

Capitolo 1

L'ACQUA: LA SUA NATURA E LE SUE CARATTERISTICHE

1.1 L'acqua in natura

L'acqua in natura è tra i principali costituenti degli ecosistemi ed è alla base di tutte le forme di vita conosciute, uomo compreso; la stessa origine della vita è dovuta alla presenza di acqua nel nostro pianeta. Con il termine "acqua" si intende comunemente il composto chimico di formula H_2O , che allo stato libero, cioè non legata chimicamente ad altri elementi, si presenta in natura sotto forma liquida, solida (ghiaccio) e gassosa (vapore acqueo). I cambiamenti dell'acqua da uno stato fisico all'altro si possono riscontrare all'interno del ciclo dell'acqua, o tecnicamente "ciclo idrologico", che consiste nella circolazione dell'acqua all'interno dell'idrosfera terrestre.

Le principali sedi di residenza dell'acqua allo stato libero sono:

- a) oceani e mari, che costituiscono oltre il 97% dell'acqua presente sul pianeta;
- b) ghiacci dell'Antartide e della Groenlandia, che rappresentano circa il 2,4% dell'acqua terrestre;
- c) superficie e sottosuolo terrestre, che contengono il restante 1%;
- d) atmosfera terrestre, in cui troviamo lo 0,03% dell'acqua terrestre sotto forma di vapore.

A seconda della loro provenienza, le acque naturali si classificano in:

- acque meteoriche (pioggia, neve, grandine, rugiada, brina);
- acque sotterranee (falde profonde o freatiche);
- acque superficiali (mari, fiumi, laghi, sorgenti).

L'acqua compie un ciclo continuo tra l'atmosfera, il suolo, le acque di superficie, le acque profonde e gli esseri viventi.



Figura 1.1: Ciclo naturale dell'acqua

Grazie all'evaporazione delle acque superficiali per effetto dell'irraggiamento solare ed alla traspirazione delle piante, si formano le nubi negli strati più freddi dell'atmosfera. Queste vengono trasportate dai venti ed al variare di temperatura e/o pressione, ritornano al suolo sotto forma di acque meteoriche, alimentando ulteriormente le acque superficiali ed in parte (filtrando nel terreno) quelle sotterranee. La quantità di acqua presente sulla superficie e nel sottosuolo terrestre, unita a quella contenuta nell'atmosfera sotto forma di vapore, consente la vita di ogni specie animale e vegetale sulle terre emerse.

L'infiltrazione delle acque naturali nel terreno genera le cosiddette "acque sotterranee", mentre la porzione di acqua che scorre sulla superficie terrestre costituisce le "acque superficiali". Raggiunta la capacità di infiltrazione del terreno, si assiste allo scorrimento delle acque di pioggia sulla superficie terrestre che genera il fenomeno del ruscellamento. Sia le acque sotterranee che le acque superficiali possono essere utilizzate per l'uso umano, attraverso un processo di potabilizzazione.

1.2 L'acqua nella storia

^[21] L'acqua è indispensabile all'uomo nei suoi molteplici usi civili, agricoli e industriali; e l'uomo ha riconosciuto sin da tempi antichissimi l'importanza dell'acqua per la vita, identificandola con il principale elemento costitutivo dell'universo e attribuendogli un profondo valore storico e simbolico, riscontrabile addirittura nelle principali religioni. Già gli antenati degli Aztechi, spinti da necessità ambientali, costruirono importanti sistemi per la gestione della risorsa idrica. In quelle zone il clima tropicale assicurava

abbondanti piogge per i mesi della stagione monsonica, mentre per metà dell'anno il clima era troppo secco per consentire le pratiche agricole. Quindi per consentire l'accumulo di acqua realizzarono sistemi per la raccolta e la distribuzione idrica su vasta scala: imponenti dighe di contenimento, una fitta rete di canalizzazioni ed il sistema di coltivazione a terrazze irrigate. Seppur relativamente semplici, soprattutto se confrontati con i manufatti romani dello stesso periodo, queste opere idrauliche si dimostrano assai efficienti e permisero agli agricoltori preistorici del Messico meridionale di far fronte ai ciclici periodi di siccità caratteristici di quelle zone.

