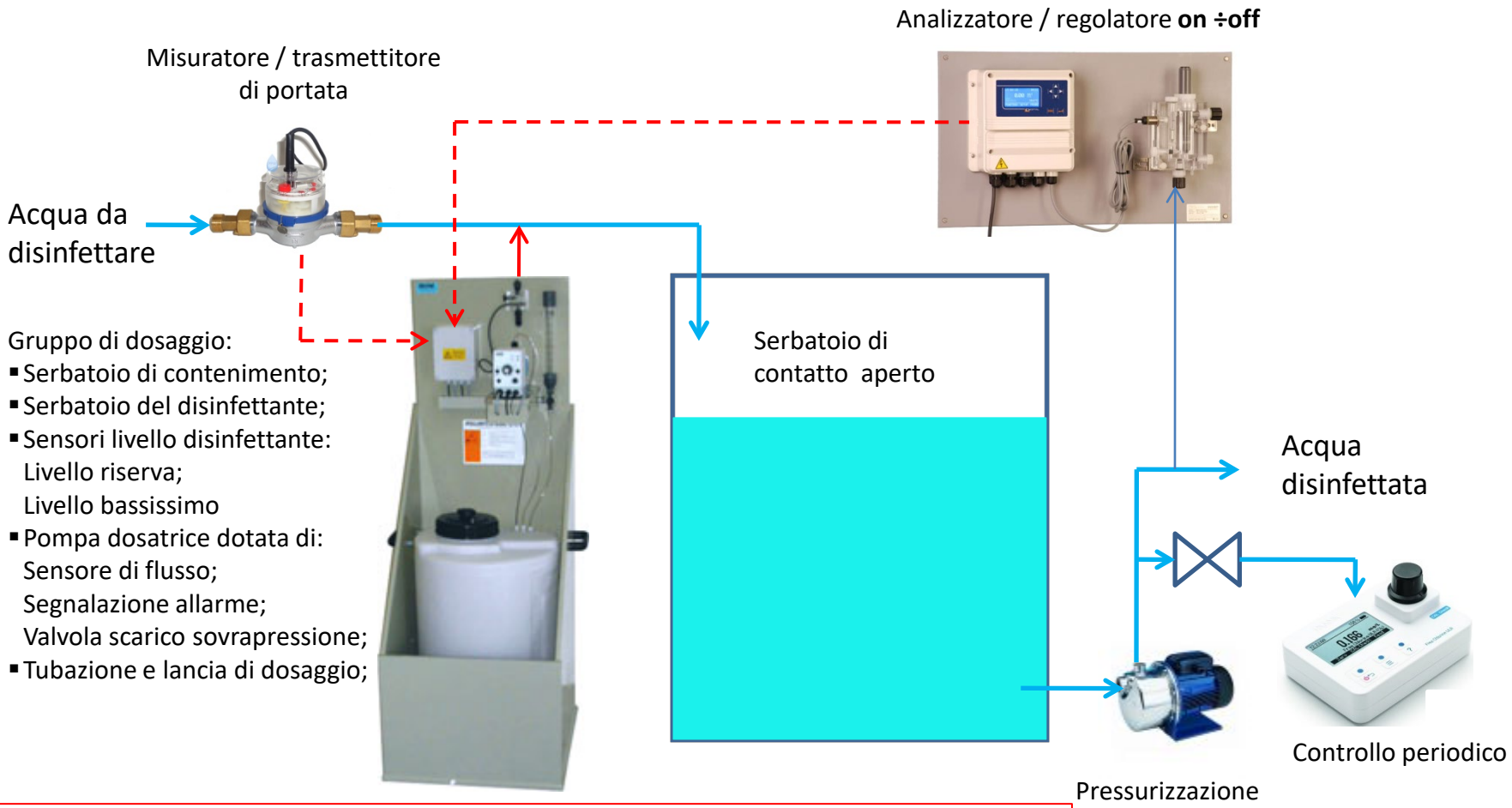
Pressurizzazione

Controllo periodico

Configurazione minima per il **dosaggio volumetrico** di un disinfettante: la portata dell'acqua può variare, la portata del dosatore è proporzionale e viene stabilita dal misuratore / trasmettitore di portata, la proporzionalità deve essere adeguata stagionalmente per compensare variazioni della qualità dell'acqua da disinfettare.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Dosaggio disinfettanti liquidi – schema 03



La regolazione del dosaggio è effettuata **proporzionalmente alla portata**.
Il controllo viene effettuato sull'acqua in uscita dal serbatoio, dopo il tempo di contatto.
La regolazione è effettuata mediante interruzione del dosaggio del prodotto se la concentrazione rilevata supera i limiti previsti dai regolamenti sanitari.
Importantissimo il controllo stagionale per compensare le variazioni qualitative dell'acqua da disinfettare e la taratura dell'analizzatore.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Dosaggio disinfettanti liquidi – schema 04

Misuratore / trasmettitore di portata

Acqua da disinfettare

Gruppo di dosaggio:
- Serbatoio di contenimento;
- Serbatoio del disinfettante;
- Sensori livello disinfettante:
  Livello riserva;
  Livello bassissimo
- Pompa dosatrice dotata di:
  Sensore di flusso;
  Segnalazione allarme;
  Valvola scarico sovrapressione;
- Tubazione e lancia di dosaggio;

