



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia

Dipartimento Provinciale di Milano

U.O. Agenti Fisici
Via Juvara, 22 - 20129 MILANO
Tel. 02 75722306-9 - Fax 02 70124857

ACQUE POTABILI E RADIOATTIVITA'

Risultati
della campagna di misura
della radioattività
dell'acqua potabile
nella città di Milano



Milano, novembre 2003



Questa relazione tecnica riporta i risultati della campagna 2003 condotta presso l'U.O. Agenti Fisici del Dipartimento ARPA di Milano per la misura del contenuto di radioattività dell'acqua potabile nel comune di Milano. Riassume inoltre brevemente le attività svolte nel corso degli anni per il monitoraggio della radioattività delle acque da questo Ufficio, già Centro di Riferimento Regionale per il controllo della radioattività ambientale dalla fine degli anni '80.

Tutti i prelievi e le analisi sono state effettuate a cura della U.O. Agenti Fisici del Dipartimento ARPA di Milano.

INDICE

- I. Acque potabili e radioattività
- II. Riferimenti normativi
 - A. Il D.L.vo 230/95 attuazione delle direttive Euratom in materia di radiazioni ionizzanti
 - B. Il D.L.vo 31/01 attuazione delle direttive comunitarie in materia di qualità delle acque destinate al consumo umano
 - C. La raccomandazione 2001/928/Euratom sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon nell'acqua potabile
- III. Il piano dei controlli
 - A. Radioattività artificiale
 - B. Radioattività naturale
- IV. Metodi di campionamento e misura
 - A. Radioattività artificiale
 - B. Radioattività naturale – Misura dell'attività alfa e beta totale
 - C. Radioattività naturale – Misura del radon 222
- V. Risultati
 - A. Radioattività artificiale
 - B. Radioattività naturale – Attività alfa e beta totale
 - C. Radioattività naturale – Radon 222
- VI. Commenti e conclusioni
- VII. Riferimenti bibliografici
- VIII. Allegati

Documento predisposto da:

Silvia Bellinzona, Maria Teresa Cazzaniga, Maurizio Forte, Rosella Rusconi

I. ACQUE POTABILI E RADIOATTIVITA'

L'acqua utilizzata a scopo potabile può contenere sostanze radioattive di origine artificiale e contiene, normalmente, sostanze radioattive di origine naturale.

La presenza di sostanze radioattive artificiali è dovuta a contaminazioni della falda causate da gravi incidenti con immissione di quantità significative di radioattività nell'ambiente; nelle prime settimane dopo l'incidente di Chernobyl, ad esempio, si riscontrava sporadicamente la presenza di tracce di cesio 137 nelle acque di falda milanesi, anche se in quantità irrilevante dal punto di vista radioprotezionistico.

La presenza di radionuclidi di origine naturale nelle acque è invece un fenomeno usuale, è dovuta a fenomeni di natura geologica e prescinde nella maggior parte dei casi da ipotesi di inquinamento antropico. Poiché anche le sostanze radioattive naturali possono costituire un rischio per la salute, il problema della loro presenza nelle acque potabili non può essere trascurato.

I controlli sulle acque sono pertanto finalizzati alla ricerca di sostanze radioattive sia artificiali che naturali.

Per quanto riguarda le sostanze radioattive artificiali, scopo dei controlli è quello di individuare eventuali situazioni di contaminazione di origine antropica.

Per quanto riguarda le sostanze radioattive naturali, scopo dei controlli è quello di ricostruire la distribuzione della concentrazione di radionuclidi nelle acque utilizzate a scopo potabile e stimare la dose alla popolazione. Ciò anche alla luce di un recente normativa, il D.L.vo 31/01 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alle acque destinate al consumo umano" che prevede esplicitamente, per la prima volta, l'obbligo di verificare il valore di alcuni parametri legati alla radioattività e prescrive, in alcuni casi, l'adozione di contromisure per ridurre i valori entro livelli ritenuti più accettabili.

II. RIFERIMENTI NORMATIVI

A. *Il D.L.vo 230/95 attuazione delle direttive Euratom in materia di radiazioni ionizzanti*

La normativa attualmente vigente in Italia in materia di radiazioni ionizzanti è il decreto legislativo 230/95 e successive modifiche ed integrazioni [1] [2]. Per quanto riguarda il problema della presenza di sostanze radioattive nelle derrate alimentari e nelle bevande il D.L.vo 230/95 prevede quanto segue:

1. ai sensi dell'art. 98, comma 1 del D.L.vo 230/95, "E' vietato mettere in circolazione, produrre, importare, impiegare, manipolare o comunque detenere, quando tali attività siano svolte a fini commerciali, i seguenti prodotti o manufatti, ove agli stessi siano state deliberatamente aggiunte materie radioattive, sia direttamente, sia mediante attivazione:
 - a) prodotti per l'igiene e cosmesi;
 - b) oggetti di uso domestico o personale, ad eccezione di quelli destinati ad uso medico o paramedico;
 - c) giocattoli;
 - d) *derrate alimentari e bevande*;
 - e) dispositivi antifulmine"