Molti congegni come il mantice, la siringa, l'orologio ad acqua ed il sifone, già in uso da secoli presso più antiche civiltà come quella egizia, vennero ben presto acquisiti dai Greci i quali, peraltro, ebbero il merito aggiunto di studiare, comprendere e descrivere i principi fisici che li regolavano. Non è un caso, infatti, che gli studiosi greci siano stati artefici del più grande avanzamento culturale che la storia ricordi, sicuramente in ambito filosofico, ma anche nei settori più tecnici e scientifici, in cui vennero approfonditi, come mai prima di allora, aspetti legati all'idrostatica, all'idrodinamica, alla pneumatica, alla matematica, alla geometria ed alla fisica. Molti furono gli studiosi greci che segnarono la storia dell'idraulica, sia per alcune importanti scoperte teoriche sia per le realizzazioni pratiche di grande interesse. Tra le prime grandi opere ricordiamo quella di Eupalino, architetto ed ingegnere che, intorno alla metà del VI secolo a.C., progettò e fece realizzare un grandioso acquedotto per l'isola di Samo. I primi studi teorici riguardanti il moto delle acque vennero compiuti dallo storico e scienziato Ctesias; inoltre, ricordiamo la moltitudine di scoperte e invenzioni di Archimede, e in ultimo la pompa idraulica ideata da Ctesibio, intorno al II secolo a.C, per sollevare a notevoli altezze moderati volumi di acqua.

Numerose furono le conoscenze che i Romani ereditarono dai Greci nel campo delle acque e che nei secoli li hanno portati ad essere ricordati come i primi ingegneri idraulici della storia, soprattutto per la realizzazione di maestose opere, come i grandi acquedotti costruiti a partire dal 312 a.C. e le terme imperiali, attraverso le quali resero possibile l'urbanizzazione, nonché la diffusione del benessere e dell'igiene, sia a Roma che in tutte le città edificate durante il periodo imperiale. Essi avevano anche una legge sugli acquedotti, emanata nel 97 d. C.

Prima dei Romani la sola acqua, non miscelata a nessun'altra bevanda, veniva spesso considerata non adatta al consumo umano, in quanto vista come potenziale fonte di malattie. Sin dall'antichità, infatti, l'uomo fece rilevante uso di bevande o altro in sostituzione dell'acqua; in particolare nei paesi orientali era ben noto il tè, mentre in quelli occidentali si consumava regolarmente il vino. L'acqua, anche se di ottima qualità, poteva degradarsi e perdere le sue proprietà originarie se non adeguatamente conservata; le popolazioni marinare ben sapevano, infatti, come l'acqua potabile potesse diventare in breve tempo maleodorante e insalubre. La bollitura dell'acqua era una prassi in uso da molto tempo nei paesi dell'Oriente; tale prassi, che aveva l'effetto di distruggere le "componenti indesiderate" eventualmente presenti nell'acqua, venne utilizzata in occidente molto più tardi, solo verso il XVII secolo, con la diffusione dell'uso del caffè e del tè. In epoca medioevale, ma soprattutto rinascimentale, vennero anche costruiti, sulla falsariga romana, acquedotti su arcuazioni per il trasporto a distanza delle acque sfruttando semplicemente la forza di gravità. Non s'immaginava che l'acqua potesse essere un importante vettore di trasmissione di alcune

