



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Corso di laurea in Scienze e Tecnologie Alimentari

**Acqua di rubinetto e acqua minerale:  
la differenza che (non) c'è**

Relatore:  
Prof. *Simone Vincenzi*

Laureando:  
Fasolo Andrea  
Matricola n. 1166871

ANNO ACCADEMICO 2021- 2022



## **Introduzione**

### **Capitolo 1. Acqua destinata al consumo umano**

- 1.1 Acqua sinonimo di salute
- 1.2 Legislazione delle acque destinate al consumo umano

### **Capitolo 2. Acqua potabile di rubinetto**

- 2.1 Caratteristiche e sviluppo del servizio idrico nazionale
- 2.2 Vantaggi del consumo di acqua del rubinetto
- 2.3 Svantaggi del consumo di acqua del rubinetto

### **Capitolo 3. Acqua minerale naturale**

- 3.1 Caratteristiche dell'acqua minerale naturale
- 3.2 Legislazione dell'acqua minerale naturale
- 3.3 Vantaggi consumo di acqua minerale
- 3.4 Svantaggi consumo di acqua minerale

### **Capitolo 4. Metodologie analisi di acque destinate al consumo umano**

- 4.1 ICP-MS e specie metalliche nelle acque destinate al consumo umano
- 4.2 Spettrofotometro UV-VIS e metodo spettrofotometrico nell'analisi delle acque destinate al consumo umano

## **Conclusione**

## **Bibliografia e Sitografia**



## **Introduzione**

Il presente elaborato ha come protagonista una sostanza che, contemporaneamente, potrebbe essere analizzata sotto diversi aspetti e funzioni: l'acqua.

L'acqua viene identificata come un composto chimico, incolore e insapore e, nella sua semplicità, riveste un ruolo primario per l'ambiente e per la sopravvivenza degli esseri viventi; inoltre, si presenta sotto vari stati: quello liquido, gassoso e solido. Presto si capisce che l'analisi di questo elemento si presterebbe bene a svariati livelli di osservazione. Lo scopo di questa ricerca è invero focalizzare l'attenzione sul confronto tra l'acqua di rubinetto (fornita dal servizio idrico nazionale) e l'acqua minerale (garantita attraverso l'acquisto di acqua in bottiglia). Le due sono indubbiamente accomunate da alcune caratteri, mentre per altri differiscono totalmente: è proprio da queste discrepanze che nascono i numerosi dubbi ed incertezze nella popolazione.

L'elaborato vuole integrare la descrizione qualitativa dell'acqua nelle sue caratteristiche costitutive con l'approfondimento di casi pratici che si incontrano nell'analisi delle acque in laboratorio.

Si approfondiranno entrambe le soluzioni dal punto di vista normativo, cui seguirà l'analisi delle particolarità chimiche e microbiologiche. Infine, si analizzeranno le differenze dei due prodotti.

L'interesse per questo argomento nasce dalla personale esperienza maturata in ambito di tirocinio prima e di lavoro poi (in laboratorio, infatti, ogni giorno si analizzano matrici di acque di ogni tipo) e da una curiosità per un tema in grado di essere così divisivo per l'opinione pubblica.



## Capitolo 1. Acqua destinata al consumo umano

### 1.1 Acqua sinonimo di salute

L'acqua è determinante per il benessere del nostro organismo e proprio per questo motivo risulta fondamentale in tutti i processi metabolici che definiscono e identificano tutte le funzioni fisiologiche caratterizzanti il nostro metabolismo.

Secondo l'EFSA, l'agenzia europea per la sicurezza alimentare, il quantitativo di acqua da assumere varia in base all'età dell'individuo (Tab. 1).

Gruppo	Fabbisogno totale di acqua raccomandato (giornaliero)
Neonati (0-6 mesi d'età)	100 - 190 ml per kg di peso corporeo, da allattamento al seno
Bambini (6-12 mesi d'età)	0,8 - 1,0 litro
Bambini (1-2 anni d'età)	1,1 - 1,2 litri
Bambini (2-3 anni d'età)	1,3 litri
Bambini (4-8 anni d'età)	1,6 litri
Ragazzi (9-13 anni d'età)	2,1 litri
Ragazze (9-13 anni d'età)	1,9 litri
Uomini adulti (più di 14 anni d'età)	2,5 litri
Donne adulte (più di 14 anni d'età)	2,0 litri

Tab. 1<sup>1</sup>

Una sua corretta e regolare assunzione sta alla base di uno stile di vita salubre. L'assunzione, infatti, non deve essere circoscritta ai pasti, ma a tutto l'arco della giornata così da rispondere nel miglior modo possibile alla richiesta di idratazione del nostro organismo.

Le vie di assunzione sono molteplici: l'assunzione di acqua non è limitata, come si potrebbe pensare, esclusivamente all'atto di abbeverarsi, bensì include anche la fase di ingerimento di alcuni cibi con un alto tenore di acqua (si vedano frutta e verdura).

Il nostro corpo è composto da acqua per quasi due terzi<sup>2</sup>, distribuita in maniera abbastanza disomogenea. Tutti gli organismi dipendono dall'acqua e ne contengono in quantità

---

<sup>1</sup> *Quanta acqua bisognerebbe bere al giorno?*(s.d.). The European Food Information Council : Food facts for healthy choices | Eufic. <https://www.eufic.org/it/vita-sana/articolo/quanta-acqua-bisognerebbe-bere-al-giorno>

<sup>2</sup> Bignami, L. (2015, 16 novembre). L'acqua della Terra è (quasi) tutta terrestre - Focus.it. Focus.it. <https://www.focus.it/ambiente/natura/terra-origine-dell-acqua>

elevate. Concentrandosi sul corpo umano, non possiamo generalizzare poiché siamo soggetti a differenze notevoli secondo l'età, la costituzione e il tipo di alimentazione. Da giovani, siamo decisamente più ricchi di acqua soprattutto nei tessuti molli, nel derma e nei tessuti connettivi. Con il passare degli anni, il tenore d'acqua si riduce progressivamente da una media dell'80% nel neonato, al 60-70% nell'adulto, ad un 45-50% nell'anziano<sup>3</sup>.

Circa metà dell'acqua contenuta nel nostro corpo è all'interno delle cellule e costituisce il cosiddetto *liquido intracellulare*. L'acqua, all'interno delle cellule e più in generale nel nostro organismo, sfrutta una delle sue proprietà chimiche che maggiormente la differenziano dalle altre sostanze: la capacità di fungere da solvente. Essa costituisce il mezzo che funge da *carrier* per un grande numero di sostanze e che riesce, più in generale, a partecipare come parte fondamentale in numerosi processi a livello cellulare, tra cui il più importante: l'input e l'output di sostanze dalla cellula.

Ecco che l'acqua risulta essere necessaria non solo a livello strutturale, ma anche a livello cellulare per il mantenimento di compiti che garantiscono il normale funzionamento delle cellule stesse.

Sulla base di vari studi applicati a persone adulte, normopeso e in buono stato di salute si è riscontrata una perdita giornaliera di acqua attorno ai 2,5 litri<sup>4</sup>. La perdita è principalmente dovuta a urina, sudore, feci e respirazione; è necessaria quindi una corretta reidratazione per il ripristino dei valori di acqua all'interno del nostro corpo.

In risposta a questo "ciclo", una sana abitudine che aiuta a prevenire problematiche e che consente di mantenere un buono stato di salute, è quella di assumere giornalmente un determinato quantitativo di acqua durante i pasti, ma soprattutto durante tutto il protrarsi della giornata.

L'acqua si può considerare il nostro alimento principale, in quanto tutti i cibi che consumiamo ne contengono un variabile quantitativo dipendente da diversi fattori.

---

3 Quanta acqua bisognerebbe bere al giorno? (s.d.). The European Food Information Council: Food facts for healthy choices | Eufic. <https://www.eufic.org/it/vita-sana/articolo/quanta-acqua-bisognerebbe-bere-al-giorno>

4 European food Safety Authority (EFSA) (2010). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for water. EFSA Journal, 18-38.



Nelle tabelle nutrizionali delle etichette troviamo proteine, carboidrati e grassi; l'acqua, dandola per scontata, come se fosse di valore ed importanza inferiore, non viene quasi mai citata salvo che per esclusivi scopi di marketing. O viene citata implicitamente quando i dati di etichetta vengono espressi su peso secco. Va sottolineato, invece, come gli alimenti più "preziosi" e maggiormente importanti a livello salutistico, siano quelli ad alto tenore d'acqua. Va sottolineato che tra i vari appelli che l'OMS lancia a favore di un'alimentazione più salubre a difesa e tutela dalle malattie della civilizzazione (tumori, diabete, osteoporosi, problemi cardiovascolari), al primo posto vi è l'invito a consumare ogni giorno almeno cinque porzioni di frutta e verdura fresca preferibilmente di stagione, le quali notoriamente sono gli alimenti più semplici, ma con un grande contenuto di acqua.

Tra l'altro, frutta ed ortaggi ci offrono acqua di altissima qualità: filtrata, purissima, arricchita di enzimi, sali minerali, oligoelementi e vitamine. Ricordando quindi che nella quotidianità dobbiamo bere mediamente 2,5 litri di acqua, si consiglia di introdurre almeno il 75% di acqua come liquido vero e proprio, la restante parte invece attraverso alimenti, nella fattispecie frutta e ortaggi.

In ultima analisi, l'essenziale resta sempre mantenere il bilancio idrico in equilibrio, rispondendo alla regola semplicissima che dice: tanta acqua esce, tanta acqua deve entrare.

## 1.2 Legislazione delle acque destinate al consumo umano

Fin dal principio, e comunque fino a tempi recenti, i parametri utilizzati per valutare un'acqua potabile erano essenzialmente di natura organolettica, basati semplicemente sulla percezione da parte degli organi di senso di eventuale difformità rispetto a quella che era ritenuta l'acqua ideale. Alcuni esempi di questi parametri erano la limpidezza del fluido, il suo sapore o il suo odore: in base a questi, si ricercava un'acqua il più possibile limpida, incolore, insapore ed inodore.

Per rispondere a tali caratteristiche si effettuavano operazioni di decantazione e filtrazioni, spesso con strumenti inadeguati e non performanti causando di conseguenza ulteriori problematiche alla materia prima.

Nel corso dei millenni, acquisita l'idea che l'acqua poteva essere causa e veicolo di trasmissione di gravi malattie, gli studiosi di ogni epoca hanno cercato di stabilire criteri sempre più avanzati per l'idoneità al consumo umano. Nell'ultimo decennio, il progredire delle conoscenze in ambito scientifico si è incrociato con un adeguamento normativo, che ha imposto sempre maggiori attenzioni alla qualità delle acque al fine di salvaguardare al meglio la salute umana.