Contatto pressurizzato

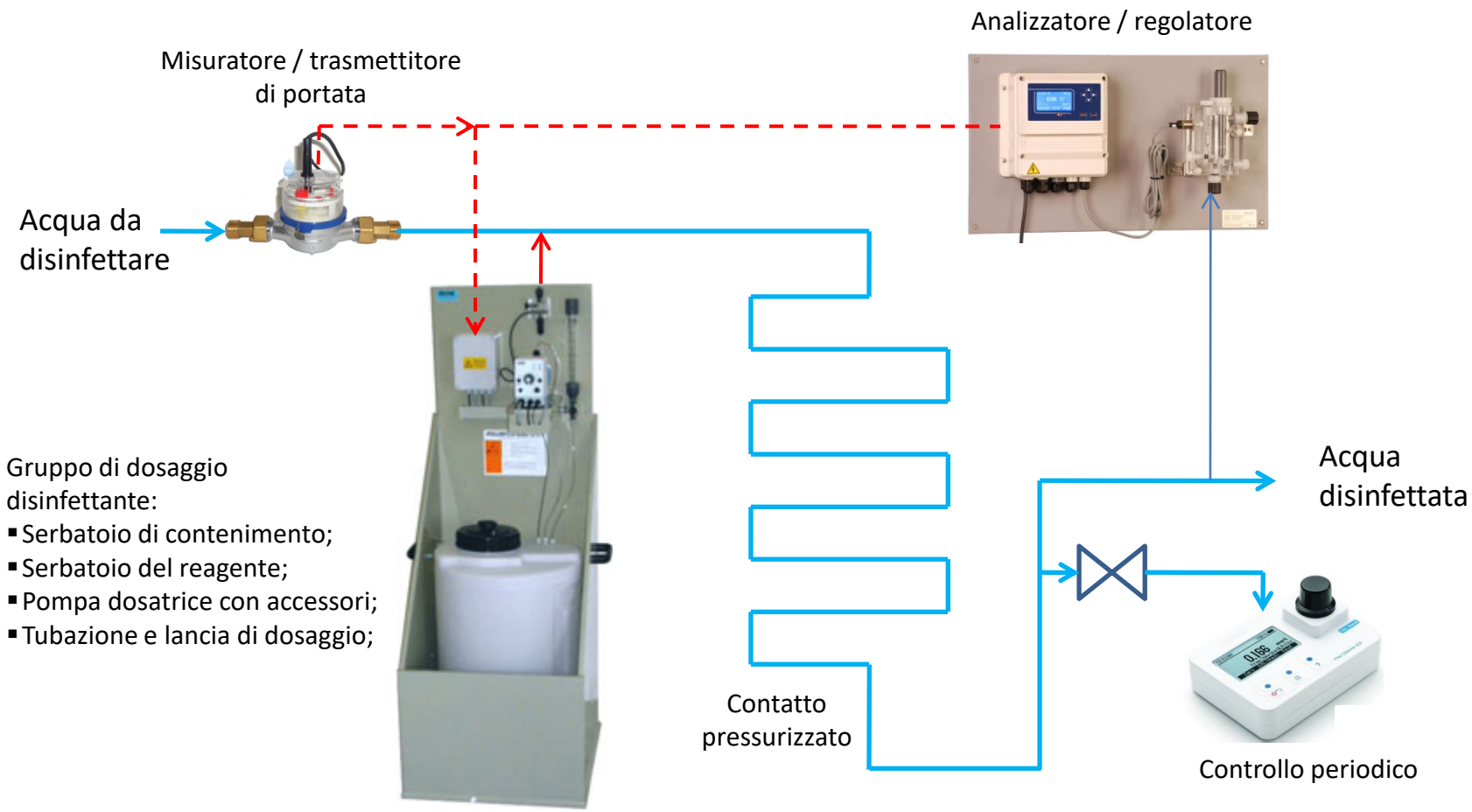
Acqua disinfettata

Controllo periodico

La regolazione del dosaggio è effettuata **proporzionalmente alla portata**.
Il controllo viene effettuato sull'acqua dopo il minimo tempo di contatto previsto per il disinfettante impiegato (serbatoio pressurizzato o tubazione sufficientemente lunga).
Importantissimo il controllo stagionale per compensare le variazioni qualitative dell'acqua da disinfettare.

Mario Tavanti
Perito Industriale

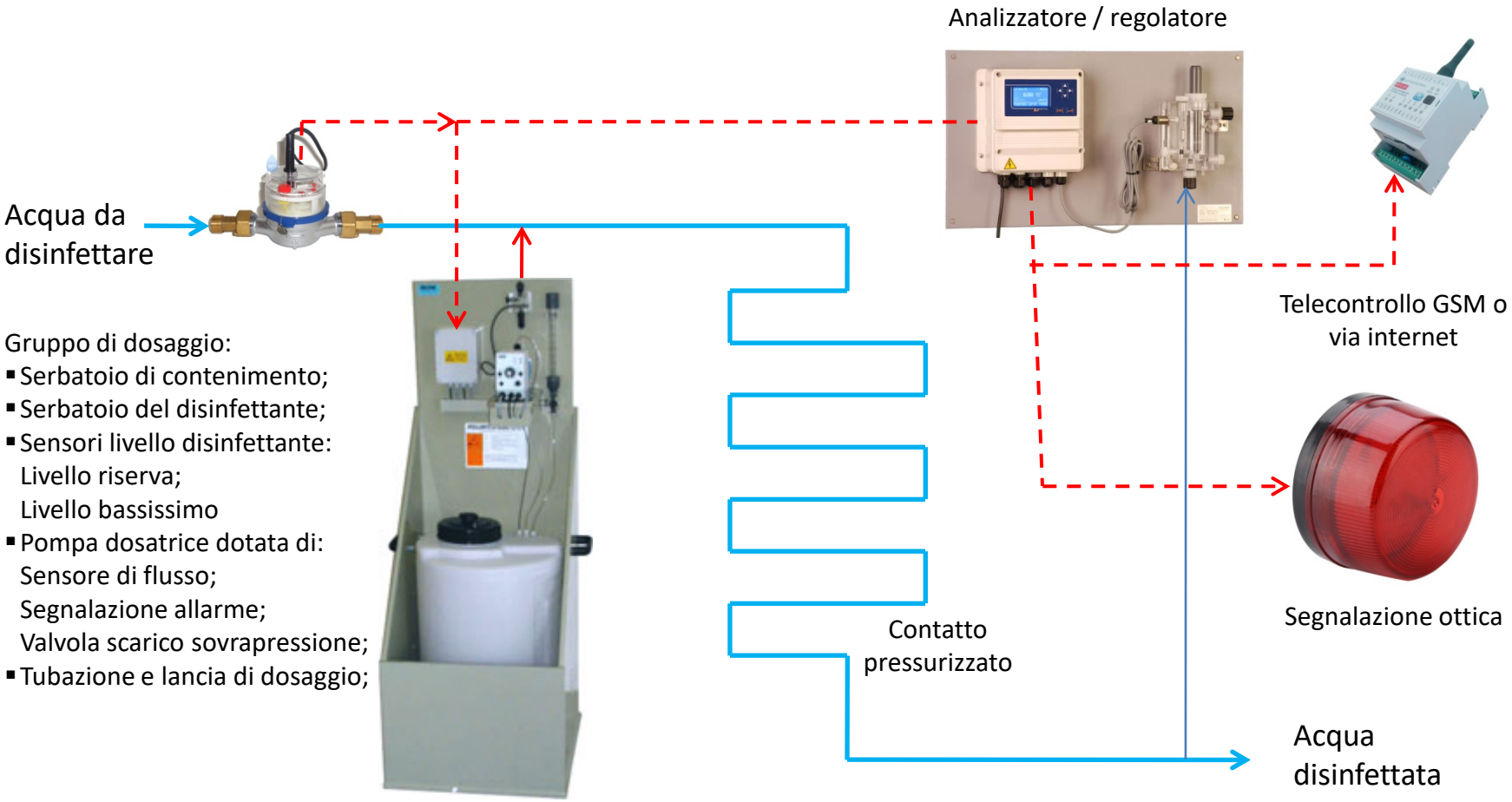
Dosaggio disinfettanti liquidi – schema 05



La regolazione del dosaggio è effettuata **proporzionalmente alla portata dell'acqua e al residuo de disinfettante dopo il tempo di contatto**.
Il controllo viene effettuato sull'acqua dopo il minimo tempo di contatto previsto per il disinfettante impiegato (serbatoio pressurizzato o tubazione sufficientemente lunga).
Importantissimo il controllo stagionale per compensare le variazioni qualitative dell'acqua da disinfettare.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Dosaggio disinfettanti liquidi – schema 06

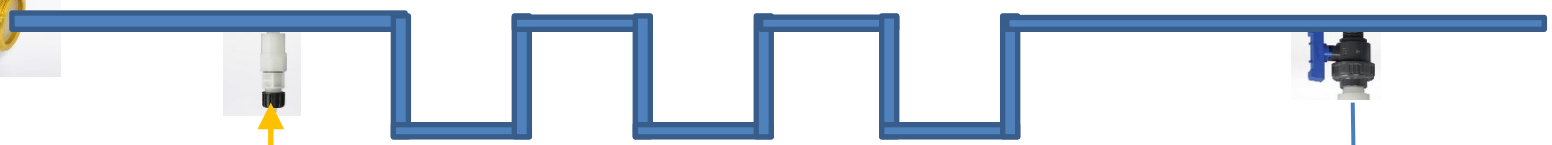


Gruppo di dosaggio:
- Serbatoio di contenimento;
- Serbatoio del disinfettante;
- Sensori livello disinfettante:
  Livello riserva;
  Livello bassissimo
- Pompa dosatrice dotata di:
  Sensore di flusso;
  Segnalazione allarme;
  Valvola scarico sovrapressione;
- Tubazione e lancia di dosaggio;

Il corretto funzionamento dell'impianto può essere telecontrollato:
- ✓ Disinfettante nell'acqua trattata: allarme di minima e massima concentrazione;
- ✓ Livello serbatoio disinfettante: livello riserva, esaurimento prodotto;
- ✓ Funzionalità pompe dosatrici: allarme dosaggio o allarme elettromeccanico;
- ✓ Altri parametri dell'impianto: livelli di serbatoi, funzionalità di altre apparecchiature;

Mario Tavanti
Perito Industriale

Dosaggio ipoclorito di sodio in linea: soluzione base



Mario Tavanti
Perito Industriale

Dosaggio disinfettante in linea: migliorie alla soluzione base

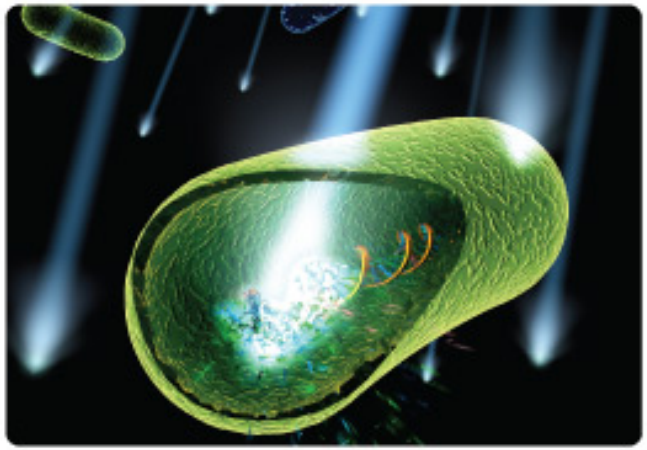
Mario Tavanti
Perito Industriale

Attrezzature per la disinfezione mediante irraggiamento con raggi UV
Esempi applicativi

Mario Tavanti
Perito Industriale

I raggi UV prevengono la riproduzione dei microrganismi danneggiandone l'acido nucleico.