malattie: limpidezza ed assenza di sapori erano considerati parametri in grado di garantirne la salubrità (oggi sappiamo bene che tali caratteri organolettici sono, da soli, assolutamente insufficienti a stabilire la bontà di un'acqua). La fine del XV secolo segnò il tramonto dell'epoca medioevale ed il sorgere di nuovi schemi di pensiero che permisero la nascita e la diffusione di movimenti culturali nel territorio occidentale che condussero ben presto a riconsiderare l'importante ruolo igienico ed alimentare dell'acqua, che già la caratterizzò nel passato. La disponibilità dell'acqua corrente e la presenza di servizi igienici nelle abitazioni, anche nei grandi contesti urbani, erano un lusso ancora alla fine del XIX secolo. Nel Medioevo, infatti, a causa dei modestissimi livelli igienici della popolazione e dalla scarsa disponibilità di acqua potabile il colera trova il suo maggior sviluppo. Numerosi casi di diffusione di questa epidemia si registrano tuttavia sino alla fine del XIX secolo in molte città d'Europa, causando in pochi anni migliaia di morti, come ad esempio ad Amburgo (1892), città in cui in pochi mesi si contarono oltre 9000 vittime. Bisognerà attendere la fine del XIX secolo per dimostrare l'esistenza di microscopici agenti patogeni in grado di moltiplicarsi e generare infezioni. Fu, infatti, con i lavori di Pasteur sui microrganismi, realizzati verso la metà del XIX secolo, che si gettarono le basi per la moderna microbiologia. Molte altre scoperte in tale campo si succedettero velocemente: vennero così isolati il bacillo della lebbra (Hansen 1874), del tifo (Eberth 1880), del vibrione del colera (Koch 1883) e quello della peste (Yersin 1894) e si prese coscienza delle modalità di sviluppo delle malattie contagiose. In particolare si comprese l'esistenza di una correlazione tra il livello igienico dell'acqua che si beveva ed il livello di salute della popolazione e di conseguenza si fece sempre più forte l'esigenza di avere a domicilio acqua abbondante e di buona qualità. Presero campo i primi trattamenti sulle acque pubbliche e grazie a queste prime precauzioni si registrò un notevole decremento nella diffusione dei contagi dovuti alle fonti alimentari. Il concetto di potabilità ha avuto una notevole evoluzione con il passare degli anni, per questo motivo le acque erogate un tempo, provenienti sia dai pozzi sia dall'acquedotto, risulterebbero quasi sicuramente non potabili se valutate secondo i criteri attuali. Solo all'inizio del XIX secolo cominciarono ad essere impiegati vari tipi di trattamenti per rendere l'acqua potabile, anche se gli stessi furono diretti essenzialmente al miglioramento dei caratteri organolettici dell'acqua ed in particolare a tutto ciò che ne comprometteva la limpidezza. Si assiste così alla nascita ed allo sviluppo in Europa e negli Stati Uniti di alcune tecniche di potabilizzazione: decantazione, filtrazione, rimozione del ferro e del manganese. Tuttavia, prima ancora che venisse perfezionata la teoria microbica del contagio, il ricorso a prodotti disinfettanti traeva motivazione dalla volontà di eliminare colori e odori sgradevoli presenti nell'acqua. All'inizio l'aggiunta di prodotti disinfettanti era fatta in maniera discontinua, tramite aspersione, poi cominciarono a diffondersi i primi sistemi di disinfezione, inizialmente con il ricorso a cloro o a derivati da esso. Grazie all'impiego di questi trattamenti, fu immediatamente riscontrata una generalizzata diminuzione nei decessi dovuti a malattie connesse all'ingestione di germi patogeni. Le epidemie di colera e tifo che imperversarono nella seconda metà del XIX secolo furono le ultime, almeno nel vecchio continente. Le prime reti idriche sorsero già nel 1802 a Philadelphia (USA), mentre le città italiane aspettarono fino alla fine dell'ottocento per dotarsi di moderne strutture. Le soluzioni adottate furono lo scavo di pozzi sempre più profondi, la costruzione di acquedotti, l'uso di impianti di sedimentazione, il ricorso a filtri di sabbia e quindi la

disinfezione dell'acqua.

Il cloro fu utilizzato per la prima volta come agente disinfettante dell'acqua destinata all'uso potabile nel 1896 a Louisville (USA) in abbinamento ad un trattamento di filtrazione lenta su sabbia.