L'importanza dal punto di vista sanitario della qualità dell'acqua ad uso potabile è storicamente riconosciuta come una priorità nella Comunità Europea. Il controllo normativo impegnato ed omogeneo sul territorio UE è iniziato ancora nel lontano 1980 e il percorso di approfondimento e definizione degli strumenti di sorveglianza e controllo sull'acqua potabile ha portato alla costituzione della Direttiva 98/83/CE. La direttiva, valida per tutti gli Stati membri, ha contribuito a portare a un livello elevato la qualità dell'acqua potabile in tutta l'UE, come dimostra l'alto tasso di conformità agli standard qualitativi fissati. Basti pensare come esempio che la ricognizione sullo stato di attuazione della direttiva negli stati membri per il periodo 2008-2010 ha fatto rilevare che i grandi approvvigionamenti idrici hanno tassi di conformità per i parametri microbiologici superiori al 95% (in 23 stati fra il 99 e il 100%)<sup>5</sup>, per i parametri chimici tassi di conformità superiori al 90%

---

<sup>5</sup> Synthesis Report on the Quality of Drinking Water in the EU examining the Member States' reports for the period 2008-2010 under Directive 98/83/EC - Jordi AYET PUIGARNAU – 06/2014

e così anche per i parametri indicatori, i quali in ben 7 stati i tassi di conformità risultano fra il 99 e il 100%.

Il nostro paese ha recepito la direttiva europea nel 2001 con il Decreto Legislativo n. 31, ad oggi riferimento normativo alla quale si fa riferimento.

La normativa esplica in maniera chiara e completa tutto l'insieme di caratteri utili alla definizione di qualità dell'acqua destinate al consumo umano.

La qualità può essere definita come la rispondenza ad un riferimento, ad una normativa alla quale un determinato prodotto deve sottostare per essere poi distribuito alla popolazione. Proprio la normativa precedentemente citata contiene parametri che consentono la determinazione di un prodotto di qualità, nel caso in questione l'acqua destinata al consumo umano.

Tale decreto prevede che le caratteristiche di un'acqua siano definite dal soddisfacimento di 54 parametri: 2 a carattere microbiologico, 28 parametri chimici con riferimento ad elementi non voluti perché tossici e/o malevoli, per i quali sono fissati limiti di concentrazione e 21 "indicatori" per i quali sono stabiliti valori consigliati che non dovrebbero superati; appaiono infine 3 parametri afferenti alla radioattività. Dal punto di vista legislativo, quindi, un'acqua è considerata di qualità se soddisfa i suddetti canoni di natura igienico-sanitaria. Tali parametri riguardano gli aspetti microbiologici e chimico fisici e correlano la parola "buono" alla parola "sicuro", poiché un'acqua buona deve essere *in primis* sicura: deve rispettare tutti i parametri imposti prima di essere distribuita.

Come detto anticipatamente, la norma vigente a cui si affida la qualità dell'acqua e di conseguenza la sua sicurezza è il decreto numero 31 del 2 febbraio del 2001, indicato più comunemente come D.lgs 31/2001.

L'atto normativo è costituito da alcuni passaggi importanti che verranno analizzati nel corso del presente paragrafo.

Anzitutto, viene fornita la definizione di acqua destinata al consumo umano:

*“le acque trattate o non trattate, destinate ad uso potabile, per la preparazione di cibi e bevande, o per altri usi domestici, a prescindere dalla loro origine, siano esse fornite tramite una rete di distribuzione, mediante cisterne, in bottiglie o in contenitori e anche, le acque utilizzate in un'impresa alimentare per la fabbricazione, il trattamento, la conservazione o l'immissione sul mercato di prodotti o di sostanze destinate al consumo*

*umano, escluse quelle, [...] la cui qualità non può avere conseguenze sulla salubrità del prodotto alimentare finale.”*<sup>6</sup>

Con questa definizione si vuole intendere perciò che non solo l'acqua che l'uomo consuma direttamente nel processo di abbeveramento è da definirsi come acqua destinata a consumo umano, bensì anche tutta l'acqua utilizzata come “strumento” di preparazione, trattamento o più in generale trasformazione dell'alimento. La norma, dunque, legifera a tuttotondo nel sistema alimentare, comprendendo quasi la totalità del settore.

Progredendo nell'analisi del decreto, è importante soffermarsi sull'articolo 4 riguardante gli obblighi generali che l'acqua destinata al consumo umano deve rispettare. Nello specifico, viene citata nel seguente modo: “[...] *le acque destinate al consumo umano: non devono contenere microrganismi e parassiti, né altre sostanze, in quantità o concentrazioni tali da rappresentare un potenziale pericolo per la salute umana; [...] devono soddisfare i requisiti minimi di cui alle parti A e B dell'allegato I.*”<sup>5</sup>

Questo estratto mira ad introdurre la parte più corposa e significativa del decreto: come sottolineato precedentemente, con qualità dell'acqua si intende una sostanza che possiede caratteristiche che rispettano i limiti imposti dalle normative vigenti e che gli consentono di essere distribuite ai civili.

Si ritiene importante evidenziare come i parametri e i valori parametrici della Direttiva 98/83/CE, così come il recepimento nazionale di questi attraverso il D.Lgs 31/2001, siano basati sulle conoscenze scientifiche a disposizione, in modo da poter garantire una matrice capace di essere utilizzata e consumata nella più totale sicurezza durante l'intero arco della vita. In generale, i valori parametrici individuati si fondano sugli orientamenti stabiliti dall'Organizzazione mondiale della Sanità (WHO).

L'allegato I definisce i valori e parametri di riferimento secondo il seguente ordine:

- parametri microbiologici,
- parametri chimici,

Entrambi i parametri sono correlabili ad eventuali rischi di salute in caso di mancata ottemperanza ai limiti imposti; seguono poi parametri non correlati alla salute, ma collegati alla salubrità dell'acqua definiti *parametri indicatori*.

---

<sup>6</sup> Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31

I *parametri microbiologici*, o meglio definiti sotto il nome di *batteri indicatori*, assumono un significativo grado di importanza durante la determinazione della qualità delle acque nella fattispecie durante la determinazione della potabilità. In caso di presenza di batteri indicatori (*Escherichia coli*, *batteri coliformi*, *enterococchi*) si può presupporre una contaminazione fecale. Nella fattispecie, nel caso in cui in un'acqua potabile si venga a rilevazione positiva di taluni microrganismi, è probabile la presenza anche di microrganismi patogeni (*Salmonelle*, virus, ecc.). Proprio per questo motivo l'acqua distribuita dal servizio idrico nazionale viene sottoposta a controlli regolari, così, nel caso di superamento dei limiti previsti dal Decreto legislativo n. 31/2001, la tempestività dell'intervento non comporti disagio alla popolazione.

È necessario prestare altrettanta attenzione ai parametri chimici descritti nell'allegato I presente nel D.Lgs 31/2001. Gli elementi e composti, tutti compresi, possono essere tossici o nocivi per la salute; anche se la possibilità di tossicità acuta viene a manifestarsi solo in determinate casistiche che comprendono contaminazioni massicce, molte di esse – ad esempio i metalli pesanti - possono accumularsi nell'organismo e dare ripercussioni nocive sulla salute a lungo termine. In questo contesto, è da sottolineare come l'uomo non sia direttamente coinvolto in questa problematica, ma indirettamente attraverso la biomagnificazione, la quale risulta estremamente attuale e legata proprio alla possibile contaminazione di acqua ingerita da animali che successivamente diventano fonte di nutrimento per l'uomo.

Per quanto riguarda metalli, idrocarburi e pesticidi i “valori di parametro” possono essere vincolanti mentre per altri derogabili.

L'attenzione nel prevenire ogni tipo di eventuale contaminazione risulta essere necessaria poiché l'attuazione di procedure di risoluzione riguardo questa tipologia di problematica necessita l'intervento sinergico del Gestore del Servizio Idrico Integrato, di tutte le autorità sanitarie locali fino agli amministratori pubblici comunali, provinciali e regionali. Fondamentale quindi un controllo organizzato e frequente proprio per evitare disguidi di ogni genere.

A terminare l'analisi è necessario descrivere l'allegato C presente nel D.Lgs 31/2001. La maggior parte di questi parametri, definiti *parametri indicatori*, afferisce alla tipicità delle caratteristiche naturali delle acque potabili distribuite; altri indicatori invece, si riferiscono ai trattamenti di potabilizzazione (i sali dall'alluminio, ad esempio, sono diffusamente impiegati per il trattamento dell'acqua come coagulanti per ridurre il materiale organico, il colore, la torbidità, i microrganismi; un tale uso può portare però ad un aumento dei livelli di alluminio dell'acqua). Risulta necessario, pertanto, verificare sia le qualità organolettiche e chimico-fisiche delle acque, sia l'efficacia degli eventuali trattamenti di potabilizzazione. La verifica del superamento dei valori di parametro proposti consente da parte dell'autorità sanitaria un'interpretazione e una valutazione di merito circa un effettivo rischio sanitario e la ricerca di strategie per il miglioramento della qualità.

La legislazione che regola la qualità delle acque destinate al consumo umano è uno scenario molto dinamico e in continua evoluzione. Proprio per questo, possiede un quadro normativo che si aggiorna in funzione delle conoscenze scientifiche, attraverso le quali è possibile stabilire l'impatto che hanno sulla salute umana i vari elementi costituenti dell'acqua potabile che ogni giorno utilizziamo.

Ad evolversi sono altresì le tecnologie d'indagine, le quali diventano strumentazioni sempre più sofisticate capaci di individuare nell'acqua le sostanze presenti in concentrazioni sempre più basse. Le moderne strumentazioni di laboratorio consentono di individuare concentrazioni di inquinanti con margini di errore quasi insignificanti totalmente senza termini di paragone rispetto alle apparecchiature del passato. La presenza di particolari attività industriali impone la ricerca di specifici contaminanti in determinati territori e l'utilizzo di reagenti chimici in ambito acquedottistico può causare il rilascio nell'acqua di sottoprodotti indesiderati, che vanno monitorati e contenuti entro i limiti di legge.

I contaminanti, nello specifico, hanno origine quasi esclusivamente antropica come *cloriti*, *clorati* ma anche *PFAS* e *acidi aloacetici*.

## Capitolo 2. Acqua potabile di rubinetto

### 2.1 Caratteristiche e sviluppo del servizio idrico nazionale

L'acqua che normalmente, all'apertura del rubinetto, vediamo scorrere è acqua potabile, acqua altresì definita come destinata al consumo umano.

L'acqua del rubinetto necessita di percorrere un significativo percorso per arrivare nelle nostre case. Oggi come un tempo, si necessita di numerosi chilometri di condutture costituenti una serie di reti che permettano di portare l'acqua nelle case: dal serbatoio partono tubazioni percorrenti il sottosuolo fino a raggiungere tutte le abitazioni. Alla realtà dei fatti l'acqua attraversa le condotte dell'acquedotto arrivando fino all'ingresso di ogni abitazione, condominio o edificio, successivamente sarà poi un sistema di tubazioni privato a gestire l'erogazione all'interno delle case.