La disinfezione UV è un processo non chimico e non lascia alcun residuo.



Mario Tavanti
Perito Industriale

Trattamento per irraggiamento con radiazione UV

L'esposizione dell'acqua ad una dose sufficiente di radiazione UV, alla Λ di 254 nm, provoca la distruzione dei legami molecolari del DNA dei microorganismi, impedendone la crescita e la riproduzione.
I microorganismi hanno scarsa protezione dall'UV e non sopravvivono ad un'esposizione prolungata (LTV-C). Ogni specie batterica o virus ha una caratteristica dose di UV, espressa in mJ/cmq, che ne provoca l'inattivazione; il trattamento deve essere in grado di trasmettere all'acqua la dose prevista per la specie batterica o virale più resistente.

Trattamento con UV : VANTAGGI

- ✓ Indipendenza dal pH dell'acqua trattata;
- ✓ Semplicità costruttiva impianti di trattamento;
- ✓ Assenza di by-products (conosciuti);

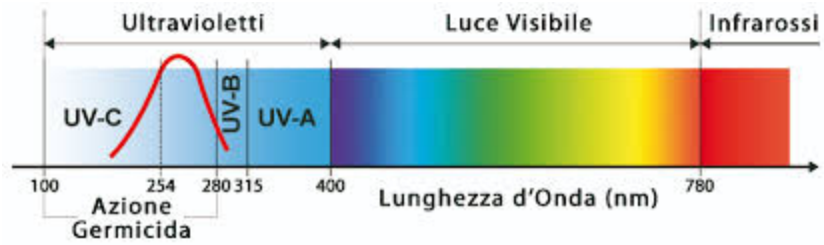
Trattamento con UV : SVANTAGGI

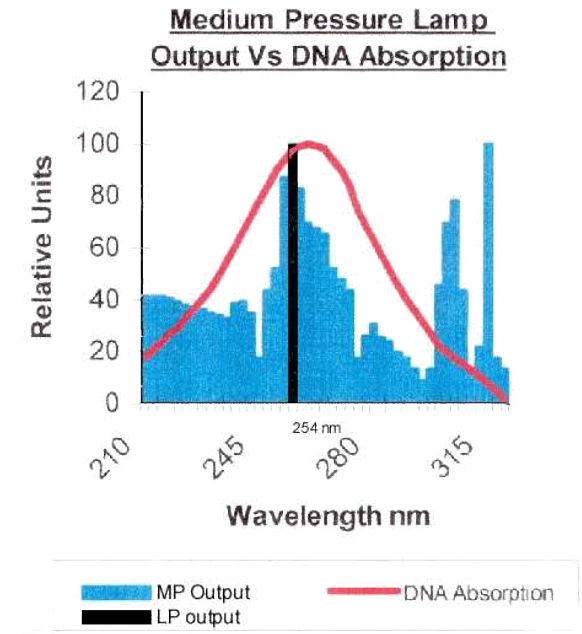
- ✓ Mancanza di effetto residuo;
- ✓ Costo delle attrezzature;
- ✓ Dipendenza dalla permeabilità dell'acqua ai raggi UV;

Mario Tavanti
Perito Industriale

Trattamento con UV: dose UV

La dose di UV trasmessa dalle lampade all'acqua da disinfettare si esprime in **mJ/cmq**.





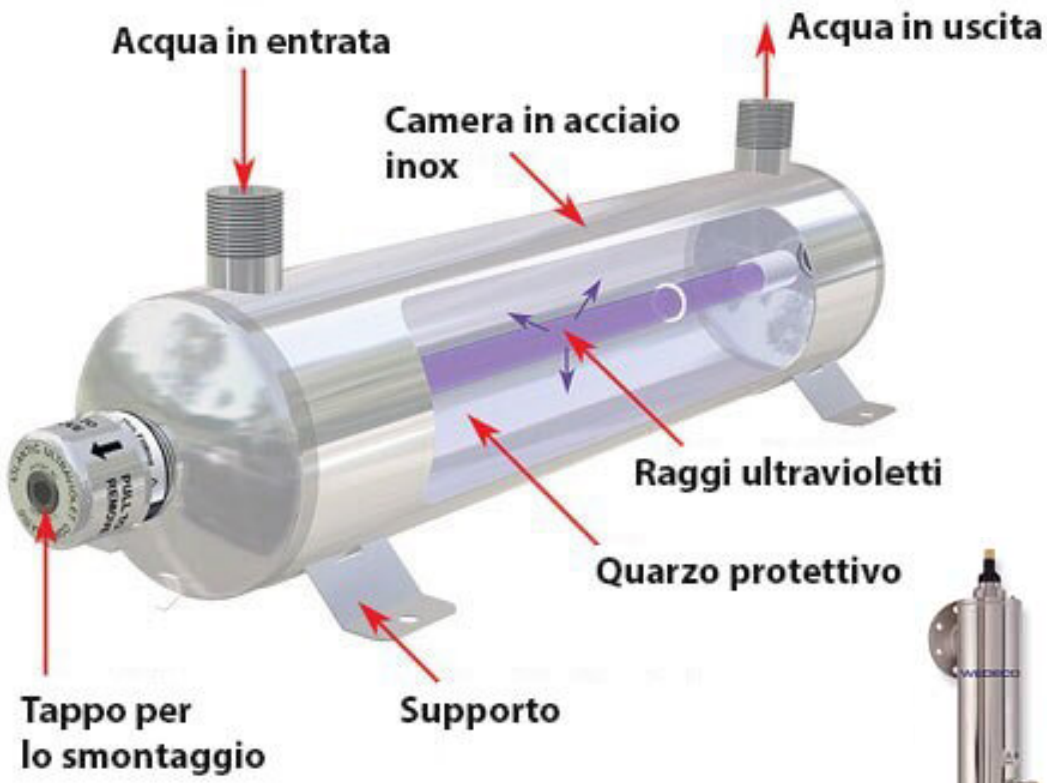
La dose di radiazione UV

Dose = I x T

é il prodotto dell'intensità della luce UV per il tempo di esposizione, è misurata in µW·s/cmq o mJ/cmq (1mJ/cmq=1000 µW s/cmq).
Le dosi medie e cumulative si basano sulle caratteristiche del flusso turbolento che può essere inferiore qualora la portata sia inferiore.