2. ai sensi dell'art. 99, comma 1, del D.L.vo 230/95, "Chiunque pone in essere le attività disciplinate dal presente decreto deve attuare le misure necessarie al fine di evitare che le persone del pubblico siano esposte al rischio di ricevere o impegnare dosi superiori a quelle fissate con il decreto di cui all'articolo 96, anche a seguito di contaminazioni di matrici"
3. ai sensi dell'allegato 4, paragrafo 7, del D.L.vo 230/95, "Il limite di dose efficace per gli individui della popolazione è stabilito in 1 mSv per anno solare". Ai sensi dell'allegato 4, paragrafo 9, punto 1, il limite di dose efficace di 1 mSv/anno è relativo alla somma delle dosi efficaci ricevute per esposizione esterna in un anno solare e impegnate per inalazione o per ingestione nello stesso periodo; i criteri per il calcolo della dose efficace sono specificati ai punti 3 e 4 dello stesso paragrafo 9.

Questo decreto disciplina quindi l'uso pacifico delle radiazioni e di conseguenza la presenza in ambiente di sostanze radioattive di origine artificiale.

La probabilità di contaminazione delle acque di falda da radionuclidi artificiali è comunque ridotta, in quanto la legge vigente regolamenta in modo molto rigido la possibilità di immettere sostanze radioattive in ambiente ed inoltre le falde acquifere ad uso potabile sono generalmente profonde e quindi poco vulnerabili.

La verifica della normativa viene comunque effettuata accertando l'assenza nell'acqua di sostanze radioattive di origine artificiale.

B. Il D.L.vo 31/01 attuazione delle direttive comunitarie in materia di qualità delle acque destinate al consumo umano

Il più recente decreto legislativo 31/01, recepimento di una direttiva europea, tratta esplicitamente il problema del contenuto di radioattività (sia naturale che artificiale) delle acque destinate al consumo umano [3]. Questo decreto prevede, in particolare, la verifica del rispetto di due parametri relativi alla radioattività nelle acque, precisamente il *trizio (H-3)* e la *dose totale indicativa*:

Categoria di radionuclidi	Valore di parametro che deve essere rispettato
----------------------------------	---

H-3	100 Bq/l
-----	----------

Dose totale indicativa*	0,10 mSv/anno
-------------------------	---------------

*: ad eccezione del trizio, K-40, radon e prodotti di decadimento del radon

Il trizio è un radionuclide di origine naturale che viene prodotto dall'interazione della radiazione cosmica con gli strati alti dell'atmosfera, entra nel ciclo dell'acqua e si trova normalmente nelle acque di falda in concentrazioni dell'ordine di poche unità di *Bq/l (becquerel per litro)*. Una fonte antropogenica di trizio è invece legata all'esercizio di alcuni particolari tipi di reattore nucleare che immettono in ambiente reflui contaminati da trizio. Il D.L.vo 31/01 considera quindi la possibilità di inquinamento da trizio in quanto è il recepimento di direttive europee, ed in alcuni paesi europei dotati di reattori nucleari esiste realmente il problema della contaminazione da trizio delle acque potabili. In Italia si può ritenere che il problema non esista e la verifica di questo parametro è secondaria rispetto alla verifica del valore di dose totale indicativa.

La dose totale indicativa è una misura della quantità di radiazione assorbita dal corpo umano a causa dell'ingestione delle sostanze radioattive contenute nell'acqua e si misura in *mSv/a* (*millisievert per anno*). La dose non può essere misurata direttamente, ma viene stimata applicando ai valori di concentrazione di radioattività misurati nell'acqua opportuni coefficienti di conversione, che dipendono tra l'altro dal tipo di sostanza radioattiva presente. La valutazione della dose richiede quindi la misura del contenuto di radioattività delle acque, che viene effettuato in prima istanza attraverso la determinazione della concentrazione di *attività alfa totale* e *attività beta totale*.

Le sostanze radioattive si possono infatti classificare grossolanamente in due categorie: sostanze che emettono radiazione di tipo alfa e sostanze che emettono radiazione di tipo beta. La concentrazione di attività alfa totale, che si esprime in Bq/l (o indifferentemente in Bq/kg), è una misura di tutte le sostanze radioattive che emettono radiazione di tipo alfa (ad esempio, tra le sostanze radioattive naturali, l'uranio ed il radio 226). La concentrazione di attività beta totale, che si esprime anch'essa in Bq/l, è una misura di tutte le sostanze radioattive che emettono radiazione di tipo beta (ad esempio, tra le sostanze radioattive naturali, il potassio 40).

Il D.L.vo 31/01 riguarda quindi principalmente la presenza nell'acqua di sostanze radioattive di origine naturale, le cui concentrazioni variano in modo poco prevedibile in funzione delle caratteristiche degli acquiferi di provenienza.

La verifica della normativa viene effettuata misurando il contenuto di attività alfa totale e beta totale e stimando sulla base di questi dati la dose totale indicativa.