Il servizio idrico nazionale, perciò, fornisce questa rete molto complessa di acquedotti permettendo a tutta la popolazione di usufruire di acqua destinata al consumo umano di qualità.

La parte iniziale viaggio che il fluido compie per arrivare nelle tubazioni delle nostre case inizia in profondità, nelle falde acquifere.

La falda libera, o tecnicamente la *falda freatica*, viene definita come un ammasso di acqua sotterranea. L'acqua piovana, infatti, penetra e discende attraversando vari strati del terreno e insinuandosi in profondità fino a trovare uno strato di terreno che grazie alla sua morfologia e tessitura la trattiene. Vengono a formarsi dei serbatoi colmi di acqua posizionati a diverse profondità. I *pozzi di prima falda* hanno l'obiettivo di pescare dalla falda più superficiale, fino a 40-50 metri nel sottosuolo, acqua che non può essere bevuta, ma ottima per irrigare i campi e in genere per l'utilizzo agricolo. In questo modo il pozzo di prima falda evita l'impiego di acqua di rete per gli usi prevalentemente non potabili, diminuendo in maniera significativa lo sfruttamento delle risorse acquifere profonde. Durante la discesa e penetrazione attraverso i vari strati di roccia verso il bacino di accumulo, l'acqua subisce un primo naturale processo di filtrazione, alla realtà dei fatti trattasi di un trattamento molto blando ma che consente una concreta rimozione di metalli pesanti e soprattutto forme residuali di diserbanti, anticrittogamici e sostanze annesse utilizzate in agricoltura e sempre più spesso rilevante problematica nella salvaguardia delle falde

acquifere<sup>7</sup>. La *falda profonda* è invece il serbatoio naturale da dove viene prelevata l'acqua per poi essere distribuita nelle case dopo una serie di analisi e controlli.

La profondità alla quale si effettua il prelievo si aggira intorno ai 100 metri di profondità, questo a sottolineare come l'acqua presente in questi bacini molto profondi è di qualità superiore e che quindi si avvicina significativamente ai parametri limite imposti dalla legge per la distribuzione di acqua potabile.

Alle falde profonde si crea un pozzo, che tramite una pompa preleva l'acqua e la conduce a un acquedotto. L'estrazione prende il nome tecnico di *captazione* e consiste nel prelevare l'acqua dalla falda per immetterla nella rete di distribuzione. A differenza delle acque superficiali, utilizzate soprattutto per l'irrigazione in agricoltura, l'acqua di falda profonda ha il grande vantaggio di essere già filtrata naturalmente attraverso gli strati permeabili del terreno (spesso è già potabile dal punto di vista fisico-chimico e non è necessario alcun trattamento di potabilizzazione).

Ogni anno nel nostro Paese vengono prelevati più di 9 miliardi<sup>8</sup> di metri cubi di acqua per utilizzo civile, che rendono l'Italia lo Stato dell'Unione europea che consuma più acqua potabile in termini assoluti e il secondo dopo la Grecia<sup>9</sup> in termini relativi, con 152 m<sup>3</sup> di acqua prelevata per abitante all'anno. Ma è anche uno dei Paesi la cui dispersione è maggiore. Sconta infatti una cronica carenza, vetustà e scarsa digitalizzazione delle infrastrutture: le perdite idriche nella sola fase di distribuzione sono il 42% del totale.

Tra i paesi dell'UE27 ricadenti nell'area Mediterranea, l'Italia è tra i paesi che sfruttano in grande maggioranza acque sotterranee, sorgenti e pozzi, che rappresentano per il territorio italiano la risorsa più grande e preziosa di acqua dolce (l'84,8% del totale prelevato) necessaria a soddisfare le richieste idropotabili della popolazione. In Spagna, Grecia e

---

<sup>7</sup> La Potabilizzazione: cos'è, come avviene. (s.d.). Acquedotto Lucano SPA. <https://www.acquedottolucano.it/la-potabilizzazione-cos-e-come-avviene>

<sup>8</sup> Siccità, la ricetta di Utilitalia: «Più invasi per stoccare l'acqua». (2022, 6 luglio). *Il Sole 24ore*. [https://www.ilsole24ore.com/art/siccita-ricetta-utilitalia-piu-invasi-stoccare-l-acqua-AE1DJ9jB?refresh\\_ce=1](https://www.ilsole24ore.com/art/siccita-ricetta-utilitalia-piu-invasi-stoccare-l-acqua-AE1DJ9jB?refresh_ce=1)

<sup>9</sup> Iorio, V. (2022, 26 marzo). *Acqua potabile, in Italia record di prelievi. Il 42% viene disperso per problemi di rete*. Corriere della Sera. [https://www.corriere.it/pianeta2030/22\\_marzo\\_26/acqua-potabile-italia-record-prelievi-42percento-viene-disperso-problemi-rete-dbd5a642-aa09-11ec-a7d6-08630d5b986a.shtml#:~:text=Ogni%20anno%20nel%20nostro%20Paese,prelevata%20per%20abitante%20all'anno.](https://www.corriere.it/pianeta2030/22_marzo_26/acqua-potabile-italia-record-prelievi-42percento-viene-disperso-problemi-rete-dbd5a642-aa09-11ec-a7d6-08630d5b986a.shtml#:~:text=Ogni%20anno%20nel%20nostro%20Paese,prelevata%20per%20abitante%20all'anno.)



Cipro, di contro, l'incidenza dei prelievi da acque sotterranee è sensibilmente più contenuta, e pari rispettivamente al 33,5%, 44,5% e 44,6%.<sup>8</sup>

In Italia, nel 2018, per la prima volta negli ultimi vent'anni i prelievi per uso potabile presentano una contrazione (-2,7% rispetto al 2015<sup>10</sup>) generalizzata a livello regionale. L'eccezione la fa il Molise, dove si registra un consistente incremento (+27,4% rispetto al 2015), anche per far fronte alle esigenze delle regioni vicine a seguito della crisi idrica del 2017.<sup>11</sup>

Il controllo è sistematico, rigoroso e mirato proprio a garantire un check-up continuo dell'acqua che in ogni momento arriva nelle case dei cittadini. La possibilità che però, alle volte, alcuni parametri possano superare la soglia limite è tangibile e di conseguenza a favore di controlli costanti ed efficienti si riesce ad intervenire in tempi brevissimi.

In caso di prelievo di acqua contaminata o che presenta potenziali rischi, essa viene sottoposta a un processo di potabilizzazione, che può prevedere diversi trattamenti a seconda della qualità iniziale, le metodiche maggiormente utilizzate per il trattamento dell'acqua in vista dell'arrivo delle case dei cittadini sono principalmente l'osmosi inversa, l'utilizzo di carboni attivi, l'ossidazione e la filtrazione.

Una volta ultimata in tutte le sue fasi il processo di potabilizzazione, l'acqua viene indirizzata verso la rete idrica per poi essere distribuita verso i rubinetti dei cittadini usufruenti. Le reti di distribuzione sono generalmente suddivise in *distretti idraulici*<sup>12</sup> e seguono dalle profondità le strade cittadine dell'intera nazione. Su di loro agiscono tecnologie che regolano la pressione idrica e si diramano tutti gli allacciamenti che conducono l'acqua verso le nostre case.

Anche in questa fase l'innovazione è fondamentale. Grazie alla tecnologia, infatti, si sono perfezionati e hanno ancora un ampio margine di miglioramento, le attività di monitoraggio dei flussi d'acqua e quelle di controllo della pressione. Le innovazioni del settore,

---

<sup>10</sup> Acqua: Istat, 28% famiglie non si fida a berla dal rubinetto - Terra & Gusto. (s.d.). ANSA.it. [https://www.ansa.it/canale\\_terraegusto/notizie/cibo\\_e\\_salute/2022/03/21/acqua-istat-28-famiglie-non-si-fida-a-berla-dal-rubinetto\\_7f444840-191f-409b-9830-3a87a3e8c638.html](https://www.ansa.it/canale_terraegusto/notizie/cibo_e_salute/2022/03/21/acqua-istat-28-famiglie-non-si-fida-a-berla-dal-rubinetto_7f444840-191f-409b-9830-3a87a3e8c638.html)

<sup>11</sup> Le statistiche dell'Istat sull'acqua - Anni 2018-2020. (s.d.). ISTAT. <https://www.istat.it/it/archivio/255596>

<sup>12</sup> *Ecco il percorso (tecnologico) dell'acqua*. (2018, 26 aprile). Acqualys. <https://www.acqualys.it/ecco-il-percorso-tecnologico-dellacqua/>

inoltre, già sperimentate nelle grandi metropoli, facilitano anche la gestione e la manutenzione dell'intera rete idrica.

Il legislatore ha voluto chiarire bene qual è la frequenza delle analisi dell'acqua potabile, necessarie per evidenziare la presenza di potenziali pericoli per la salute umana come, ad esempio, sostanze chimiche in eccesso o microorganismi pericolosi.

Il Decreto Legislativo 31 del 2001 include, nell'Allegato II, la tabella B1, chiamata "*Frequenza minima di campionamento e analisi per le acque destinate al consumo umano fornite da una rete di distribuzione, da cisterne, o utilizzate nelle imprese alimentari*".

Come possiamo leggere la frequenza legale per l'analisi dell'acqua potabile è riferita sia alle acque che arrivano ai nostri rubinetti sia alle acque che vengono utilizzate nell'industria alimentare. Inoltre, il decreto sottolinea come sia necessario non escludere quelle acque che vengono contenute e stoccate in cisterne, dove possono verificarsi condizioni potenzialmente pericolose per la salute.

Leggendo la *tabella B1* riportata nel Decreto Legislativo, vediamo come la frequenza di analisi dell'acqua potabile è stabilita in base alla quantità di acqua che viene contenuta o che viaggia in una condotta durante un giorno:

- uguale a 100 m<sup>3</sup> di acqua, la frequenza di analisi deve essere stabilita dall'azienda sanitaria locale,
- tra i 100 e i 1000 m<sup>3</sup>, la frequenza di analisi è di 1+1 ogni 3300 m<sup>3</sup>/g del volume,
- tra i 1000 e i 10.000 m<sup>3</sup>, la frequenza di analisi è di 3 + ogni 10.000 m<sup>3</sup>/g,
- oltre i 10.000 m<sup>3</sup>, la frequenza di analisi è di 10+1 ogni 25.000 m<sup>3</sup>/g.

Come vediamo la frequenza di analisi dell'acqua potabile varia molto a seconda della quantità di liquido che viene gestita dal singolo acquedotto o dalla cisterna. Naturalmente tutto questo va a sottolineare ulteriormente come sia sempre necessario utilizzare la giusta cura e le giuste attenzioni per la verifica della qualità dell'acqua essendo essa uno dei principali alimenti che ci tengono in vita.

