

Radioattività dell'acqua

Le acque della sorgente dell'Acqua Marcella venivano pubblicizzate per le loro qualità radioattive. Ma erano veramente radioattive?

Mauro Filippini

Agli inizi del secolo scorso l'acqua radioattiva era considerata un toccasana per la salute dell'uomo mentre oggi il termine "radioattivo", dopo i diversi incidenti avvenuti nelle centrali nucleari, porta a pensare solo a qualcosa di molto nocivo per la salute.

Comunque, ancora oggi, c'è chi sostiene che l'acqua radioattiva abbia effetti benefici sulla salute dell'uomo, superiori agli effetti negativi che comunque vengono riconosciuti.

Per capire meglio, andiamo per gradi. Cercherò di spiegare in modo semplice un argomento complesso, utilizzando anche un linguaggio non propriamente scientifico, che talvolta potrebbe risultare perfino banale.

Cos'è la radioattività

La materia è costituita da un insieme di particelle elementari. Se prendiamo del ferro e lo dividiamo in pezzi sempre più piccoli otterremo sempre del ferro. Se continuiamo a dividerlo possiamo arrivare ad una particella

elementare singola, che non può più essere suddivisa ulteriormente. Questa particella è l'atomo.

Il modello di atomo che qui si mostra è quello descritto all'inizio del '900. Oggi si sa che è molto più complesso, ma questo modello ha il vantaggio di essere facilmente comprensibile ed efficace nel rappresentare il fenomeno della radioattività.

L'atomo è costituito da protoni, neutroni ed elettroni (Fig.1).

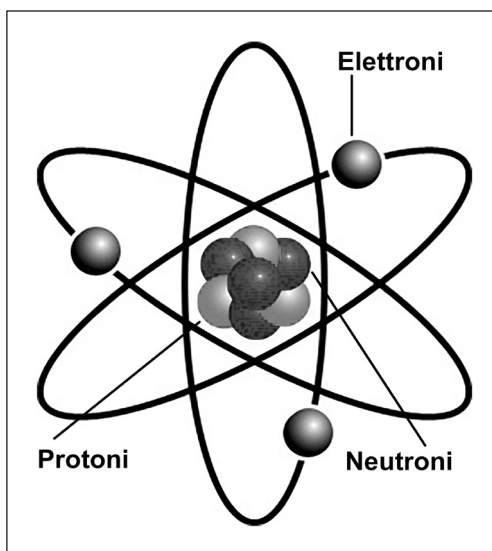


Fig.1. Modello di atomo (licenza GFDL - GNU Free Documentation License, con elaborazione di Mauro Filippini).

C'è un nucleo centrale costituito da particelle chiamate protoni ed altre chiamate neutroni. Attorno al nucleo ruotano gli elettroni.

Le diverse sostanze elementari (elementi) sono caratterizzate da un numero ben preciso di protoni. L'ossigeno ha 8 protoni, il ferro ne ha 26 e così via.

Gli antichi Greci avevano già ipotizzato l'esistenza dell'atomo, inteso come la parte più piccola della materia, quella che non si può più suddividere ulteriormente. Infatti, nella loro lingua, il significato della parola "atomo" è "che non si può tagliare" (indivisibile).

A dispetto del nome, in realtà, si è poi scoperto che, in certe condizioni, gli atomi si possono suddividere ancora.

Questo accade attraverso **reazioni nucleari**, al termine delle quali, se vengono perduti o acquistati protoni, l'elemento di partenza si trasforma in un altro diverso, a differenza di quanto accade nelle reazioni chimiche, dove gli stessi elementi che reagiscono tra loro si ritrovano sempre anche alla fine della reazione [1].

Le reazioni nucleari possono avvenire in maniera naturale o essere indotte dall'uomo (artificiali).

Reazioni nucleari naturali sono ad esempio quelle che avvengono nel sole, dove quattro atomi di idrogeno si uniscono per formarne uno di elio (un diverso elemento) liberando l'energia che noi avvertiamo come luce e calore provenienti dal sole.

Reazioni nucleari artificiali sono quelle che avvengono nei reattori delle centrali nucleari, dove certi elementi vengono "spezzati" per generarne altri "più piccoli"; anche in questo caso viene liberata energia.