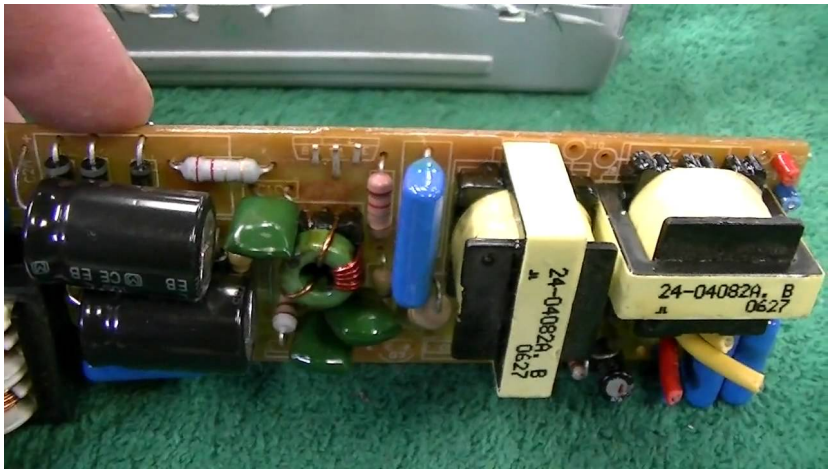
Mario Tavanti
Perito Industriale

Come è fatta una camera di irradiazione UV



Mario Tavanti
Perito Industriale

Come è fatta una camera di irradiazione UV



Mario Tavanti
Perito Industriale

Dimensionamento dei sistemi a raggi UV

Le informazioni necessarie per dimensionare opportunamente una unità a raggi UV includono, ma non si limitano a:

- ✓ Portata di picco da fornire;
- ✓ Trasmittanza dell'acqua alla radiazione elettromagnetica 254 nm;
- ✓ Sfida microbiologica (specie microbiologiche presenti);
- ✓ Standard da rispettare dopo trattamento UV;
- ✓ Presenza di ferro e manganese;
- ✓ Durezza temporanea;

Mario Tavanti
Perito Industriale

Trattamento con UV: dosi per ridurre la concentrazione dei patogeni del 99%

A partire dai dati in tabella, il raddoppio della dose UV fornita provoca l'aumento della inattivazione dei batteri/virus di un fattore 10.

Specie da eliminare il 99 %	Dose mJ/cmq (mW s/cmq)
Bacillus subtilis (spore)	12,0
Clostridium tetani	4,9
Legionella Pneumophila	2,04
Pseudomonas aeruginosa	5,5
Streptococcus feacalis	4,5
Escherichia coli	10,8
Hepatitis A virus	11,0
Hepatitis Poliovirus	12,0
Saccharomyces cervisiae	6,0
Infectious pancreatic necrosis	60,0

Mario Tavanti
Perito Industriale

Trattamento con UV: dosi per ridurre la concentrazione dei patogeni

Per la disinfezione dell'acqua, destinata ad uso potabile, si tende oggi ad applicare una dose UV non inferiore a 40 mJ/cmq.

Tabella abbattimento Escherichia Coli

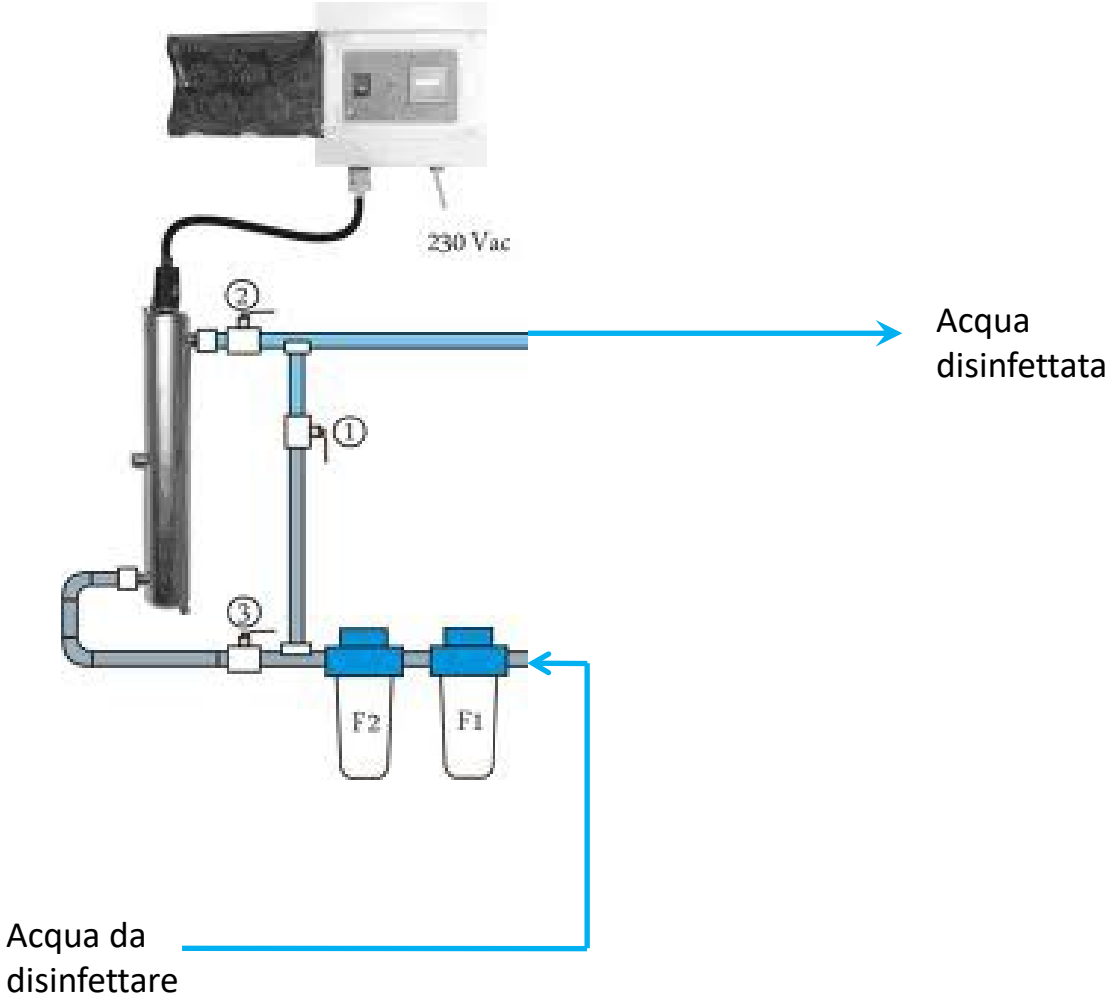
Popolazione E.Coli	Riduzione %	Log	Dose (mJ/cm^2)	E.Coli superstiti
1.000.000	90	Log 1 = D_{10} x 1	5.4	100.000
1.000.000	99	Log 2 = D_{10} x 2	10.8	10.000
1.000.000	99.9	Log 3 = D_{10} x 3	16.2	1.000
1.000.000	99.99	Log 4 = D_{10} x 4	21.6	100
1.000.000	99,999	Log 5 = D_{10} x 5	27,00	10
1.000.000	99,9999	Log 6 = D_{10} x 6	32,4	1

Mario Tavanti
Perito Industriale

Debatterizzatori a raggi UV– schema 01

L'acqua, eventualmente filtrata se necessario, viene inviata all'apparecchio a raggi UV dove subisce trattamento con radiazione ultravioletta nella dose predisposta rispetto alla portata.
Il quadro elettrico serve al funzionamento delle lampade che emettono la radiazione UV.
Di solito è dotato di conta ore azzerabile per facilitare la puntuale sostituzione della lampada UV.

Il by-pass serve per effettuare in sicurezza le operazioni di manutenzione e pulizia della camera di irraggiamento.