*"L'Ente che gestisce l'erogazione dell'acqua ne garantisce la salubrità fino all'attacco del contatore, non garantisce, invece, la salubrità dei condotti e/o tubature installate all'interno dell'azienda o condominio e proprio per questo è giusto soffermarsi su questo che può suonare come un campanello d'allarme per il pubblico cittadino ma, soprattutto*

*per le industrie alimentari. Nei processi di produzione e trasformazione degli alimenti, l'acqua potabile rappresenta un elemento fondamentale, sia che venga utilizzata nei lavaggi di alimenti, per la produzione di ghiaccio e vapore o per la pulizia di locali e attrezzature, sia che rappresenti un ingrediente del prodotto alimentare [...]” Art. 5 comma 2 – D.lgs 31/2001.*

La qualità dell'acqua costituisce un prerequisito igienico-sanitario fondamentale del piano di autocontrollo HACCP; di conseguenza l'OSA (Operatore del Settore Alimentare) deve garantire che essa non rappresenti un fattore di rischio per la sicurezza dei prodotti alimentari e deve adottare specifiche procedure di controllo delle acque utilizzate, in relazione alla tipologia di approvvigionamento idrico, alla finalità di utilizzo dell'acqua e alle caratteristiche tecniche degli impianti della rete aziendale.

Il piano deve coprire tutte le fasi della filiera produttiva e deve fondarsi sull'utilizzo di prodotti e impianti validi e, soprattutto, controllati da tecnici competenti che, attraverso l'analisi dei parametri chimico-fisici e batteriologici dell'acqua, possono verificare l'efficacia del trattamento e apportare le eventuali correzioni per assicurare i risultati promessi.

## 2.2 Vantaggi del consumo di acqua del rubinetto

Nel linguaggio popolare definita come *acqua del sindaco*, l'acqua che fuoriesce dalle condutture presenti nella nostra casa ci consente di abbeverarci, sfamarci, ma anche lavarci.

L'acqua del rubinetto vanta una vasta gamma di vantaggi che le consentono di essere, in termini pratici, ineguagliabile. L'approfondimento potrebbe basarsi su diversi punti di vista, e volendo rimanere solo sull'aspetto alimentare – salutistico sarebbe ingenuo escludere dal discorso il lato ambientale piuttosto che quello economico.

La credenza popolare ha visto instaurarsi una sorta di pregiudizio nei confronti dell'acqua di rubinetto, frutto di fake news, approfondimenti non precisi o strumenti di marketing borderline e molto spesso malevoli. Un esempio, a supporto di quanto introdotto è stato incontrato proprio durante la stesura di questo elaborato: durante la ricerca di dati, alla ricerca generica di “cittadino italiano cosa beve maggiormente?” è apparso un insieme di statistiche in cui ogni sito, articolo di giornale, divulgazione scientifica cercava di trascinare il lettore accentrando la ragione sulla propria tesi. Di conseguenza la ricerca non ha portato ad alcun risultato e sottolinea come la controversa scelta tra acqua di rubinetto e acqua minerale risulti più che mai attuale.

L'ISS è dovuto intervenire proprio in risposta ad un movimento che consigliava l'utilizzo di acque definite “leggere” in opposizione alla normale acqua di rubinetto, per far sì di evitare così spiacevoli inconvenienti a livello renale.<sup>13</sup>

In realtà la formazione dei calcoli, per lo più costituiti da ossalato di calcio, dipende in molti casi da una predisposizione individuale o familiare, proprio perché il rischio è maggiormente elevato nelle condizioni in cui in famiglia altre persone ne soffrono. In caso di predisposizione a livello genetico è essenziale bere in abbondanza e di frequente nell'arco della giornata, senza per questo temere che il carbonato di calcio, presente nell'acqua del rubinetto, possa favorire la formazione di calcoli.<sup>12</sup>

L'ISS rivendica questa teoria citando” *È stato dimostrato infatti che anche le acque minerali ricche di calcio sono utili nella prevenzione della calcolosi renale mentre, viceversa, una dieta povera di calcio può aumentare il rischio di sviluppare questa*

---

<sup>13</sup> L'acqua del rubinetto fa venire i calcoli? (s.d.). ISSalute: la Tua salute il Nostro obiettivo-Istituto Superiore di Sanità. <https://www.issalute.it/index.php/falsi-miti-e-bufale/alimentazione/l-acqua-del-rubinetto-fa-venire-i-calcoli>

patologia<sup>14</sup>. Il calcio è un elemento essenziale per la nostra salute e la sua assunzione non va ridotta a meno che non sia un medico a prescriverlo”.

Come precedentemente detto, l’acqua arriva nelle abitazioni dei cittadini attraverso l’impegno di vari enti, garantendo un flusso costante di acqua potabile in risposta alla necessità giornaliera.

In aiuto, alla disamina completa, interviene l’ISTAT, con il report datato 22 marzo 2021: *“Italia seconda in Europa per il prelievo di acqua potabile per abitante”* e prosegue, [...] *“con 9,2 miliardi di metri cubi, l’Italia detiene nel 2018 il primato nell’UE27, ormai più che ventennale, del volume di acqua dolce complessivamente prelevata per uso potabile da corpi idrici superficiali o sotterranei. In termini pro capite il divario tra i paesi europei è ampio. L’Italia, con 153 metri cubi annui per abitante, si colloca in seconda posizione, mentre la Grecia è in cima alla classifica (157 metri cubi), a grande distanza dai successivi paesi in graduatoria: Irlanda (128), Bulgaria (119) e Croazia (111)”*. Queste differenze dipendono innanzitutto dalle risorse idriche che la nazione ha a disposizione, in secondo luogo dalla domanda e infine dalle modalità di prelievo (benefit economici). Inoltre, condizioni nazionali specifiche possono influenzare i volumi: si pensi alle tecnologie utilizzate nel prelievo e nella gestione, al territorio ma soprattutto grazie a quali infrastrutture si concede la distribuzione.

Nonostante ciò, quasi due terzi della popolazione nazionale non ha fiducia all’acqua di rubinetto: 28,4% La quota di famiglie che nel 2020 che non si fida a bere acqua di rubinetto. <sup>15</sup>

I vantaggi legati all’assunzione di questa tipologia di prodotto sono presto detti e sviluppiabili secondo diversi punti. Vista l’ampia analisi dei capitoli precedenti riguardo alla qualità della stessa e alla regolarità con cui viene sottoposta a controlli, viene sottinteso quanto il rischio salutistico sia pressoché nullo e piuttosto si va ad affrontare un altro punto forte riguardante il lato economico. Considerando un’utenza media di un comune

---

14 Consiglio per la ricerca in l’agricoltura e l’analisi dell’economia agraria (CREA). Linee Guida per una Sana Alimentazione. Cap.4: Bevi ogni giorno acqua in abbondanza. Revisione 2012.

15 Acqua: Istat, 28% famiglie non si fida a berla dal rubinetto - Terra & Gusto. (s.d.). ANSA.it. [https://www.ansa.it/canale\\_terraegusto/notizie/cibo\\_e\\_salute/2022/03/21/acqua-istat-28-famiglie-non-si-fida-a-berla-dal-rubinetto\\_7f444840-191f-409b-9830-3a87a3e8c638.html](https://www.ansa.it/canale_terraegusto/notizie/cibo_e_salute/2022/03/21/acqua-istat-28-famiglie-non-si-fida-a-berla-dal-rubinetto_7f444840-191f-409b-9830-3a87a3e8c638.html)

cittadino, si viene a spendere circa 1.37 € per metro cubo<sup>16</sup> di acqua, proponendo un'equivalenza e rapportando i 1000 litri al costo di 1 metro cubo di acqua, otterremo che un litro di acqua del rubinetto viene a costare circa 0,00137 €. I numeri parlano chiaro: questo costo non ha competitor tralasciando poi che, oltre all'acquisto delle bottiglie di acqua, deve essere messo in conto anche il costo di trasporto di tali.

Altro aspetto molto importante e che, al giorno d'oggi, preoccupa altrettante persone è quello legato all'ambiente e all'ecologia. Il consumo di acqua di rubinetto non prevede l'utilizzo di contenitori per il trasporto fino alle abitazioni dei cittadini, dato che, il trasporto è a carico del gestore del sistema idrico, che si preoccupa di far arrivare l'acqua fino ai punti desiderati.

---

<sup>16</sup> Quanto costa un metro cubo di acqua? (s.d.). Acque SPA. <https://www.acque.net/domande/quanto-costa-un-metro-cubo-di-acqua>

### 2.3 Svantaggi del consumo di acqua del rubinetto

In contrapposizione agli svariati vantaggi che l'acqua di rubinetto possiede, una serie di svantaggi ne compromettono l'utilizzo da parte di tutta la popolazione.

Una fetta importante di cittadini continua a non utilizzare quotidianamente l'acqua di rubinetto per diversi motivi, le motivazioni risultano spesso senza un fondo di verità e frutto di dicerie raccolte nel mondo del web, anche se, alcune di esse, un fondo di verità lo posseggono.

Le problematiche maggiormente significative hanno due origini:

- problematiche tecniche, riscontrabili direttamente nelle acque;
- problematiche organolettiche, riscontrate dai consumatori.

Il concretizzarsi degli svantaggi legati all'acqua di rubinetto può avere origine proprio nel decreto che legifera riguardo la qualità delle acque. L'argomento era già stato anticipato nel capitolo 2.1: *l'articolo 5 comma 2 del D. Lgs 31/2001* parlava dell'adempimento agli obblighi per tutto il tratto pubblico fino all'ingresso delle abitazioni private. Non vi è responsabilità da parte del servizio idrico integrato nel tratto che l'acqua percorre all'uscita della tubatura pubblica fino al nostro rubinetto. La problematica sta proprio in questo passaggio: le condutture private, spesso e volentieri, non sono all'avanguardia, ma soprattutto, non sono oggetto di controlli di routine come lo sono le infrastrutture pubbliche. Il centro della problematica si concentra nel passaggio dell'acqua da condotti pubblici verso i privati. Si prenda come oggetto d'esempio una vecchia palazzina in un centro storico residenziale, le tubazioni potrebbero essere oggetto di usura strutturale dovuta al passare degli anni, i rivestimenti interni delle tubazioni garantiscono resistenza alla corrosione per un quantitativo di metri cubi di acqua ingente ma, come ben sappiamo, infinito solo a livello teorico. Ecco che, al passare degli anni, il continuo passaggio di acqua può portare all'erosione di microelementi costituenti le tubature che possono poi essere *in primis* assunte dai cittadini, creando problematiche salutistiche e allo stesso modo determinare un problema a tutti gli elettrodomestici che hanno necessità del collegamento con il servizio idrico (lavatrice, lavastoviglie, sanitari).