Inoltre, in natura, esistono elementi non stabili che, nel tempo, si trasformano in altri elementi attraverso reazioni nucleari spontanee.

Se anche questi ultimi elementi non sono stabili allora si trasformeranno a loro volta. La serie di trasformazioni continuerà fino ad arrivare ad un elemento stabile (che non si trasforma più).

Il tempo che un elemento instabile impiega a trasformarsi in un altro dipende dall'elemento di partenza ed è molto variabile: si va da frazioni di secondo a miliardi di anni.

Nel corso di queste trasformazioni vengono emesse radiazioni.

La **radioattività** non è altro che il processo attraverso il quale avvengono queste trasformazioni.

Il capostipite di molti elementi radioattivi è l'uranio U-238 [2], presente in natura in consistenti quantità, dal quale derivano una serie di elementi "figli".

Il radio (elemento dal quale deriva il termine "radioattività") è uno dei figli dell'uranio U-238. Il radio si trasforma poi nell'elemento radon (Rn-222), un gas inodore ed incolore, a sua volta radioattivo.

Anche il radon infatti si trasforma (il termine corretto è "decade") in altri elementi a loro volta radioattivi finché, attraverso decadimenti successivi, si arriva al piombo Pb-206 che è stabile (Fig.2). Durante tutte queste reazioni si ha l'emissione di radiazioni nocive per l'uomo. E' dimostrato che quella emessa dal radon Rn-222 è cancerogena e rappresenta la seconda causa di tumore ai polmoni, subito dopo il fumo [3].

Radioattività dell'acqua

La radioattività dell'acqua proviene dal suo contenuto di elementi radioattivi.

Il **radon** è tra i più importanti perché, essendo un gas, può trafilare attraverso tutte le fessure presenti nella crosta terrestre fino ad essere disciolto nelle acque di sorgente o, caso più grave, essere respirato.

Essendo un gas, quando arriva in aria libera viene disperso e non ha più gravi effetti sulla salute, perché viene a trovarsi in bassissime concentrazioni. Invece, negli ambienti chiusi, in particolare quelli situati in edifici costruiti su rocce ricche di radon (o radio che poi decade in radon), l'aria respirata può essere ricca di questo gas nocivo.

Le falde acquifere invece assorbono elementi radioattivi in funzione della loro quantità presente nelle rocce circostanti e del radon che vi viene disciolto nel tempo.

Livelli di radon nelle acque e limiti previsti dalla legge

La direttiva 2013/51/Euratom, recepita in Italia con decreto legislativo 28/2016, limita l'attività del radon nell'acqua potabile a 100 Bq/l (cioè in 1 litro di acqua non ci possono essere più di 100 atomi che decadono in un secondo) (4). All'art. 3 sono escluse da questi limiti le acque minerali naturali riconosciute tali dal D. lgs. 176/2011 e le acque medicinali ai sensi del D. lgs. 219/2006, che possono quindi avere livelli di radioattività più elevati.

Arpa Lombardia in un suo documento (5) riporta i risultati di studi condotti fino agli anni '90 sui livelli di radioattività delle acque, suddividendo queste ultime in:

- deboli: da 400 a 2.000 Bq/l
- medie: da 2.000 a 5.000 Bq/l
- forti: oltre i 5.000 Bq/l