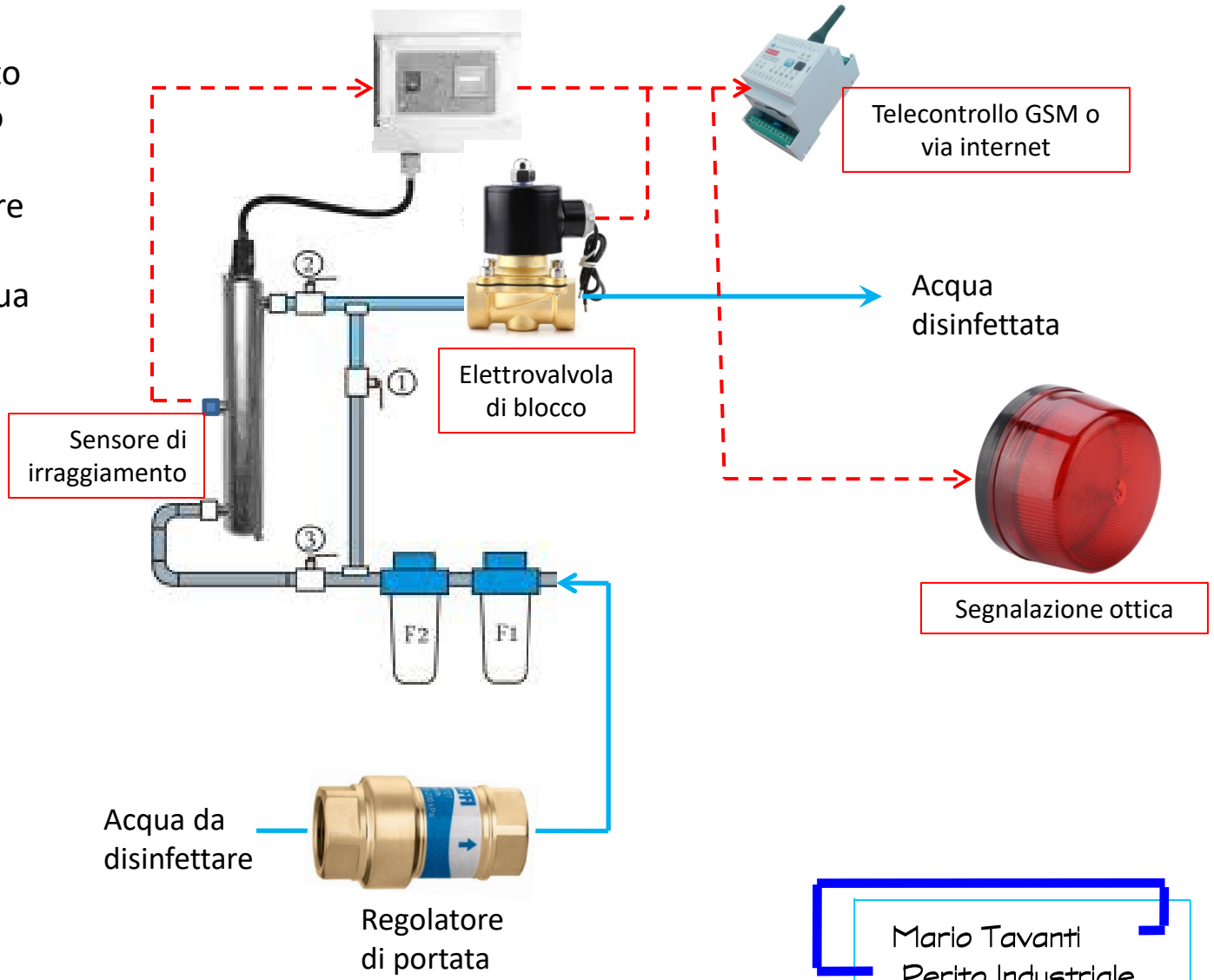
Mario Tavanti
Perito Industriale

Debatterizzatori a raggi UV– schema 02

Automazione:
Il sensore di irraggiamento può bloccare l'impianto o segnalare allarme se la dose UV irradiata è minore del previsto per problemi al debatterizzatore o acqua troppo torbida.

L'elettrovalvola di blocco permette il passaggio dell'acqua solo dopo l'attivazione del debatterizzatore ed in condizioni di servizio ottimali.

Il telecontrollo può comunicare situazioni di allarme o attivare da remoto il sistema di disinfezione.

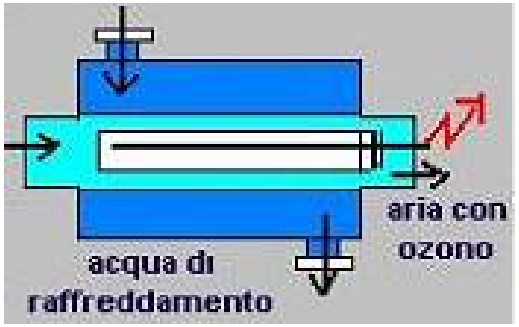


Mario Tavanti
Perito Industriale

Disinfezione mediante dosaggio di ozono
Esempi applicativi

Mario Tavanti
Perito Industriale

Attrezzature per la disinfezione mediante Dosaggio di ozono



Schema di principio generatore di ozono

Dispositivo di aspirazione a ejettore, dissoluzione e contatto per ozono

Dispositivosu skid per la produzione, dissoluzione e contatto per ozono, completo di compressore.

Mario Tavanti
Perito Industriale

Attrezzature per la disinfezione mediante microfiltrazione
Esempi applicativi

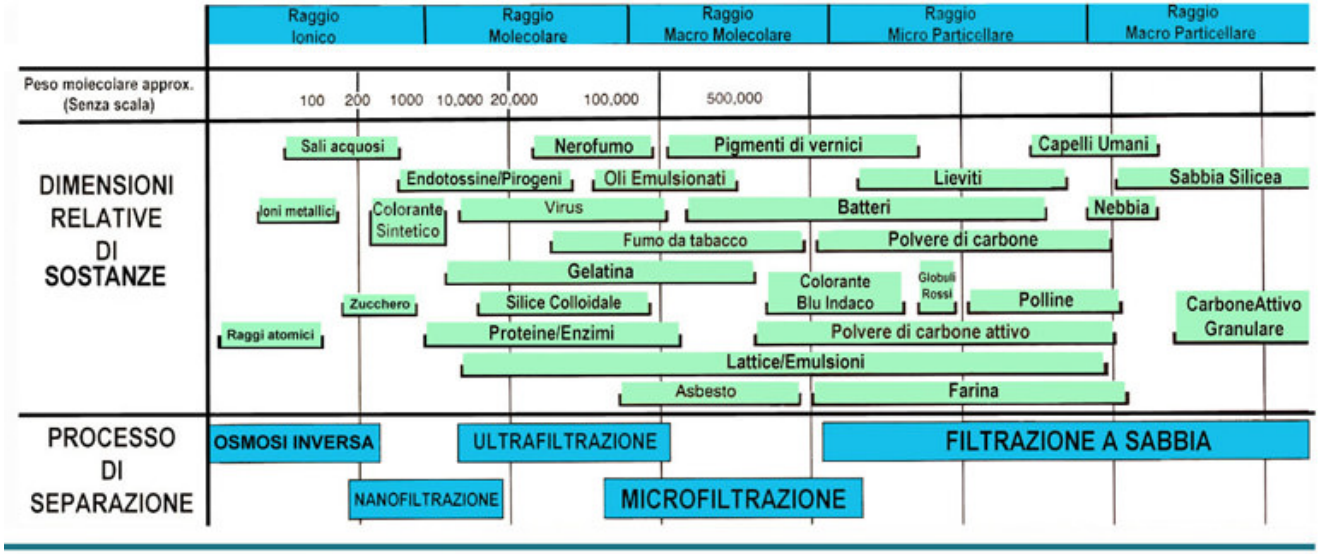
Mario Tavanti
Perito Industriale

Sterilizzazione per micro filtrazione

Filtro terminale per legionella.
Prevista la sostituzione mensile per intasamento da batteri e solidi sospesi presenti nell'acqua.
Utilizzo in ambito clinico

Filtrazione su cartucce con passaggi di Ø < 1 µ .
Limiti importanti:

- I filtri non trattengono i virus: per i virus adottare ultrafiltrazione o tecnologia più selettiva Nanofiltrazione o osmosi inversa)
- Non è agevole la rilevazione di eventuali rotture, che provocano fughe di microrganismi;
- Costi molto elevati, per installazione e gestione, ne sconsigliano l'utilizzo in ambito civile;