A partire dagli inizi del XX secolo si raggiunsero livelli igienici sino ad allora sconosciuti: le malattie contagiose, diffuse nei secoli precedenti, vennero arginate e definitivamente debellate e la quotidianità si fece progressivamente sempre più agiata e sicura. L'acqua iniziò ad essere seriamente presa in considerazione da scienziati e politici, sia per la comprensione delle caratteristiche chimico-fisiche uniche sia per il suo utilizzo che, con lo svilupparsi di agglomerati urbani più numerosi, si fece sempre più massiccio.

La pratica della clorazione ha in effetti debellato le malattie di origine batterica e virale (colera, tifo e dissenteria) che vengono tipicamente propagate attraverso l'acqua inquinata. Tuttavia, secondo l'OMS (l'Organizzazione Mondiale della Sanità) ancora oggi più di nove milioni di persone muoiono ogni anno a causa di patologie provocate dal consumo di acqua non idoneamente sottoposta a disinfezione.

1.3 La qualità dell'acqua

Un problema idrogeologico di notevole importanza pratica riguarda la qualità dell'acqua, ossia le sue caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche. La qualità dell'acqua è strettamente dipendente dall'uso a cui questa è destinata (agricolo, potabile, industriale) e viceversa, l'utilizzabilità delle acque dipende dallo loro qualità. Non tutte le acque sono potabili, come non tutte sono adatte a particolari usi industriali o agricoli.

Nella legge n°319/76 *“norme per la tutela delle acque dall'inquinamento”*, abrogata dal Dlgs 152/99, i corpi idrici sono così distinti:

- a) Laghi e serbatoi
- b) Corsi d'acqua naturali e artificiali
- c) Acque di transizione
- d) Acque costiere
- e) Falde acquifere sotterranee

Per la preparazione delle acque ad uso potabile possono essere utilizzate le acque superficiali di cui ai punti a) e b) e le acque di sottosuolo di cui al punto e), oltre naturalmente alle sorgenti. Mentre i requisiti che deve avere un'acqua per essere considerata potabile - ai sensi del Dlgs 152/06 *“Norme in materia ambientale”* oppure del Dlgs 31/01 *“Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano”* - possono essere stabiliti in maniera più o meno orientativa, in quanto il giudizio di potabilità emerge da una complessa indagine che tiene conto del criterio epidemiologico-tossicologico; è quindi praticamente impossibile stabilire in modo preciso i requisiti che deve avere un'acqua per essere considerata potabilizzabile.

Infatti, se un'acqua di sorgente si presenta all'analisi chimica, fisica e microbiologica con i requisiti contemplati nella suddetta normativa, ma l'indagine idrogeologica mostra che sono da temere possibilità di inquinamenti, il giudizio non può che essere riservato. Si riporta dall' *Enciclopedia Italiana* la definizione di

acqua potabile: “Un’acqua si dice potabile, quando, oltre a possedere sapore, colore e limpidezza che la rendano grata al gusto e alla vista, oltre a non avere odore spiacevole, abbia composizione adatta a soddisfare i bisogni fisiologici del ricambio dell’organismo e non possa recare a questo alcun danno o malattia, per la presenza in essa sia di sostanze chimiche nocive, sia di germi patogeni”. Dal punto di vista dell’igiene, l’acqua ad uso potabile deve rispondere a determinati requisiti di purezza. Essa infatti può essere spesso veicolo di parassiti patogeni per l’uomo, poiché nel suo ciclo viene a contatto con molti altri elementi e soprattutto con l’aria e con il suolo. È pertanto assolutamente indispensabile un rigoroso controllo sanitario sull’acqua ad uso potabile e un’esatta conoscenza dei caratteri organolettici, fisici, chimici e biologici che contraddistinguono l’acqua pura da quella inquinata o soggetta comunque a possibili inquinamenti.