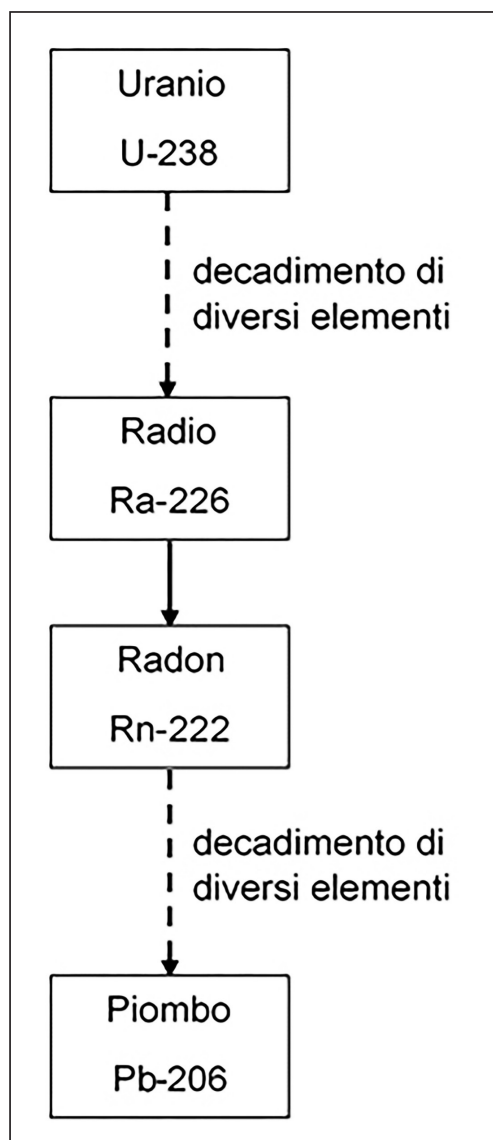


Fig.2. Schema semplificato del decadimento dell'uranio U-238 (Mauro Filippini).

Fig. 3. Etichetta dell'acqua Lurisia, decantata come la più radioattiva del mondo (collezione privata).



Elenca inoltre il livello di radioattività di alcune acque provenienti da impianti termali e classificate come radioattive (6):

- acque radioattive deboli (400-2.000 Bq/l): Bagnanco, Bormio, Nepo, Spezzano Albanese;
- acque radioattive medie (2.000-5.000 Bq/l): Merano; Tettuccio di Montecatini;
- acque radioattive forti (oltre 5.000 Bq/l): Ischia, Lursia (40.000 Bq/l, tra le maggiori in Europa) (Fig. 3).

Se consideriamo l'Acqua Marcella, la cui fonte si trova a Borgonuovo di Sasso Marconi, leggiamo nell'etichetta riportata sulle bottiglie negli anni '20 (Fig.4) un valore di radioattività di 3,85 Mache, che equivale a 52 Bq/l. Una

successiva etichetta degli anni '30 (vedere articolo "L'Acqua Marcella" in questo numero di Al Sas) riporta un valore di 5,7 Mache corrispondenti a 77 Bq/l.

Come si può notare, questa quantità è dalle 5 alle 8 volte più bassa del valore minimo considerato da Arpa Lombardia per le acque radioattive (400 Bq/l), ed è anche al di sotto degli stessi limiti europei per le acque potabili (100 Bq/l). Quindi l'Acqua Marcella risulterebbe poco radioattiva, a dispetto della pubblicità degli anni '20, che ne esaltava il contenuto radioattivo con le seguenti parole: *"Il suo grande pregio che la distingue da tutte le altre del genere, consiste nella sua elevatissima radioattività"* (Fig.5).

Fig.4. Etichetta dell'Acqua Marcella negli anni '20 (proprietà Giuseppe Corsini, foto Mauro Filippini).

Autorizzata la vendita con Decreto del Ministero dell'Interno in data 21 Gennaio 1924 - N. 24

L'ACQUA MARCELLA

... indicata ed efficace nelle malattie del ricambio, specialmente nell'artrite. Può essere usata a lungo e riesce anche gradevole. Prof. PIETRO ALBERTONI, Senatore del Regno

... di prezioso ausilio nella cura dei vari stati di diatesi artritica. Prof. A. LANZEBINI, Primo Ordine di Medicina, Maggiore di Bologna

... efficacissima nelle forme di litiasi renale. Prof. U. GARDINI, Docente di Urologia R. Università di Bologna

... non vi è altra acqua naturale congenere che la superi per efficacia terapeutica, in tutte le forme di litiasi renale, gotta, diabete, reumatismi, calcoli renali, cataratto vescicale, linfite. ... Essendo essa costituita da elementi chimici puri che eguagli, anzi taluni di essi in quantità superiore alle ben note acque di Fiume, S. Pellegrino, Chianciano ecc., e per di più spiccatamente radioattiva, si ci riesce subito come debba aver dato e dare sempre nel suo largo uso questi ottimi e benefici risultati. Prof. E. BOARI, Docente R. Univ. Bologna