Mario Tavanti
Perito Industriale

Sterilizzazione per micro filtrazione

Apparecchiature domestiche

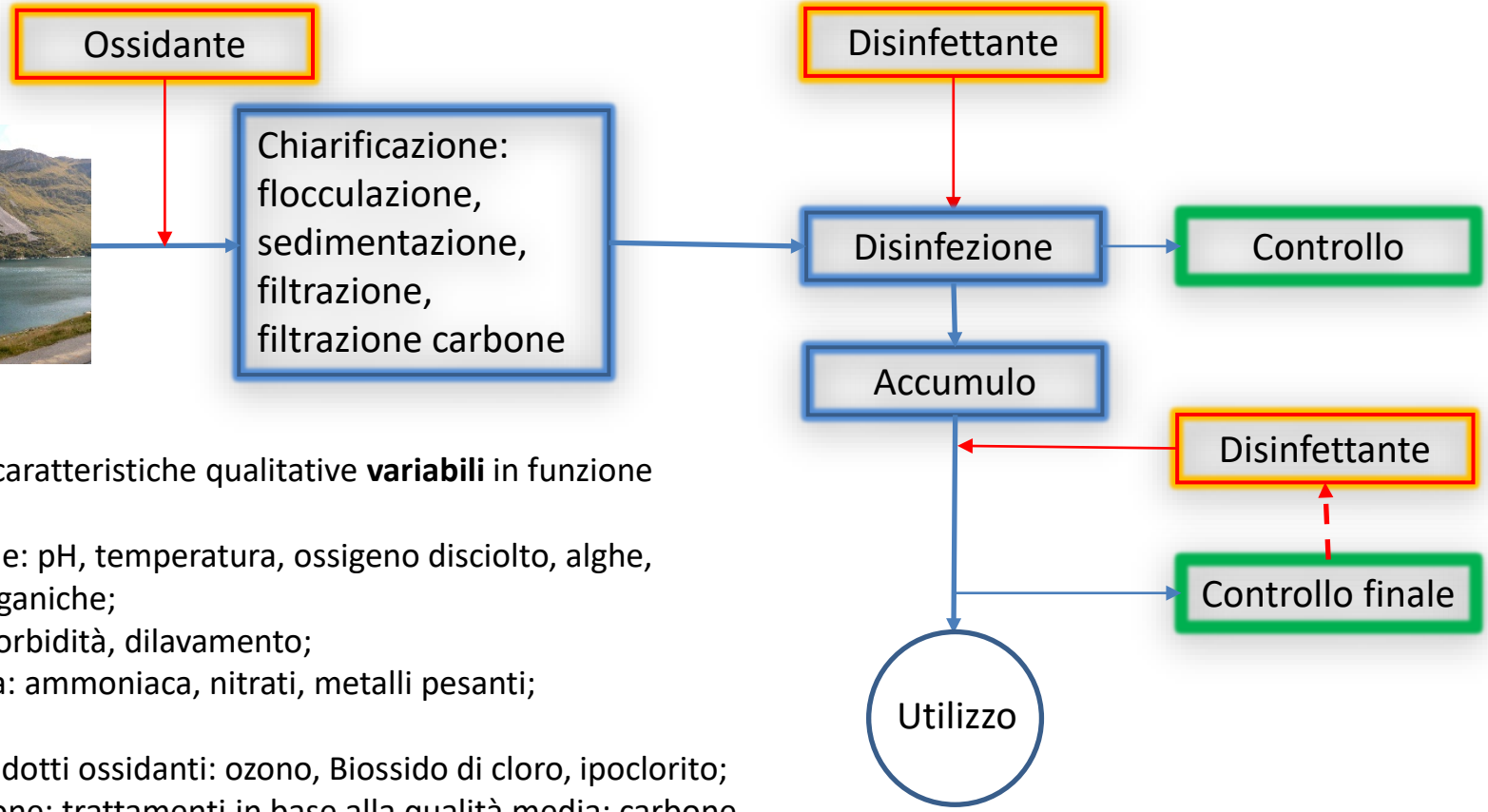
Apparecchiature industriali

Mario Tavanti
Perito Industriale

Alcuni esempi applicativi

Mario Tavanti
Perito Industriale

Potabilizzazione acque superficiali



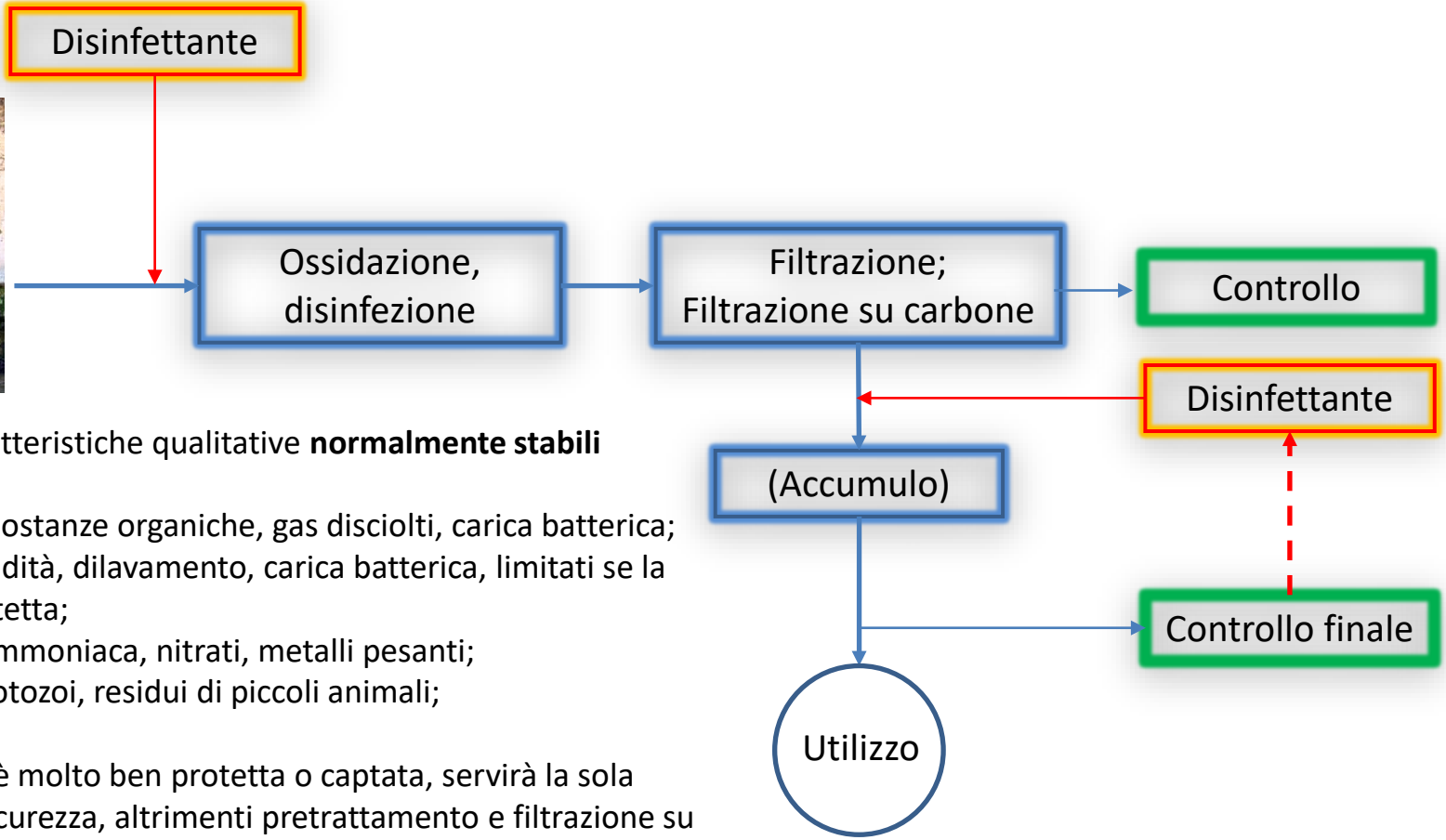
Acqua con caratteristiche qualitative **variabili** in funzione

A) stagionale: pH, temperatura, ossigeno disciolto, alghe, sostanze organiche;
B) meteo: torbidità, dilavamento;
C) antropica: ammoniaca, nitrati, metalli pesanti;