Non solo problemi di carattere chimico possono derivare da condutture datate e/o usurate, bensì anche il problema microbiologico non è da sottovalutare. La contaminazione più comune è quella derivante da *Legionella*. La *legionellosi* è un'infezione polmonare causata dal batterio *Legionella pneumophila* e può avere un decorso variabile, con effetti

anche letali per l'uomo. La legionellosi si diffonde solitamente attraverso le vie respiratorie con l'inalazione o con l'aspirazione di particelle d'acqua contenenti il batterio. Le legionelle sono presenti negli ambienti acquatici naturali e da questi ambienti raggiungono quelli artificiali: condotte cittadine, impianti idrici degli edifici, serbatoi, tubazioni, fontane, piscine. Ognuno di questi elementi può essere frutto di contaminazione o agire come amplificatore e disseminatore del microrganismo.

Per scongiurare la contaminazione e il rischio Legionella, è necessario fondamentalmente progettare impianti tenendo conto della normativa specifica. Oltre a ciò, è necessario prevedere dei trattamenti dell'acqua: nello specifico dei trattamenti *anti-legionellosi* continui e periodici, che garantiscano la riduzione drastica della carica batterica dall'impianto, minimizzando la possibilità di proliferazione di agenti patogeni.

Proprio in risposta a questa tipologia di problematica, nel susseguirsi delle tecniche utilizzate negli anni in riferimento alla potabilizzazione dell'acqua, nella *clorazione* si è identificata la svolta. La clorazione per la potabilizzazione delle acque rappresentò agli inizi del '900 un importante passo avanti nella soluzione del problema dell'approvvigionamento idrico e della qualità dell'acqua, aiutando a sconfiggere malattie di origine batterica e virale come il *colera*, il *tifo* e la *dissenteria*. Il cloro diventò così il disinfettante per l'acqua potabile maggiormente utilizzato per prevenire la trasmissione di malattie attraverso la pelle o l'assunzione di acqua. La disinfezione per clorazione dell'acqua ancora oggi è uno dei metodi utilizzati nel processo di potabilizzazione e nelle piscine. Col tempo però divenne evidente come le concentrazioni dei cloruri nell'acqua necessitavano di controlli maggiormente accurati, per non condizionare negativamente la salute della popolazione e quindi vennero stabiliti limiti e quantitativi consigliati. Il D. Lgs 31/2001, creato sulle indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, contiene anche valori parametro per il cloro. Nello specifico i valori stabiliscono i limiti delle concentrazioni di cloro e di alcuni suoi derivati considerate entro livelli sicuri per l'uomo e che quindi fanno da riferimento per il controllo delle analisi e delle caratteristiche dell'acqua potabile. La clorazione oltre al beneficio di un'acqua salubre e di qualità porta anche un difetto organolettico significativo che molti consumatori denunciano: la percezione di un odore sgradevole, alle volte più o meno forte. In conclusione, l'aggiunta di ipoclorito di sodio nell'acqua potabile porta grande vantaggi ma un altrettanto grande difetto che spesso viene percepito da numerosi cittadini.





## Capitolo 3. Acqua minerale naturale

### 3.1 Caratteristiche dell'acqua minerale naturale

L'acqua minerale naturale, definita più semplicemente *acqua minerale*, è stata usata, principalmente in passato, come acqua con caratteristiche “curative”. In anni recenti l'uso di queste acque è divenuto principalmente quello di acque da tavola, in sostituzione delle acque derivanti dall'acquedotto. In aiuto ad una corretta analisi in riferimento alle acque minerali naturali interviene la normativa. Il Decreto Legislativo n. 176 dell'8 ottobre 2011, frutto del recepimento della Direttiva Europea 2009/54/CE, definisce l'acqua minerale naturale all'articolo 2: “[...] *acque che, avendo origine da una falda o giacimento sotterraneo, provengono da una o più sorgenti naturali o perforate e che hanno caratteristiche igieniche particolari e, eventualmente, proprietà favorevoli alla salute.*”

La loro purezza originaria, la loro composizione e caratteristiche essenziali hanno la necessità di mantenersi costanti dalla sorgente, a significare che esse vanno preservate da qualsiasi rischio di inquinamento a cui possano intercorrere. I criteri di valutazione delle caratteristiche di queste acque sono determinati dal decreto del Ministero della Salute del 10 febbraio 2015, esso prevede l'esistenza di una relazione geologica che illustri tutti gli aspetti caratterizzanti della falda acquifera di origine e che consenta una esclusiva caratterizzazione della matrice. Le analisi, di tipo microbiologico, chimico, chimico-fisico e organolettico sono effettuate da laboratori pubblici accreditati. Tutto ciò viene effettuato proprio a favore del mantenimento di tutte le caratteristiche che l'acqua possiede fin dal principio, si cerca quindi di far in modo che l'assunzione sia equiparabile a quella effettuata direttamente dalla sorgente da cui sgorga.

L'acqua minerale che arriva sulle nostre tavole è il frutto di un lento e complesso processo di formazione che la porta, in diversi stadi, ad assumere proprietà ed elementi capaci di caratterizzarla in maniera univoca e distintiva.

Il punto di partenza è il *ciclo dell'acqua*, costituito da quattro fasi fondamentali:

- precipitazione,
- evaporazione,
- corso in superficie,

- infiltrazione.

Le molecole di H<sub>2</sub>O attraversano tutte queste fasi. Il sole fa evaporare l'acqua dagli oceani, dai mari e dai corsi superficiali, questa poi raggiunge i nuclei di condensazione (microparticelle ad unirsi per formare particelle via via più grandi) e ricade sulla terra attraverso la pioggia e le altre forme di precipitazioni. Un processo che si ripete senza sosta e che non ha un inizio o una fine e nemmeno un ordine preciso. Prima di raggiungere gli oceani, infatti, l'acqua può evaporare, condensare, precipitare e scorrere più volte. L'acqua, oltre ricadere sulla superficie terrestre, può in parte infiltrarsi nel terreno scorrendo tra i vari strati del sottosuolo e le rocce, terminando il suo percorso al raggiungimento delle falde idriche e diventando in alcuni casi, acqua minerale naturale. Infatti, l'acqua minerale proviene da *circuiti idrogeologici* che si sviluppano nel sottosuolo entro formazioni geologiche permeabili, dette *acquiferi*, formate da roccia o da materiali sciolti porosi come ghiaie o sabbia. In linea generale i percorsi sotterranei delle acque minerali dove le acque permeano tra gli strati di terreno, possono raggiungere anche profondità rilevanti, fino a molte centinaia di metri, con tempi di permanenza anche di decine di anni. Durante il percorso sotterraneo, l'acqua si vede a contatto con le rocce e, in primo luogo, va incontro ad un processo di depurazione ma anche, in secondo luogo, si arricchisce di sali minerali acquistando le proprietà chimiche e chimico-fisiche che la caratterizzano. La composizione di ognuna è diversa e le sue caratteristiche dipendono dalla morfologia del terreno che essa va attraversando, nello specifico dalla natura delle rocce con cui è venuta a contatto, dal tempo di permanenza nel sottosuolo, dalla temperatura e dalla presenza di eventuali gas. Quanto detto, perciò va ad indicare come ogni acqua minerale possieda caratteristiche univoche caratterizzate dall'ambiente idrogeologico nella quale sorge.

Il flow-sheet, riguardante la produzione di acqua in bottiglia è veramente semplice e caratterizzato da pochi passaggi: dopo la captazione dal bacino, l'acqua minerale viene indirizzata verso gli impianti di imbottigliamento<sup>17</sup>, essa arriva attraverso condotte idriche e serbatoi di accumulo in acciaio inox. Il processo avviene senza che l'acqua subisca trattamenti, che potrebbero modificare la sua composizione chimica o le sue

---

<sup>17</sup> *Acqua minerale: significato, cos'è e come si forma.* (s.d.). Sanpellegrino Corporate. <https://www.sanpellegrino-corporate.it/it/impegno-per-ambiente/come-si-forma-acqua-minerale>

caratteristiche organolettiche, il trasporto deve perciò garantire che il fluido posseda le stesse caratteristiche dalla sorgente alla sede di imbottigliamento.

Una volta arrivato in sede, inizia poi il ciclo d'imbottigliamento<sup>18</sup>dell'acqua, che può avvenire in contenitori in PET o in vetro o in lattina (novità di questi ultimi anni). Il processo di imbottigliamento dell'acqua minerale è un passaggio tanto delicato quanto importante: deve avvenire in condizioni igieniche controllate per far in modo di impedire qualsiasi forma di contaminazione. L'insieme delle operazioni che si eseguono per confezionare l'acqua, viene definito linea di imbottigliamento e consente, all'uscita dell'impianto di avere le bottiglie pronte all'uso. Durante tutto il processo vige un controllo rigoroso dei parametri per garantire un prodotto finale di qualità.

---

<sup>18</sup> *Acqua minerale: significato, cos'è e come si forma.* (s.d.). Sanpellegrino Corporate. <https://www.sanpellegrino-corporate.it/it/impegno-per-ambiente/come-si-forma-acqua-minerale>

### 3.2 Legislazione dell'acqua minerale naturale

La normativa in vigore afferente alle acque minerali naturali è abbastanza attuale. Trattasi del Decreto Legislativo 8 ottobre 2011, n. 176, che recepisce la Direttiva Europea 2009/54/CE. Il provvedimento legifera sull'utilizzo e la commercializzazione dell'acqua minerale naturale e si unisce, in un unico testo, con la normativa vigente in materia di acqua di sorgente.

Allo scopo di approfondire il Decreto è necessario soffermarsi su alcuni passaggi rilevanti, tra cui l'articolo 2, dove vengono definite le caratteristiche dell'acqua minerale, l'articolo 5, comma 2 e l'articolo 8. Inoltre, un argomento altrettanto importante riguarda l'etichettatura dell'acqua minerale, la quale normativa è sita nell'articolo 12 del Decreto. Nel dettaglio, in questo articolo si stabilisce che sulle etichette o sui recipienti delle acque minerali naturali devono essere riportate le seguenti indicazioni:

- a. acqua minerale naturale integrata, se del caso, con le seguenti menzioni:*
- *totalmente degassata*, se l'anidride carbonica libera presente alla sorgente è stata totalmente eliminata;
  - *parzialmente degassata*, se l'anidride carbonica libera presente alla sorgente è stata parzialmente eliminata;
  - *rinforzata col gas della sorgente*, se il tenore di anidride carbonica libera, proveniente dalla stessa falda o giacimento, è superiore a quello della sorgente;
  - *aggiunta di anidride carbonica*, se all'acqua minerale naturale è stata aggiunta anidride carbonica non prelevata dalla stessa falda o giacimento;
  - *naturalmente gassata o effervescente naturale*, se il tenore di anidride carbonica libera, superiore a 250 mg/l, è uguale a quello della sorgente, tenuto conto della eventuale reintegrazione di una quantità di anidride carbonica, proveniente dalla stessa falda o giacimento dell'acqua minerale, pari a quella liberata nel corso delle operazioni che precedono l'imbottigliamento, nonché delle tolleranze tecniche abituali.<sup>19</sup>
- b. La denominazione dell'acqua minerale naturale, il nome della sorgente o il nome della miscela, in caso di miscela di più sorgenti, ed il luogo di utilizzazione della stessa;*

---

<sup>19</sup> Utilizzazione e la commercializzazione delle acque minerali naturali, Decreto Legislativo n. 176 (2011) (Italia).