... I ho vista le varie forme di reumatismi, calcoli renali, cataratti delle vie urinarie, con successo e con notevole vantaggio anche in un caso di diabete, ottenendo forte diminuzione della quantità urinaria di zucchero emessa nelle urine. Dott. E. TORNANI, Ospedale S. Orsola di Bologna

... I ho vista in me stesso, e in altri casi di calcoli renali, ho potuto così sperimentare le sue ottime qualità diuretiche ed antistatiche, tanto da averne risultati notevoli vantaggi. Dott. A. ACQUA DIERNI, Dirigente la Sez. Pediatrica della I. Ombra, Feltrina, Bologna

... indicatissima nelle forme di litiasi renale, gotta, reumatismi, piaghe. Dott. E. MAGGIORI, Direttore Ospedale Modigliani

Ho curato e guarito con l'uso dell'Acqua "Marcella", delle affezioni croniche e acute del naso e del viso mediante speciali applicazioni. Dott. O. DI POLO, Aiuto della Sez. Pediatrica della I. Ombra, Feltrina, Bologna

ACQUA MINERALE NATURALE

RADIOATTIVA - DIURETICA

PONTECCHIO (BOLOGNA)

Prodotto e imbottito



SORGENTE MARCELLA

COMUNE DI BOLOGNA

UFFICIO D'IGIENE

L'acqua della Sorgente Marcella è chimicamente e batteriologicamente pura.

Dott. BONO ADOLFO - Dott. ULISSE MASSI

ANALISI FISICA E CHIMICA (28 maggio 1925)

Temperatura 14° - Densità a 15° - 1,0094 - Durezza totale (Gr. F.) 23,7 - Alcalinità totale gr. 0,40 (come carbonato di calcio) - Ossidabilità in ossigeno gr. 0,0005 per litro - Radioattività 3,85 in unità Mache.

COMPONENTI IN 100 LITRI

Cationi		Anioni	
Calcio (Ca)	gr. 16,7296	Cloro (Cl)	gr. 3,2020
Magnesio (Mg)	4,1437	Iodio (I)	0,0055
Sodio (Na)	0,3141	Sol. (resid. sol.)	5,7400
Bario (Ba)	4,9187	Sol. (resid. sol.)	4,5200
Rame (Cu)	tracce	Col. (carb.)	24,1000
Ferro (Fe)	0,0105	Sol. (resid. sol.)	7,3468
Alluminio (Al)	0,0207	Sostanze non deter.	
Litio (Li)	0,1250	Bario, Titanio e sostanze organiche	gr. 0,3962
		Residuo a 110° gr. 61,7770	

GAZ DISCIOLTI

Ossigeno (O)	cc. 1100
Azoto (N)	2210
Anidride carbonica libera (CO ₂)	1100
Totale cc.	4410

Prof. GIUSEPPE VENTURELLI - RICCARDO CHIESA della R. Università di Bologna

ANALISI FISICA E CHIMICA (28 maggio 1925)

Temperatura 14° - Densità a 15° - 1,0094 - Durezza totale (Gr. F.) 23,7 - Alcalinità totale gr. 0,40 (come carbonato di calcio) - Ossidabilità in ossigeno gr. 0,0005 per litro - Radioattività 3,85 in unità Mache.

134 al sas 39 - anno XX - I semestre 2019

IL POPOLO DEL PRINCE

Mercoledì 14 APRILE - 1922

Alcune attestazioni sulle qualità terapeutiche della Acqua minerale motorea iodica medicamentosa-radioattiva

Il suo grande pregio che la distingue da tutte le altre del genere, consiste nella sua elevatissima radioattività "Unità Maché 5.7."

REFERATO

Il campione fu prelevato alla Fonte, dal Laboratorio Chimico dell'Ufficio d'Igiene di Bologna l'11 Maggio 1922.

Fu analizzato dal Gabinetto di fisica e meteorologia della R. Università di Bologna il 21 Giugno successivo.