Migliori prodotti ossidanti: ozono, Biossido di cloro, ipoclorito;
Chiarificazione: trattamenti in base alla qualità media; carbone in finale per eliminazione finale delle sostanze organiche
Migliore prodotto disinfettante: biossido di cloro; ipoclorito;

Mario Tavanti
Perito Industriale

Potabilizzazione acque di sorgente



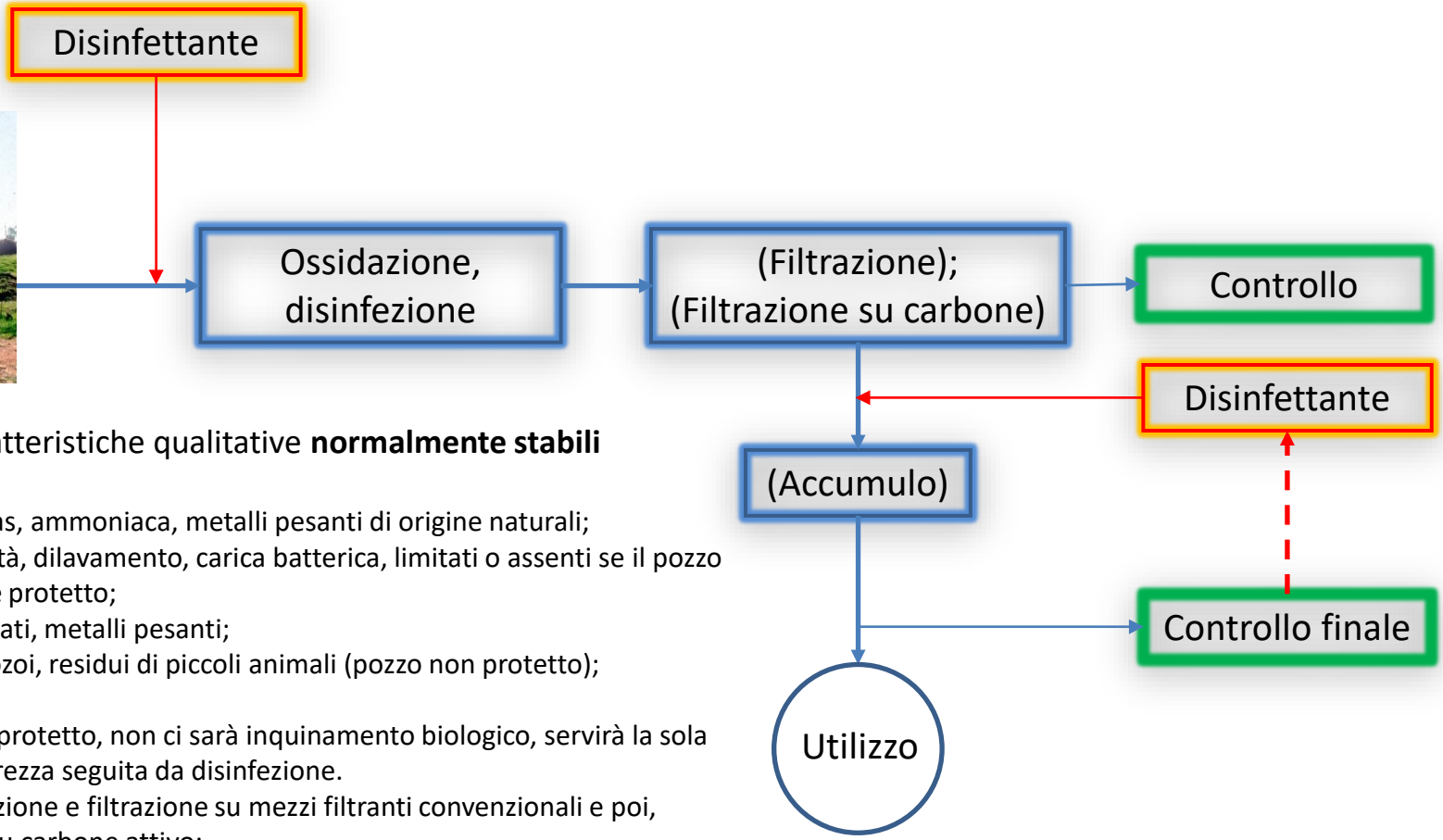
Acqua con caratteristiche qualitative **normalmente stabili**

A) stagionale: sostanze organiche, gas disciolti, carica batterica;
B) meteo: torbidità, dilavamento, carica batterica, limitati se la sorgente è protetta;
C) antropica: ammoniaca, nitrati, metalli pesanti;
D) Animale: protozoi, residui di piccoli animali;

Se la sorgente è molto ben protetta o captata, servirà la sola filtrazione di sicurezza, altrimenti pretrattamento e filtrazione su carbone attivo;
Migliore prodotto disinfettante: biossido di cloro; ipoclorito;
Disinfezione finale eventualmente con controllo disinfettante residuo o più semplicemente proporzionale alla portata

Mario Tavanti
Perito Industriale

Potabilizzazione acque di pozzo



Acqua con caratteristiche qualitative **normalmente stabili**

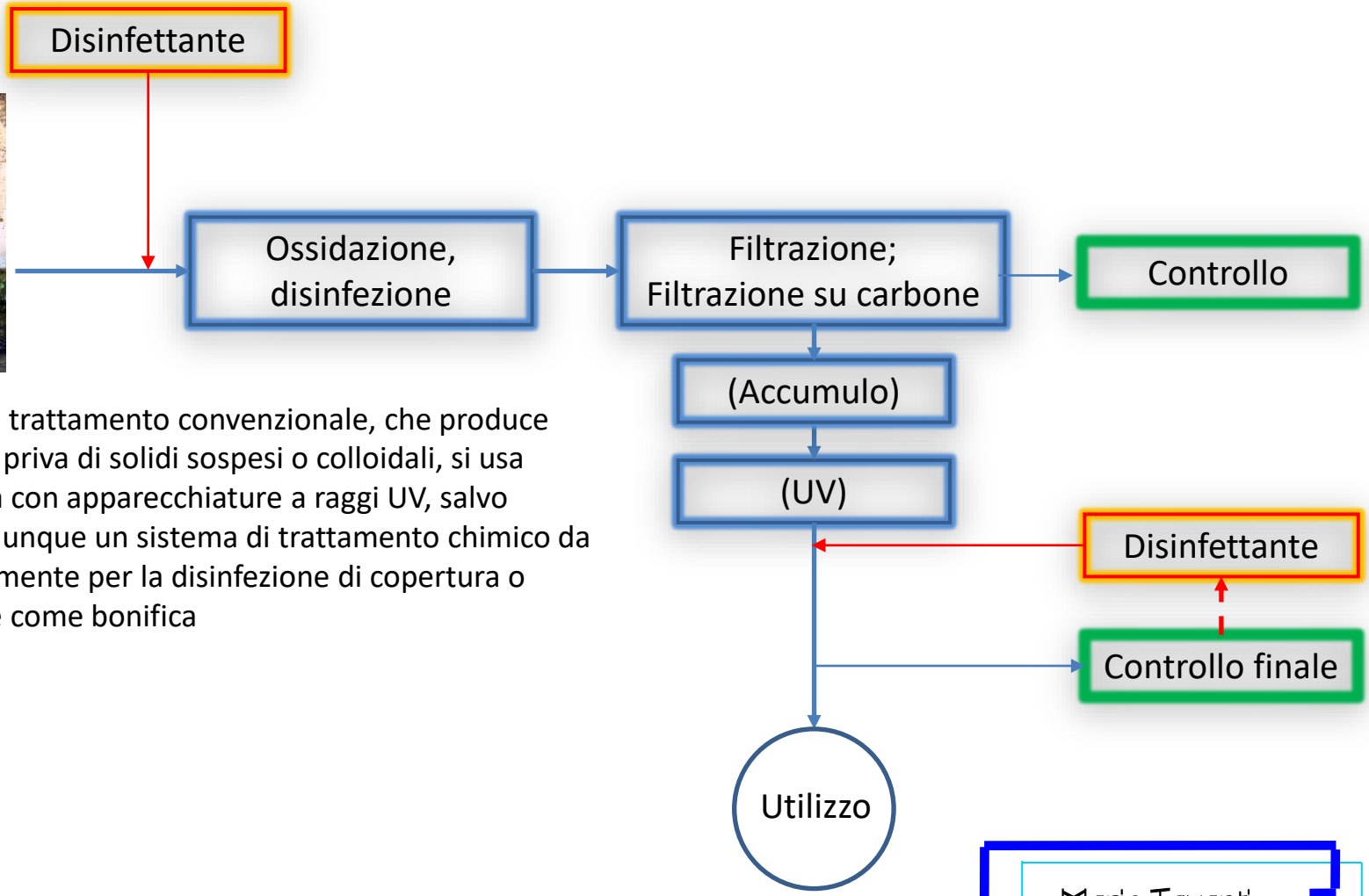
A) sali disciolti: gas, ammoniaca, metalli pesanti di origine naturali;
B) meteo: torbidità, dilavamento, carica batterica, limitati o assenti se il pozzo è adeguatamente protetto;
C) antropica:, nitrati, metalli pesanti;
D) animale: protozoi, residui di piccoli animali (pozzo non protetto);