1.3.1 Caratteristiche organolettiche dell’acqua

Si indicano con questo termine il colore, l’odore, il sapore e la torbidità. IL COLORE di un campione d’acqua viene generalmente determinato mediante colorimetri tipo Lovibond o Nessleriser, muniti di vetrini colorati di confronto. ^[3] La colorazione delle acque può essere dovuta a cause naturali, come lo sviluppo di microrganismi, che impartiscono colore rosso o azzurro a certi famosi laghetti alpini, o la presenza di sostanze umiche. A queste ultime, come riferisce il prof. Reino Ryhanen, si deve ascrivere la colorazione giallo-bruna delle acque di molti laghi della Finlandia. Più sovente, tuttavia, la colorazione è provocata dallo scarico di sostanze coloranti, generalmente organiche, il cui effetto è chiaramente percepibile anche a concentrazioni minime, dell’ordine di pochi centesimi di mg/l; a causa di ciò, il colore non è generalmente un indice di nocività delle acque. Ciò non significa che il fenomeno della colorazione delle acque debba essere tollerato, infatti esistono motivi estetici e psicologici che consigliano la sua prevenzione.

L’ODORE dell’acqua non può evidentemente essere misurato mediante apparecchi o titolazioni chimiche e ci si deve quindi affidare, per la sua valutazione, al senso dell’odorato e alla maggiore o minore tolleranza del cittadino medio al disturbo da esso causato. Purtroppo si tratta quasi sempre di odori disgustosi e nauseabondi, come si può rilevare dalla seguente classificazione, dovuta alla *Royal Commission on Sewage Disposal*:

- Odori putridi (dovuti principalmente all’idrogeno solforato)
- Odore di pesce (dovuto probabilmente ad ammine organiche)
- Odore di vermi (causato da sostanze fosforate)
- Odore di terra (il meno sgradevole dovuto all’humus).

La presenza dei suddetti odori denuncia generalmente un inquinamento di origine domestica, mentre gli scarichi industriali contengono sovente sostanze naturali o sintetiche che producono le più diverse sensazioni olfattive.

IL SAPORE dell’acqua è una caratteristica che acquista significato solamente nel caso in cui il corpo idrico sia destinato al prelievo d’acqua per uso potabile. Anche qui, come per l’odore, il giudizio non può che essere soggettivo. Le più diverse sostanze chimiche possono impartire sapori sgradevoli all’acqua, ma

se l'inquinamento non è eccessivo, l'inconveniente può essere in genere agevolmente rimosso grazie ai normali trattamenti di potabilizzazione. Uno tra questi è la clorazione, che tuttavia comporta l'alterazione del sapore per concentrazioni di cloro superiori a 0,1 mg /l, ma la presenza di questa sostanza, seppur percepibile dal gusto umano, è tuttavia generalmente ben tollerata dalla popolazione, salvo in alcune città (come ad esempio Berna) dove si preferisce ricorrere all'ozonizzazione, benché assai più costosa.

L'inconveniente più grave si ha quando nell'acqua sono presenti derivati del fenolo, i quali si combinano col cloro, dando origine al clorofenolo, il cui stomachevole sapore è nettamente percepibile a concentrazioni di 0,2 g/l.

LA TORBIDITA' delle acque è dovuta alla presenza di sostanze solide sospese costituite da particelle finissime, incapaci di sedimentare in un tempo ragionevolmente breve. La determinazione del valore di torbidità vien fatta normalmente sul campione mediante apparecchi detti "nefelometri" nei quali una cellula fotoelettrica misura l'assorbimento della luce da parte delle suddette particelle. La torbidità dell'acqua può essere provocata da cause naturali, come le piene dei fiumi che trascinano finissimi detriti silicei, oppure dallo scarico di liquami di varia origine contenenti sostanze sospese, o anche dal versamento di sostanze nutritive, e conseguente disordinata crescita di alghe. La presenza di torbidità in un corpo d'acqua è nociva soprattutto per l'intercettazione della radiazione solare, che compromette il regolare svolgimento della fotosintesi clorofilliana.