- c. l'indicazione della composizione analitica, risultante dalle analisi effettuate, con i componenti caratteristici;
- d. la data in cui sono state eseguite le analisi di cui alla lettera c) e il laboratorio presso il quale dette analisi sono state effettuate;
- e. il contenuto nominale;
- f. il titolare del provvedimento di cui all'articolo 6;
- g. il termine minimo di conservazione;
- h. la dicitura di identificazione del lotto,
- i. informazioni circa gli eventuali trattamenti e le eventuali controindicazioni.<sup>20</sup>

Possono inoltre essere riportate una o più delle seguenti diciture:

- a. *oligominerale o leggermente mineralizzata*, se il tenore dei sali minerali, calcolato come residuo fisso a 180°C, non è superiore a 500 mg/l;
- b. *minimamente mineralizzata*, se il tenore di questi, calcolato come residuo fisso a 180°C, non è superiore a 50 mg/l;
- c. *ricca di sali minerali*, se il tenore di questi, calcolato come residuo fisso a 180°C, è superiore a 1500 mg/l;
- d. *contenente bicarbonato* se il tenore di bicarbonato è superiore a 600 mg/l;
- e. *solfata*, se il tenore dei solfati è superiore a 200 mg/l;
- f. *clorurata*, se il tenore di cloruro è superiore a 200 mg/l;
- g. *calcica*, se il tenore di calcio è superiore a 150 mg/l;
- h. *magnesiaca*, se il tenore di magnesio è superiore a 50 mg/l;
- i. *fluorata o contenente fluoro*, se il tenore di fluoro è superiore a 1 mg/l;
- j. *ferruginosa o contenente ferro*, se il tenore di ferro bivalente è superiore a 1 mg/l;
- k. *acidula*, se il tenore di anidride carbonica libera è superiore a 250 mg/l;
- l. *sodica*, se il tenore di sodio è superiore a 200 mg/l;
- m. *indicata per le diete povere di sodio*, se il tenore del sodio è inferiore a 20 mg/l;
- n. *microbiologicamente pura*.<sup>19</sup>

---

<sup>20</sup> Utilizzazione e la commercializzazione delle acque minerali naturali, Decreto Legislativo n. 176 (2011) (Italia).

Sulle etichette può anche essere riportata una designazione commerciale diversa dalla denominazione dell'acqua minerale naturale, a condizione che:

- la denominazione dell'acqua minerale naturale sia riportata con caratteri di altezza e larghezza almeno pari ad una volta e mezzo il carattere più grande utilizzato per l'indicazione della designazione commerciale;
- se detta designazione commerciale è diversa dalla denominazione del luogo di utilizzazione dell'acqua minerale naturale, anche la denominazione di tale luogo sia riportata con caratteri di altezza e larghezza almeno pari ad una volta e mezzo il carattere più grande utilizzato per l'indicazione della designazione commerciale;
- la designazione commerciale non contenga nomi di località diverse da quella dove l'acqua minerale naturale viene utilizzata o che comunque inducano in errore circa il luogo di utilizzazione;
- alla stessa acqua minerale non siano attribuite designazioni commerciali diverse.<sup>21</sup>

Infine, sulle etichette o sui recipienti delle acque minerali naturali possono essere riportate una o più delle seguenti indicazioni, se menzionate nel decreto di riconoscimento dell'acqua minerale naturale:

1. può avere effetti diuretici;
2. può avere effetti lassativi;
3. indicata per l'alimentazione dei lattanti
4. indicata per la preparazione degli alimenti dei lattanti;
5. stimola la digestione o menzioni analoghe;
6. può favorire le funzioni epatobiliari o menzioni analoghe;
7. altre menzioni concernenti le proprietà favorevoli alla salute dell'acqua minerale naturale, sempreché dette menzioni non attribuiscono all'acqua minerale naturale proprietà per la prevenzione, la cura e la guarigione di una malattia umana;
8. le eventuali indicazioni per l'uso.<sup>20</sup>

---

<sup>21</sup> Utilizzazione e la commercializzazione delle acque minerali naturali, Decreto Legislativo n. 176 (2011) (Italia).

È da sottolineare che sulle etichette non sono ammesse diciture indicanti la superiorità dell'acqua minerale naturale rispetto ad altre acque minerali o altre affermazioni che abbiano scopo pubblicitario.

Per concludere, per quanto concerne le tempistiche di aggiornamento delle etichette, è fatto obbligo al titolare dell'autorizzazione di cui all'articolo 6 di aggiornarle almeno ogni cinque anni con le analisi previste dall'articolo 12, comma 1, lettera c), che dovranno essere inviate ai competenti organi regionali prima di procedere all'aggiornamento delle etichette.



### 3.3 Vantaggi consumo di acqua minerale

Bere acqua in bottiglia offre numerosi vantaggi, data la vasta possibilità di scelta tra le marche che il mercato mette a disposizione, si ha la possibilità di scegliere attuando un maggiore controllo e, al contempo, garantendo il soddisfacimento dei gusti del consumatore.

Le aziende presenti nel mercato delle acque in bottiglia hanno cercato di differenziarsi puntando sulla qualità dei controlli, sul packaging e sulla composizione dell'acqua.

I vantaggi, a favore dell'assunzione di acqua minerale, sono molteplici e vedono, come principale vantaggio il fatto che, le acque imbottigliate, non abbiano subito trattamenti: secondo la normativa vigente, l'acqua minerale non subisce nessun processo di potabilizzazione poiché, già di qualità durante la captazione della stessa. Perciò i consumatori si trovano a confrontare un'acqua teoricamente "pura" contro un'acqua "trattata".

Altro vantaggio deriva dalla presenza dell'etichetta sul packaging della bottiglia di acqua minerale: un consumatore si vede molto incerto nel consumo di acqua di rubinetto proprio perché non riesce a rispondere ad alcune domande che si pone a riguardo proprio dei tenori di microelementi contenuti all'interno dell'acqua uscente dal suo rubinetto. L'acqua in bottiglia invece, attraverso un'etichetta ad hoc per i consumatori consente di riportare alcune delle caratteristiche che essa possiede garantendo al consumatore un acquisto responsabile.

Proprio in riferimento all'etichettatura dell'acqua in bottiglia, secondo la normativa vigente, nel processo che porta l'acqua minerale dalla sorgente alle tavole dei consumatori è necessario anzitempo ottenere un riconoscimento dal Ministero della Salute che, in caso di esito favorevole, emanerà un decreto di riconoscimento riguardante proprio la qualità dell'acqua stessa. Questo ad indicarci come le acque in bottiglia debbano comunque rispettare una serie di parametri imposti dallo Stato e solo in caso di adempienza possano essere commercializzate.

Ad oggi, il mercato del settore agroalimentare risponde in maniera concreta alle mille sfaccettature che un consumatore può presentare e in base alla richiesta si può trovare un prodotto che risponda a tali esigenze, adatto per ogni stile o periodo di vita come ad esempio:

- *Lattanti*: per solubilizzare il latte in polvere si consigliano le acque minimamente mineralizzate per non alterare l'equilibrio salino del nutrimento;
- *Allattamento*: le donne in gravidanza e durante il periodo dell'allattamento necessitano di una dieta ricca di calcio, pertanto si consiglia il consumo, salvo controindicazioni, di acque calciche;
- *Problemi digestivi*: le *acque bicarbonate* favoriscono la digestione se assunte durante i pasti, perché accelerano lo svuotamento dello stomaco;
- *Sportivi*: dopo un'intensa attività sportiva è consigliabile un'acqua minerale per reintegrare i sali persi e la presenza di bicarbonato facilita l'eliminazione dei cataboliti (scorie prodotte dall'organismo);
- *Problemi epatobiliari e stipsi*: le solfato- magnesiache favoriscono l'attività delle vie biliari<sup>22</sup>.

Ogni prodotto viene studiato proprio per rispondere a determinate situazioni e permettere il soddisfacimento in termini di fabbisogno giornaliero di determinate sostanze ma anche per evitare di incorrere in situazioni non gradevoli proprio per l'assunzione indesiderata di sostanze presenti all'interno dell'alimento.

---

<sup>22</sup> *Acque minerali naturali*. (2011, 17 novembre). Arpa Veneto. <https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/acqua/acque-interne/acque-potabili/acque-minerali>

### 3.4 Svantaggi consumo di acqua minerale

Gli italiani sono oggi i più grandi consumatori al mondo di acqua minerale in bottiglia: secondo i dati contenuti nel libro bianco “Valore acqua 2021” realizzato da The European House – Ambrosetti.

I vantaggi che l’acqua minerale garantisce non potranno mai bilanciare la serie di svantaggi derivanti dal consumo della stessa.

Contrariamente a quanto pensato, la qualità dell’acqua minerale risulta fortemente compromessa *in primis* dal contenitore nella quale è inserita: nel frangente di tempo che passa tra la captazione dalla sorgente e il consumo, l’acqua rimane a stretto contatto con il materiale che costituisce il contenitore, ed esso che sia vetro piuttosto che plastica, rilascia all’interno del fluido tracce di contaminanti alterando la qualità dell’acqua che si andrà ad assumere.<sup>23</sup>

Altra problematica può scaturire dal processo di trasporto e stoccaggio del prodotto. L’acque e i materiali utilizzati come contenitori, sono molto sensibili a luce e calore, di conseguenza il trasporto privo dei giusti accorgimenti potrebbe determinare l’insorgere di problematiche di vario genere.

La legislazione arriva fino ad un certo punto e non garantisce criteri paragonabili a quelli relativi all’acqua di rubinetto, basti pensare come la legge lo consente stabilendo che, nell’etichetta della bottiglia di acqua minerale le informazioni possono essere ridotte a:

- Elementi caratterizzanti,
- Conducibilità,
- Concentrazione di ioni H<sup>+</sup>,
- Anidride carbonica,
- Residuo fisso.

Tali informazioni fanno riflettere riguardo a come nelle acque minerali, alcuni elementi indesiderati (nitriti, arsenico) possano venire omesse, ma soprattutto come le acque minerali presentino dei limiti di accettabilità per alcune sostanze definite contaminanti o indesiderabili (articolo 6 Decreto 542/92) diverse dai corrispondenti limiti per le acque potabili. Ad oggi, la recente modifica dell'articolo 6 del decreto citato precedentemente,

---

<sup>23</sup> Clemens Reimann, Manfred Birke, Peter Filzmoser, Bottled drinking water: Water contamination from bottle materials (glass, hard PET, soft PET), the influence of colour and acidification, 2010

attuata con il D.Lgs 31/2001, tende nella direzione di attuare una sorta di “ravvicinamento” dei valori limite fra le due tipologie di acqua prevedendo quindi una linearità nella definizione di qualità dell’acqua, anche se ancora si osservano evidenti differenze fra alcuni parametri tra i quali, ad esempio, l'arsenico.