Se il pozzo è ben protetto, non ci sarà inquinamento biologico, servirà la sola filtrazione di sicurezza seguita da disinfezione.
Altrimenti ossidazione e filtrazione su mezzi filtranti convenzionali e poi, eventualmente, su carbone attivo;

Migliore prodotto disinfettante: biossido di cloro; ipoclorito;
Disinfezione finale eventualmente con controllo disinfettante residuo o, più semplicemente, dosaggio proporzionale alla portata

Mario Tavanti
Perito Industriale

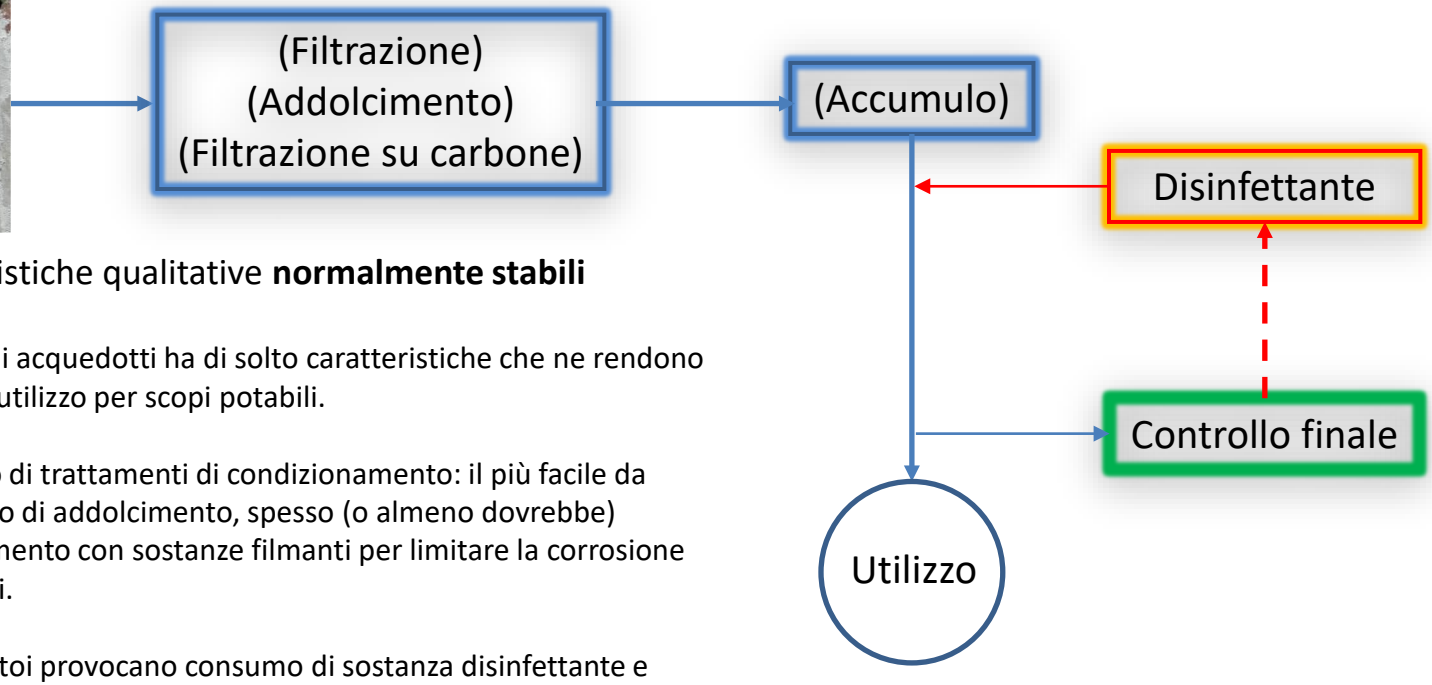
Potabilizzazione acque di sorgente o pozzo



A volte, dopo il trattamento convenzionale, che produce acqua limpida, priva di solidi sospesi o colloidali, si usa trattare l'acqua con apparecchiature a raggi UV, salvo prevedere comunque un sistema di trattamento chimico da azionare stabilmente per la disinfezione di copertura o saltuariamente come bonifica

Mario Tavanti
Perito Industriale

Ri potabilizzazione acque di acquedotto



Acqua con caratteristiche qualitative **normalmente stabili**

L'acqua che arriva dagli acquedotti ha di solto caratteristiche che ne rendono possibile l'immediato utilizzo per scopi potabili.

Eventuale inserimento di trattamenti di condizionamento: il più facile da trovare è il trattamento di addolcimento, spesso (o almeno dovrebbe) abbinato ad un trattamento con sostanze filmanti per limitare la corrosione negli impianti seguenti.

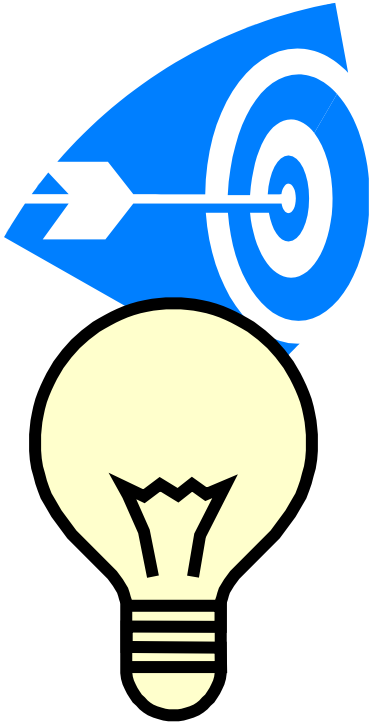
Anche eventuali serbatoi provocano consumo di sostanza disinfettante e possono provocare reinquinamento.

Prodotto disinfettante di solito usato: ipoclorito di sodio;
Disinfezione finale eventualmente con controllo disinfettante residuo o, più semplicemente, dosaggio proporzionale alla portata

Mario Tavanti
Perito Industriale

Per oggi è tutto, grazie per l'attenzione, spero di aver fatto centro nel vostro interesse ed aver suscitato qualche valida idea per l'ampliamento della vostra attività professionale.

Vi aspetto tutti (e anche qualcuno in più) al prossimo corso sulle tecniche di potabilizzazione.



Per eventuali chiarimenti e/o collaborazioni, i miei riferimenti:

Mario Tavanti
Via delle Quercioline, 38 – Loc. Grassina
50012 Bagno a Ripoli (FI)

Cell.: 398 6404888
Mail: mario.tavanti@tiscali.it; PEC: mario.tavanti@pec.eppi.it

Ordine dei periti industriali e dei periti industriali laureati della provincia di Firenze.
APIF - Firenze

Mario Tavanti
Perito Industriale
Specializzazione chimica industriale