L'esame dell'ACQUA MARCELLA eseguito col noto metodo elettoscopico del Sigg. Elster e Geitel ha portato al seguente risultato:

« Si può concludere che nei limiti di sensibilità inerenti al metodo impiegato, l'acqua sorgiva diuretica della Miniera Marcella di Pontecchio, si presenta dotata di sensibili proprietà radioattive corrispondenti cioè a 5.7 Maché p. l. - Essendo trascorsi 41 giorni dal prelievo all'analisi, la sua forte radioattività si è mantenuta, per effetto di soli radioattivi dicilioti.

Prof. BETTI e BONINO
dell'Istituto d'Igiene R. Università di Bologna

Fonte con una repulsa costante e inalterabile, che non prima di pochi radiocuranti.

Prof. G. BONINO

BASSA NAZIONALE
Crescenza, 10 - 5 - 1922

Ho adottato l'Acqua Marcella in forma radioattivamente accresciuta di ricostituzioni e ne ho constatato l'uso efficace.

Prof. M. MARINELLI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. GUGLIELMI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. GUGLIELMI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. GUGLIELMI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. GUGLIELMI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. GUGLIELMI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. GUGLIELMI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. GUGLIELMI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. GUGLIELMI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. GUGLIELMI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. GUGLIELMI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. GUGLIELMI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. GUGLIELMI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

ma di noi debba profitto e noi che sono sempre il bene, rendendo purgato quei miasmi che naturalmente ne fanno una le ne integrano per loro e per me.

Domestici A. MURRI

Spett. alcuni spetti 7. Il nostro ultimo spetto.

L'Acqua Marcella è un'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. MURRI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. MURRI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. MURRI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. MURRI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. MURRI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. MURRI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. MURRI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Prof. A. MURRI
Bologna, 7 - 4 - 1922

Spett. l'Acqua Marcella fu una gran dose di bene dell'acqua minerale, che si sempre più e presto, e si prego di dire a tutti i suoi radiocuranti.

Fig. 6. Una pubblicità del 1926 dell'acqua Radiolitina "gustosissima acqua radioattiva da tavola miracolosa contro tutte le malattie del ricambio" (collezione privata).

"alzati e cammina!,"

MAUZAN 926

PRESSO TUTTE LE BUONE FARMACIE

RADIOLITINA

**GUSTOSISSIMA ACQUA RADIOATTIVA DA TAVOLA
MIRACOLOSA CONTRO TUTTE LE MALATTIE DEL RICAMBIO**

DOTTOR A. CODEBÒ & C. - CAVA MANARA (PAVIA)

MAUZAN NÖRZENT - MILANO 1926

DEPOSITO N. 100000

D'altra parte, come l'Acqua Marcella, molte altre acque minerali venivano nel passato definite sulla loro etichetta come radioattive. In tempi successivi la radioattività è scomparsa dalla definizione dell'acqua per rimanere solo come dato nella tabella delle analisi. In seguito, questa caratteristica è scomparsa completamente dalle etichette. Evidentemente erano giunti i tempi in cui la radioattività era percepita come caratteristica negativa e non più positiva.

In Internet è possibile trovare alcune decine di etichette storiche di marche diverse di acqua minerale, tutte contrassegnate come radioattive (7) (Fig.6). Le date riportate sulle etichette vanno dal 1912 al 1961 e la loro radioattività va da qualche unità di Bq/l ad alcune migliaia di Bq/l.

Per confronto, l'analisi fatta da Hera Lombardia nel 2016 (8) mostrava un contenuto di radioattività nelle acque potabili (cioè negli acquedotti) da 0,6 Bq/l a 61 Bq/l (quest'ultimo valore è simile a quello indicato dall'etichetta

dell'Acqua Marcella negli anni '20 (52 Bq/l) e negli anni '30 (77 Bq/l).