Risulta complesso annoverare la lista di modifiche che permetterebbero di mettere sullo stesso piano la qualità di ambedue le tipologie di acqua in analisi.

Le informazioni e le grafiche odierne differiscono quasi totalmente da quelle di dieci anni fa. Come anticipatamente introdotto, la piazza del settore acque minerali vede molti concorrenti che, a suon di strategie di marketing tentano di accaparrarsi la fetta di consumatori che utilizza acqua in bottiglia. Un progressivo impoverimento delle informazioni in etichetta ha fatto sì che lo spazio disponibile fosse ricoperto da grafiche e slogan d’effetto, e in alcuni casi da informazioni del tutto inutili e fuorvianti come le indicazioni dell’assenza del contenuto di grassi, calorie e persino zuccheri. Altro strumento utilizzato è un uso accorto delle unità di misura per far apparire la concentrazione di un elemento più bassa di quello che in realtà è: a livello legislativo non vi è alcuna norma riguardante l’unità di misura nei *parametri caratterizzanti*, ragion per cui alcuni produttori utilizzano per alcuni parametri i *g/L* anziché i *mg/L*, sfruttando la proprietà delle equivalenze ed avendo come risultato un numero ricco di zeri, che fa molto effetto. Tale espediente viene utilizzato da alcune acque oligominerali per parametri quali il *sodio* ed il *residuo fisso* allo scopo di evidenziarne in etichetta l’esigua concentrazione.

Il lato economico del confronto non ha nemmeno senso di essere affrontato, un semplice esempio può essere utile all’argomentazione: un metro cubo di acqua di rubinetto viene a costare al consumatore finale circa 0.7163 Euro/m<sup>3</sup> (ALLEGATO A – Articolazioni tariffarie per tutte le utenze anno 2020 – ATO Bacchiglione, Acquevenete 2020), che corrisponde a 0,0007163 Euro/L, il prezzo medio invece dell’acqua in bottiglia si aggira attorno ai 0,10 Euro/L, rapportandoli ovviamente si otterrà che il prezzo al litro delle due matrici subisce un notevole rincaro dato dai diversi fattori che le costituiscono.

A terminare l’analisi è giusto parlare anche del fattore ambientale concernente l’argomento acqua in bottiglia. Come ben sappiamo, il nostro pianeta sta subendo le conseguenze della forte industrializzazione che il mercato richiede in risposta alla sempre più grande domanda che la popolazione attua. Le considerazioni da fare sono due: il mercato dell’acqua minerale in bottiglia e il materiale utilizzato come contenitore di essa. In primo

luogo, il mercato va a basarsi su un sistema a fortissimo impatto ambientale, per la maggior parte causato dalla logistica di un bene molto voluminoso: il trasporto di un liquido “incomprimibile” necessita di ampio spazio e/o di un importante e impegnato sistema di trasporto (ad oggi effettuato su gomma) che comporta un grande tenore di emissioni nell’ambiente. Oltre a ciò, è importante sottolineare come per produrre una singola bottiglia di plastica, riempirla, trasportarla e conservarla, serva una quantità d’energia circa duemila volte superiore a quella necessaria a trasferire l’acqua dall’acquedotto al rubinetto di casa, energia che spesso viene fornita da fonti non rinnovabili. Solo negli ultimi anni, col concretizzarsi dell’allarme ambiente, le grandi aziende produttrici di acqua in bottiglia hanno cominciato a seguire una *“linea sostenibile creata per ridurre l’impatto ambientale e compensare il 100% delle emissioni CO<sub>2</sub> eq, realizzata anche con plastica riciclata”* –San Benedetto Ecogreen.

In secundis, si fa sempre più attuale la problematica legata alla plastica. Il Polietilene tereftalato è il costituente principale delle bottiglie di acqua minerale, un materiale dai tanti pregi, resistente e duraturo negli anni, leggero e molto duttile, ha la possibilità di essere riciclato al 100% (possibilità di riciclo  $n$  volte) a patto che ci sia il rispetto della raccolta differenziata e che, il contenitore, venga correttamente smistato verso la via del riciclo, ma spesso questo non accade: la plastica non è un materiale biodegradabile, la natura può impiegare fino a quasi un migliaio di anni per disintegrarla. Ecco che essa viene ad accumularsi nell’ambiente arrivando ad accumularsi determinando abomini come il *Pacific Trash Vortex* (isola di rifiuti plastici nel pacifico).



## Capitolo 4. Metodologie analisi di acque destinate al consumo umano

### 4.1 ICP-MS e specie metalliche nelle acque destinate al consumo umano

L'acqua destinata al consumo umano deve essere salubre e pulita. A tal proposito deve soddisfare i requisiti fissati dall'allegato I del D.Lgs 31/2001, parte A, riguardante i parametri microbiologici, parte B, relativa ai parametri chimici e parte C, riferita ai parametri indicatori, del decreto. Per ciascun parametro è indicato un *valore di parametro*<sup>24</sup>, cioè un valore limite superato il quale occorre l'intervento dell'autorità competente con attuazione di misure atte a ripristinare la qualità dell'acqua.

La determinazione di questi valori viene attuata attraverso l'utilizzo di metodiche e strumentazioni certificate e univoche che permettono la standardizzazione del risultato.

Le varie tecniche vanno a richiedere strumentazioni adeguate: dalle più semplici come un pH-metro o un conduttimetro, strumenti utilizzati per la determinazione della concentrazione degli ioni H<sup>+</sup> (pH) e la conducibilità, capacità di un liquido di condurre corrente elettrica, fino a spettrofotometri UV-VIS, cromatografia ionica IC e la spettrometria di massa ICP-MS.

Ognuno di questi strumenti risulta necessario per la determinazione di uno o più parametri per la determinazione della potabilità di un'acqua e della commercializzazione di un'acqua minerale.

Per la determinazione delle specie metalliche si analizza la matrice utilizzando uno strumento chiamato ICP-MS.

La tecnica ICP-MS *Inductively coupled plasma-mass spectrometry*, è una tipologia di spettrometria di massa altamente sensibile e in grado di determinare diverse sostanze inorganiche metalliche e non metalliche presenti in concentrazioni inferiori a una parte per bilione (10<sup>12</sup>). Sfrutta l'utilizzo di una torcia a plasma ICP per produrre la ionizzazione e di uno spettrometro di massa per la separazione e rivelazione degli ioni prodotti. La spettrometria di massa permette di determinare i metalli in concentrazioni molto basse ed è la tecnica più sensibile per la determinazione dei metalli nelle acque, ma anche nei terreni, nei sedimenti e spesso negli alimenti. Inoltre, l'ICP-MS è in grado di analizzare i metalli pesanti a concentrazioni molto basse anche arrivando ai ng/l.

---

<sup>24</sup> Come valutare la qualità dell'acqua per accrescere il benessere interno. (2016, 12 maggio). BibLus-net. <https://biblus.acca.it/valutazione-della-qualita-ambientale-indoor-la-qualita-dellacqua/>

Nel processo di esecuzione delle analisi il campione deve essere liquido a densità variabile, per la determinazione di specie metalliche in alimenti o matrici solide o semisolide si interviene con dei processi specifici che però non riguardano il caso dell'acqua.

Una volta effettuato il processo preparativo della matrice in analisi, il campione viene iniettato nello strumento che, entrato nel canale centrale, andrà ad incontrarsi con il plasma.

Il plasma è il componente caratterizzante di questo strumento, definito come una miscela di gas che prevede uno stato di eccitamento elevato. Lo stato di importante ionizzazione deriva dall'accoppiamento induttivo di argon e una sorgente elettromagnetica: semplificando, una *bobina di Tesla* avvolge una torcia di quarzo e attraverso un flusso di corrente continua determina la produzione di plasma. La torcia è a sua volta formata da diversi input ognuno con un compito preciso: un inlet di gas (Argon) principale con flusso migliorato e altri due ausiliari, uno per il mantenimento e uno per il trasporto vero e proprio del campione (l'argon funge anche da carrier).

Il campione, entrato nello strumento entra come soluzione poi subisce quattro passaggi che prevedono, desolvatazione, vaporizzazione, atomizzazione ed infine ionizzazione. La miscela di gas e microgocce di campione inizialmente formatasi terminerà, dopo diversi passaggi con una separazione massa/carica degli ioni. Il fascio di ioni viene poi guidato verso l'analizzatore di massa, dove per primo incontra i coni di interfaccia che estraggono gli ioni generati del processo di ionizzazione con il plasma garantendo un sistema di filtraggio e ottimizzazione per la trasmissione degli ioni necessari all'analizzatori di massa. Da questo passaggio in poi il sistema risulta essere sottovuoto, la necessità deriva dalla grande precisione che lo strumento possiede (in particolare il rilevatore). La richiesta di ambiente sottovuoto risulta essere necessaria per garantire precisione ed efficacia nell'esecuzione dell'analisi.

Al passaggio dei due coni, il fascio di ioni prosegue orizzontalmente fino ad arrivare al rilevatore, qui le tecniche e le strumentazioni sono molteplici, quello di uso comune o, maggiormente utilizzato è l'analizzatore di massa a quadrupolo, composto da quattro barre parallele di metallo. Alle barre viene applicata una tensione continua. Le barre opposte hanno una differenza di potenziale dello stesso segno, su di essa è sovrapposta una tensione alternata dell'ordine dei Megahertz (radiofrequenza). Il campo elettrico risultante costringe gli ioni a seguire un diverso percorso di oscillazione per ogni valore di  $m/z$ .



Regolando questo campo si può scegliere il valore  $m/z$  degli ioni che passano attraverso il quadrupolo, gli ioni con  $m/z$  maggiore o minore del valore selezionato saranno obbligati a seguire l'uscita orbitale dal campo elettrico e quindi non lo faranno raggiungere il rivelatore. Ciò consente la selezione di uno specifico ione o la scansione del rapporto  $m/z$  variando continuamente il campo elettrico. Gli ioni, una volta separati secondo il rapporto massa/carica vengono raccolti da un rivelatore che determinerà un valore in base alla concentrazione presente.

La determinazione numerica sfrutta poi software appropriati che interpolano i valori grezzi ottenuti dallo strumento sulla retta di calibrazione derivante dalla calibrazione giornaliera attraverso standard forniti.

La determinazione si può semplificare in tre passaggi:

- processo di preparazione della matrice da analizzare (detta comunemente *preparativa del campione*),
- iniezione del campione nell'ICP-MS e determinazione del dato grezzo,
- importazione del dato grezzo e calcolo della concentrazione finale dell'analita ricercato.