1.3.2 Parametri caratteristici dell'acqua

Le caratteristiche chimiche e fisiche delle acque variano in funzione della loro provenienza. Per i fiumi, le acque sotterranee e i laghi la concentrazione ed il tipo di sostanze presenti dipenderanno dal tipo di terreno e dalla presenza di insediamenti abitativi, attività industriali ed agricole. L'acqua, nel suo moto di scorrimento, esercita un'azione di trascinamento sulle particelle solide; inoltre, la sua azione solubilizzante, esaltata dalla presenza di CO₂ disciolta, determina la presenza di ioni in soluzione, come solfati, bicarbonati, silicati, cloruri, calcio, magnesio, ecc... Ben più pesanti sono, invece, gli effetti della presenza dell'uomo, che utilizza i corpi idrici sia per l'approvvigionamento delle acque grezze che per il recapito finale delle acque usate, assieme a tutte le sostanze che esse contengono, come sostanze biodegradabili, composti dell'azoto e del fosforo, ma anche pesticidi, metalli pesanti ed altre sostanze tossiche. Le sostanze contenute nelle acque, estremamente variabili per tipo e quantità in base alla loro provenienza, possono essere classificate nei seguenti gruppi:

- SOLIDI SOSPESI : Colloidi, sospesi organici e sospesi inorganici;
- SOLIDI DISCIOLTI: Sostanze inorganiche e sostanze organiche;
- FORME VIVENTI: Forme superiori e microrganismi;
- GAS DISCIOLTI.

Il problema sostanziale della qualità dell'acqua, da sottoporre a processi di potabilizzazione, sta nel ricordare il momento della diagnosi con quello della cura e prevenzione. È necessario identificare e quantificare tutte le possibili conseguenze, con implicazioni igienico-sanitarie, a medio e lungo termine,

al fine di realizzare tutti quei trattamenti di sicurezza e quei provvedimenti atti a ridurre tutte le possibili conseguenze di rischio per l'uomo entro limiti ragionevolmente possibili. La normativa vigente, carente per le acque di sottosuolo e sorgenti, ha fronteggiato il progressivo crescente inquinamento delle acque superficiali con l'adozione di processi di potabilizzazione che consentono di trasformare in acqua potabile le acque superficiali appartenenti alle categorie A1, A2 e A3, individuate dal Dlgs 152/99 *“Decreto legislativo recante disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”*.

1.4 La potabilizzazione dell'acqua

Quando l'esame igienico di un'acqua dimostra che essa è impropria per qualsiasi motivo al suo uso diretto come acqua potabile, occorre procedere alla sua correzione o alla sua depurazione, oppure ad entrambe le operazioni. Con il termine “correzione” si intende l'insieme dei procedimenti aventi lo scopo di migliorare i caratteri organolettici, fisici e chimici di un'acqua, mentre la parola “depurazione” indica l'insieme delle operazioni atte a purificare le acque dal punto di vista batteriologico. Tali operazioni avvengono negli impianti di potabilizzazione. Ne esistono di due tipi: gli impianti di filtrazione, in cui le acque sono soggette ad un insieme di processi depurativi, e quelli in cui avviene la sola disinfezione. Generalmente il processo di conversione delle acque grezze in acque potabili avviene attraverso una sequenza di stadi, ognuno dei quali è specializzato nella rimozione di una particolare classe di sostanze. Avremo così lo stadio di rimozione dei solidi sospesi, quello di riduzione dei sali indurenti, quello di eliminazione dei microrganismi e così via. Teoricamente oggi è possibile trattare tutti i tipi di acque: infatti le tecniche sono talmente affinate che è possibile eliminare ogni sorta di impurezza. Il problema consiste nel trovare la soluzione economicamente accettabile, tenuto conto delle caratteristiche delle fonti di approvvigionamento a disposizione e dei requisiti da raggiungere. Gli impianti di potabilizzazione sono generalmente ubicati presso le opere di presa o al termine della condotta adduttrice e il loro posizionamento deve avvenire su un terreno che topograficamente permetta di sfruttare il moto a gravità per il passaggio delle acque da un trattamento al successivo, così da ridurre il più possibile il consumo di energia elettrica.

La potabilizzazione dell'acqua (o purificazione dell'acqua) consiste nella rimozione delle sostanze contaminanti dall'acqua grezza, proveniente da invasi artificiali. Per ottenere acqua potabile che sia pura abbastanza per il normale consumo domestico o per usi industriali, la potabilizzazione viene applicata a monte delle reti di adduzione idrica, facendo passare tali acque attraverso svariate tipologie impiantistiche di rimozione del materiale organico ed inorganico, attraverso metodi fisici, chimico-fisici e biologici in base al tipo di sostanza da eliminare dal flusso in ingresso all'impianto.