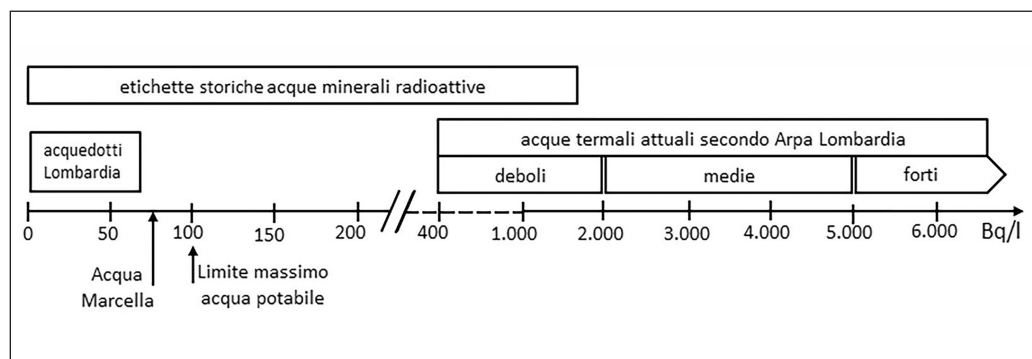
Per un più rapido confronto si riportano su uno stesso grafico tutti i valori di radioattività indicati sopra (Fig.7).

Usi medicali dell'acqua radioattiva

E' dimostrato che la radioattività è dannosa per la salute. Ciò nonostante le acque radioattive vengono ancora pubblicizzate, in particolare negli impianti termali, per gli effetti positivi che l'elemento radon avrebbe sul corpo umano. Questi effetti positivi sarebbero superiori a quelli negativi dovuti alla sua radioattività, cioè quella che il radon esprime nel momento in cui inevitabilmente decade per diventare un altro elemento.

Occorre però tener presente che tutti gli enti nazionali ed internazionali preposti alla tutela della salute evidenziano solo la nocività del radon, senza mai citarne eventuali effetti positivi (9).

Fig.7. Confronto del livello di radioattività delle acque considerate nell'articolo. Risulta evidente il basso livello di radioattività dell'acqua Marcella (grafico di Mauro Filippini).



Note

(1) Nelle reazioni chimiche i diversi elementi si combinano tra loro dando luogo a sostanze diverse da quelle di partenza, ma che contengono comunque al loro interno sempre gli elementi di partenza. Ad esempio, se il ferro reagisce con l'ossigeno dà luogo all'ossido di ferro, nel quale sono contenuti sia atomi di ferro che atomi di ossigeno. L'insieme di più atomi è chiamato molecola (in questo caso la molecola dell'ossido di ferro).

(2) Il numero 238 indica la somma di protoni (l'uranio ne ha sempre 92) e neutroni (146 in questo caso) presenti nel nucleo dell'atomo di uranio U-238.

(3) La pericolosità del radon è documentata per quanto riguarda il gas respirato, mentre per il radon ingerito con l'acqua bevuta non ci sono dati. Vedere al riguardo quanto affermato dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale italiano e dall'Agenzia per la Protezione Ambientale irlandese:

<http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/radioattivita-ambientale/Radon> (consultato il 19/01/2019)

https://www.epa.ie/pubs/reports/radiation/RPII_Radon_Drinking_Water_Brochure_14.pdf.pdf (consultato il 19/01/2019). Occorre notare però che parte del radon, essendo

un gas, verrà disperso dall'acqua all'aria, dove potrà essere respirato, invece di essere ingerito assieme all'acqua. In particolare nei bagni dove l'acqua è calda (esempio: negli impianti termali o nei bagni di casa).

(4) Bq= Becquerel. E' l'unità di misura internazionale adottata per esprimere l'attività di una sostanza radioattiva: rappresenta un decadimento al secondo. Il Becquerel deve il suo nome ad Antoine Henry Becquerel che nel 1907 vinse il premio Nobel (insieme a Maria Curie e Pierre Curie) per il lavoro pionieristico sulla radioattività.

(5) http://ita.arpalombardia.it/ITA/console/files/download/86/Methodi_Rn222.pdf (consultato il 19/01/2019)

(6) ibidem

(7) <http://www.radioprotezione.org/rpo/29-le-acque-minerali-radioattive.html> (consultato il 19/01/2019)

(8) <http://www.arpalombardia.it/Pages/Indicatori/Radon-222-acqua-potabile-2016.aspx?tipodati=0&tema=Radiazioni%20%20ionizzanti%20%28IR%29&sottotema=Sottotema%20ambientale&ordine=1> (consultato il 19/01/2019)

(9) Vedere al riguardo l'Organizzazione Mondiale della Sanità: https://www.who.int/ionizing_radiation/env/radon/en/ (consultato il 19/01/2019).