Le specie metalliche ricercate nelle matrici disposte in analisi sono frutto di erosione di terreni, rocce, da eruzioni vulcaniche passate e soprattutto dalle diverse e molteplici attività umane che comprendono vari ambiti e settori ma che contribuiscono sempre all'inquinamento delle acque. L'estrazione mineraria, costruzioni, coltivazioni sono complici nella dispersione di metalli pesanti come arsenico, cadmio, nichel, piombo, rame e mercurio.

Tutti questi elementi sono naturalmente ricercabili con l'ICP-MS e possono venire identificate con ordini del ng/L.

Il riconoscimento dei valori ottenuti richiede l'utilizzo di metodiche certificate e in laboratori accreditati, in base al metodo e all'analita ricercato vengono in aiuto il sistema ISO, nello specifico con ISO/TS 15923-2:2017 oppure l'APAT CNR IRSA 3050 C Man 29 2003 con tutti i metodi analitici per le acque.

#### 4.2 Spettrofotometro UV-VIS e metodo spettrofotometrico nell'analisi delle acque destinate al consumo umano

La spettroscopia ultravioletta/visibile o comunemente detta UV-VIS è una tecnica che studia e analizza uno spettro elettromagnetico attraverso l'utilizzo di uno strumento denominato spettrofotometro.

Il principio di funzionamento è tanto semplice quanto funzionale, la determinazione è frutto di fenomeni di assorbimento delle radiazioni luminose della regione dello spettro elettromagnetico afferenti al campo dell'ultravioletto (200 – 350 nm) e del visibile (350 – 700 nm).

L'assorbimento di questa tipologia di radiazione permette la transizione energetica da parte degli elettroni situati negli orbitali più esterni delle molecole, naturalmente gli elettroni "meno legati" (corrispondenti a legami doppi o tripli legami) risulteranno più facilmente eccitabili rispetto ad elettroni legati con legame semplice.

Lo spettrofotometro UV-VISIBILE si compone di alcuni elementi caratterizzanti:

- sorgente di radiazione,
- monocromatore,
- cella,
- rilevatore,
- lettore.

La sorgente di radiazione è il dispositivo che permette l'emissione di radiazioni ad intensità stabile e costante, il nome UV-VIS deriva proprio dal fatto che lo strumento possiede due lampade distinte: una lampada al deuterio o ad idrogeno che emette radiazioni con  $\lambda$  compresa tra 180 – 350nm e una lampada al tungsteno per coprire il campo del visibile compreso tra i 350 -2500nm.

Alla selezione dell'input di WL (wave length) necessaria un meccanismo selezionerà quale lampada attivare.

La radiazione viene inviata al monocromatore, dispositivo in grado di separare il fascio di luce nelle diverse lunghezze d'onda che lo vanno a comporre, comportando la formazione di bande monocromatiche.

Esistono vari tipi di monocromatore basati su filtri o su elementi dispersivi, i primi bloccano il fascio di luce e consentono solo alla banda monocromatica selezionata di

proseguire mentre gli elementi disperdenti (prisma o reticolo) all'arrivo della radiazione consentono la separazione e permettono la successiva selezione della banda monocromatica desiderata.

Gli spettrofotometri più all'avanguardia posseggono monocromatori basati su elementi dispersivi, nello specifico su reticoli a riflessione.

Il campione viene posizionato in un contenitore trasparente chiamato cuvetta. La cuvetta permette il passaggio della radiazione selezionata e, proprio per questo, necessita di determinate caratteristiche atte al corretto svolgimento della misura. Le più usate sono quelle in quarzo ma sta alla metodica di analisi la selezione della tipologia di cuvetta necessaria.

La radiazione, una volta attraversata la cuvetta con il campione all'interno incontra un rivelatore, l'intensità con la quale il componente rileva la radiazione viene poi trasformata in un valore definito come assorbanza, che in base alla legge di Lambert-Beer viene trasformata in valori di concentrazione.

Per l'analisi di matrici come le acque destinate al consumo umano si adottano tecniche per eseguire analisi quantitative basandosi sull'assorbimento della radiazione che attraversa il campione, correlandola alla concentrazione della molecola in analisi.

La tecnica spettrofotometrica può essere utilizzata per determinare molteplici costituenti dell'acqua. Tra i tanti elementi costituenti un corpo idrico non viene mai a mancare l'azoto e le varie forme di ossidazione che possiede. L'azoto costituisce una buona fetta di concimi utilizzati in campo agricolo ma può derivare anche da scarichi, allevamenti o dall'abuso nella distribuzione di pesticidi.

La presenza di azoto ammoniacale nell'acqua può essere un segnale valido per determinare l'allarme inquinamento.

Il limite di legge imposto è quello dei 0,50 mg/L.

Per determinare la concentrazione di azoto in forma ammoniacale nelle acque destinate al consumo umano è necessario l'utilizzo dei Rapporti ISTISAN 07/31, nello specifico *ISS.BHE.019.REV00*.

Il principio del metodo prevede che lo ione ammonio contenuto nel campione venga fatto reagire con salicilato e ipoclorito in presenza di nitroprussiato sodico come catalizzatore; l'intensità del colore blu del complesso che si forma (indofenolo) viene misurata allo

spettrofotometro alla lunghezza d'onda di 640 nm. Dalla misura spettrofotometrica dell'assorbanza della soluzione si ricava la concentrazione dello ione ammonio presente nel campione in esame per interpolazione su curva di taratura ottenuta con soluzioni a concentrazioni note comprese nel campo di indagine analitica.<sup>25</sup>

Oltre all'azoto, si possono ricercare altri gruppi di molecole, come cloro, fosforo, silice ma anche *acido isocianurico* (costituente dei cianuri), solfiti, cloruri e altre tipologie di ioni.

Nel complesso l'analisi spettrofotometrica risulta meno complessa di altre tecnologie di analisi ma pur sempre valida nella definizione di concentrazione di determinati metaboliti presenti all'interno della matrice in analisi.

---

<sup>25</sup> Ottaviani M, Bonadonna L. (Ed.). Metodi analitici di riferimento per le acque destinate al consumo umano ai sensi del DL.vo 31/2001. Metodi chimici. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2007. (Rapporti ISTISAN 07/31)

## **Conclusione**

Nello sviluppo dell'elaborato, la linea di demarcazione tra i due alimenti posti in analisi ha suscitato notevoli discrepanze, spesso addirittura non permettendo un lineare confronto tra i due. Nell'utilizzo domestico entrambe risultano pressoché identiche anche se la linea legislativa è rimasta per una sostanziale divisione delle due.

Il recepimento delle rispettive direttive europee ha garantito l'utilizzo di strumenti molto avanzati che ne permettono il controllo, inciampando però in interventi e modifiche non sempre condivisibili, capaci di determinare difficoltà nella gestione di tutta la filiera comprendendo i produttori sino agli organi di controllo stessi.

Traspare una efficace dinamicità degli organi europei decisi ad evolvere la normativa vigente garantendo una sostanziale forma di sicurezza nei confronti dei cittadini. A questo vede legarsi il notevole sviluppo tecnologico che fornisce strumenti sempre più all'avanguardia comprendenti tecniche di potabilizzazione sempre meno dispendiose e/o invasive o apparecchiature atte alla ricerca di sostanze nocive alla salute umana.

Resta una speranza nei confronti dei cittadini tutti, poiché proprio il coadiuvarsi della tecnologia alla società permetta un vantaggio su scala globale: i comportamenti, le abitudini ma soprattutto l'attitudine deve essere univoca: l'acqua è un bene prezioso, più unico che raro e per questo va tutelata e salvaguardata in modo che tutti possano usufruirne.



## Fonti bibliografiche

- *N. F. Lightfoot e E. A. Maier* 2002. **Analisi microbiologica degli alimenti e dell'acqua;**
- *Mecella G.* 2001. **Metodi di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico;**
- *Michael T. Madigan, John M. Martinko, David A. Stahl, Kelly S. Bender, Daniel H. Buckley,* 2014. **Brock. Biologia dei microrganismi. Microbiologia generale, ambientale e industriale;**
- *Paolo Cabras, Carlo I. Tuberoso,* 2013. **Analisi dei prodotti alimentari;**
- *Collivignarelli C. Sorlini S.* 2009. **Potabilizzazione delle acque. Processi e tecnologie;**
- *APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici,* 2003. **Metodi analitici per le acque;**
- *Ottaviani M, Bonadonna L.* (Ed.). Metodi analitici di riferimento per le acque destinate al consumo umano ai sensi del DL.vo 31/2001. **Metodi chimici. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2007. (Rapporti ISTISAN 07/31).**
- *Diane Beauchemin,* 2020. **Sample Introduction Systems in ICPMS and ICPOES.**

## Sitografia

- Publiacqua. <http://www.publiacqua.it>
- Regione Emilia-Romagna. <http://www.regione.emilia-romagna.it>
- Ministero della Salute. <http://www.salute.gov.it>
- Culligan. <http://www.culligan.it>
- Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige. <http://www.ambiente.provincia.bz.it>
- Arpa Veneto. [www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)
- Camera dei deputati. <https://www.camera.it/leg18/292>
- Acqualys. [www.acqualys.it](http://www.acqualys.it)
- Istituto Superiore di Sanità. <https://www.issalute.it>

- Sanpellegrino Corporate: Acque minerali e bevande. <http://www.sanpellegrino-corporate.it/it>
- Acquedotto Lucano SPA. <http://www.acquedottolucano.it>
- Azienda Sanitaria Locale di Chieri, Carmagnola, Moncalieri e Nichielino. [www.aslto5.piemonte.it](http://www.aslto5.piemonte.it)
- QuiFinanza. <http://www.quifinanza.it>
- Certifico | Safety Software - Certifico Srl. <http://www.certifico.com>
- Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana. [www.arpat.toscana.it](http://www.arpat.toscana.it)
- Consiglio Nazionale sulle ricerche – Istituto di ricerca sulle acque. [www.irsa.cnr.it](http://www.irsa.cnr.it)
- LACERC - Laboratorio di Analisi Chimiche Batteriologiche Fisiche Microbiologiche. Certificazione energetica e certificatore energetico. <http://www.lacerc.it>
- Le Scienze. <http://www.lescienze.it>
- Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramic. [www.istec.cnr.it](http://www.istec.cnr.it)
- METTLER TOLEDO. <http://www.mt.com/it/it>
- International Organization for Standardization. [www.iso.org](http://www.iso.org)
- Istituto Nazionale di Statistica. [www.istat.it](http://www.istat.it)
- Accredia - L'Ente Italiano di Accreditamento. <http://www.accredia.it>
- PerkinElmer. <http://www.perkinelmer.com>
- Agenzia ANSA. [www.ansa.it](http://www.ansa.it)
- The European Food Information Council: Food facts for healthy choices | Eufic. <http://www.eufic.org>
- Regione del Veneto. <http://www.regione.veneto.it>
- Il Sole 24Ore. <http://www.ilsole24ore.com>
- SITA UV Società italiana trattamento acque. <http://www.sitauv.com>
- Eptanord - Food analysis & Consulting. <http://www.eptanord.it>