Il fatto che l'acqua sia per natura un solvente rende alquanto problematica l'efficace eliminazione di moltissime sostanze indesiderate.

Le sostanze principalmente rimosse durante il processo comprendono parassiti come Giardia, batteri, alghe, virus, funghi, alcuni minerali (incluso alcuni metalli pesanti), e alcune sostanze chimiche inquinanti

prodotte dall'uomo. In generale la depurazione delle acque viene realizzata per:

- migliorare sapore, odore e colore,
- diminuire la durezza,
- rimuovere nutrienti quali azoto e fosforo,
- ridurre il BOD, COD e TOC,
- rimuovere solidi sospesi e sedimentabili,
- rimuovere patogeni tramite disinfezione.

A valle dei processi di potabilizzazione vengono abitualmente impiegati i cloratori. Si tratta di pompe dosatrici di cloro, solitamente sotto forma di ipoclorito di sodio, che erogano quantità di cloro dosate per corrispettivi volumi di acqua in transito. Hanno l'importantissima funzione di rendere igienicamente sicura l'acqua immessa in distribuzione. Infatti, nelle zone dove l'acqua non viene clorata, spesso si trasmettono pericolose infezioni batteriche, che causano frequentemente la dissenteria. Per *cloro-richiesta* si intende la quantità necessaria di cloro per una completa depurazione dell'acqua. Il cloro (in quantità troppo elevate) fornisce all'acqua sapore e odore sgradevoli e può danneggiare l'apparato digerente. Quindi è necessario eliminarlo dopo che ha svolto la sua azione. Il procedimento per il suo allontanamento consiste nel far passare l'acqua dal basso verso l'alto attraverso un filtro di sabbia per farla cadere su delle lastre per dividerle in gocce sempre più piccole. Contemporaneamente si insuffla aria purificata per sostituire il cloro con i gas dell'aria che non danno inconvenienti; oppure si aggiunge dell'ammoniaca per ottenere clorammine (NH_2Cl , NHCl_2 , NCl_3), sostanze insapori ed innocue che svolgono un'azione batteriologica senza alterare troppo le caratteristiche organolettiche dell'acqua. In alternativa è possibile trattare l'acqua depurata attraverso l'irraggiamento con lampade UV; questo trattamento è efficace nel rimuovere germi patogeni a condizione che l'acqua sia sufficientemente limpida, e perciò i raggi luminosi possano permearla completamente. Il trattamento con raggi UV quindi viene utilizzato soventemente o come post-trattamento per liquami pre-trattati con processi biologici subito prima di essere immessi in distribuzione, oppure al punto di consumo, altrimenti non impedisce che successivamente l'acqua venga nuovamente contaminata. Può essere anche sfruttata l'azione microbica dell'ozono, ma i costi superiori ne limitano l'utilizzo. La scelta del "ciclo di potabilizzazione" e quindi la definizione dello "schema di funzionamento" dipendono dalle caratteristiche naturali e di contaminazione dell'acqua. Uno stesso trattamento può svolgersi impiegando tecniche e mezzi operativi diversi, che consentono ugualmente di raggiungere le finalità preposte.

La molteplicità dei mezzi operativi esistenti permette svariate combinazioni, ma la sequenza del trattamento si riassume in:

- trattamento fisico
- trattamento chimico
- trattamento chimico – fisico
- trattamento biologico

Premesso che la sequenza delle varie fasi del trattamento deve adeguarsi al problema specifico da risolvere e che tale sequenza viene scelta sulla base delle analisi dell'acqua grezza e della loro interpretazione, è ovvio

che non si può stabilire aprioristicamente uno schema di trattamento per la potabilizzazione delle acque. A titolo indicativo si propone il seguente schema generale :

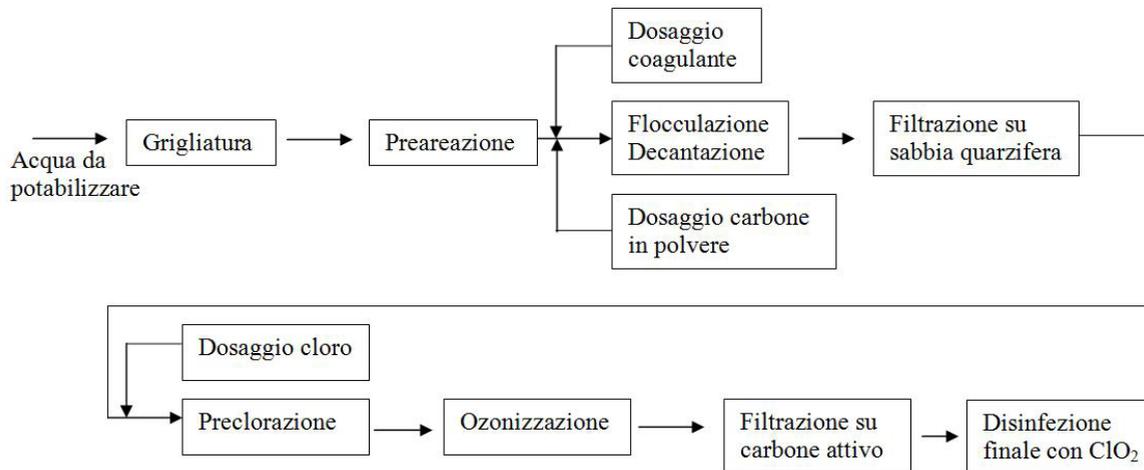


Figura 1.2: Schema generale dei trattamenti di potabilizzazione

Il trattamento tradizionale di potabilizzazione consiste nelle seguenti fasi:

- Grigliatura: si realizza la separazione dei corpi solidi più o meno grossolani dall'acqua, può essere seguita dalla microstacciatura qualora nell'acqua siano presenti microalghe che, successivamente, intaserebbero i filtri. Con questo procedimento le alghe vengono ridotte del 70%.
- Preareazione: si effettua con turbine superficiali, che arricchiscono l'acqua di ossigeno fino ad oltre il valore di saturazione.
- Addizione di coagulante: le sostanze colloidali vengono agglutinate. La carica batterica e le sostanze organiche vengono ridotte.
- Flocculazione e decantazione: è il processo con il quale si eliminano dall'acqua le sostanze coagulate e flocculate. Con la flocculazione si può eliminare fino al 90% dei virus presenti nell'acqua.
- Filtrazione su sabbia quarzifera: le sostanze sfuggite alla sedimentazione vengono trattenute dai filtri a sabbia quarzifera.
- Preclorazione: ha il compito di abbassare la carica batterica e di eliminare l'ammoniaca. Non ha azione sull'abbattimento di fenoli, idrocarburi aromatici policiclici, pesticidi e tensioattivi.
- Ozonizzazione: è un processo di affinamento della qualità dell'acqua mediante ossidazione. L'ozono inoltre disattiva i virus, e oltre a possedere azione decolorante e deodorizzante, riduce la concentrazione degli aloformi e innalza fortemente il valore redox dell'acqua.
- Filtrazione su carbone: è un processo di affinamento della qualità dell'acqua mediante adsorbimento. Con adeguate velocità e concentrazioni di micro-contaminanti costanti nel tempo si può ridurre la contaminazione a valori bassi. Gli aloformi dopo pochi giorni perforano il filtro e i tensioattivi inglobano il carbone attivo riducendone il potere adsorbente. Con la combinazione ozono-carbone

attivo si superano questi due inconvenienti. Il carbone attivo inoltre possiede azione decolorante e migliora l'organolessi.

- Clorazione finale con biossido di cloro: il biossido di cloro, alle concentrazioni necessarie per la cloro-copertura (massimo 0,5 mg/l), non provoca sapori e odori sgradevoli e permane molto a lungo nell'acqua, inoltre non reagisce con le sostanze organiche e quindi non forma aloformi, clorofenoli, ecc...