C. La raccomandazione 2001/928/Euratom sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon nell'acqua potabile

Una recente raccomandazione della Comunità Europea (2001/928/Euratom) [4] prende in considerazione il problema dell'esposizione della popolazione a causa della presenza del radon 222 e di alcuni suoi prodotti di decadimento (piombo 210 e polonio 210) nell'approvvigionamento di acqua potabile per uso domestico.

Il radon è un gas radioattivo naturale presente in natura, il cui isotopo più importante è il radon 222. Si tratta di un isotopo della serie degli elementi derivati dal decadimento dell'uranio 238 e la sua presenza nell'ambiente è sovente connessa a quella di tracce del suo parente prossimo, il radio 226, nelle rocce e nel terreno. Poiché si tratta di un gas inerte, si può muovere liberamente attraverso materiali porosi come il terreno o i frammenti di roccia. Quando i pori sono saturi d'acqua, come nel caso del terreno e delle rocce sotto il livello della falda freatica, il radon si dissolve nell'acqua e viene da essa trasportato.

Il radon presente nell'approvvigionamento idrico per uso domestico causa un'esposizione umana attraverso l'ingestione e l'inalazione. Il radon può essere ingerito mediante l'acqua delle condotte o l'acqua in bottiglia. Il radon inoltre viene emesso dall'acqua del rubinetto nell'aria all'interno dell'ambiente, contribuendo ad aumentare la concentrazione di radon nell'aria degli ambienti indoor.

La raccomandazione sul radon intende promuovere l'esecuzione di indagini rappresentative per definire l'entità e la natura delle esposizioni al radon e ai suoi prodotti di decadimento di vita lunga nella fornitura di acqua potabile per uso domestico. Stabilisce quindi che per concentrazioni di radon 222 superiori a 100 Bq/l siano effettuate valutazioni aggiuntive per stabilire la necessità di intraprendere azioni correttive per tutelare la salute umana. Le stesse valutazioni andrebbero



effettuate nel caso in cui la concentrazione di polonio 210 superi 0,1 Bq/l e la concentrazione di piombo 210 superi 0,2 Bq/l.

In questa fase dei controlli è stata effettuata solo la misura e la verifica dei livelli di concentrazione di radon 222, rimandando ad una fase successiva la verifica dei livelli di concentrazione di polonio 210 e piombo 210.

III. IL PIANO DEI CONTROLLI

A. Radioattività artificiale

La verifica periodica della contaminazione da radionuclidi artificiali rientra dal 1989 nel piano di monitoraggio della radioattività ambientale attuato presso l'U.O. Agenti Fisici del Dipartimento ARPA di Milano: con frequenza mensile, viene prelevato ed analizzato un campione dell'acqua potabile erogata dal punto di rete della sede del Dipartimento, in via Juvara. Metodi di controllo e risultati sono riportati nel capitolo seguente.

B. Radioattività naturale

La verifica del contenuto di radioattività naturale nell'acqua di falda è stata effettuata attraverso l'esecuzione nel corso dell'anno 2003 di una campagna per la misura del contenuto di attività alfa totale e beta totale delle acque di rete della città di Milano. Studi precedenti [5] hanno infatti dimostrato che le caratteristiche puntuali dei pozzi di approvvigionamento possono condizionare il contenuto di radioattività delle acque erogate; l'acquedotto della città di Milano si approvvigiona da alcune centinaia di pozzi, e la rappresentatività per l'intera area milanese del dato misurato presso la sede del Dipartimento in via Juvara non è assicurabile a priori.

L'acquedotto civico di Milano provvede all'approvvigionamento idrico della città di Milano, dei comuni di Corsico e Peschiera Borromeo, attraverso l'erogazione annuale di circa 250 milioni di m³ di acqua; nel suo bacino d'utenza risiedono approssimativamente 1.350.000 abitanti, con una dotazione idrica media per abitante residente di 540 litri al giorno. Il rifornimento idrico della città proviene esclusivamente dalla falda (seconda e terza) alla quale attingono 550 pozzi (387 in esercizio effettivo) che, pescando dall'acquifero tradizionale o da quello profondo, alimentano 31 stazioni di pompaggio. L'acqua viene immessa nella rete di distribuzione dopo essere stata sottoposta ai trattamenti necessari per adeguarne la qualità ai requisiti del DPR 236/88 [6]; in particolare, 17 centrali su 31 sono dotate di sistemi di filtraggio a carbone attivo per la rimozione di inquinanti organici. Nella città di Milano la rete di distribuzione è lunga circa 3230 chilometri e segue nel sottosuolo l'articolazione delle vie cittadine; è configurata a 'tela di ragno' in modo tale da garantire l'erogazione in ogni punto della città anche in caso di fermo di una o più delle centrali; tuttavia l'acqua erogata in una zona proviene, tendenzialmente, dalle centrali ad essa più vicine.

Il territorio cittadino è stato pertanto suddiviso in 31 maglie quadrate (tante quante sono le centrali dell'acquedotto) di lato 2,4 km, all'interno delle quali si è provveduto ad individuare, presso parchi o giardini, una fontanella pubblica (tabella 1 e mappa 1 in allegato). I prelievi sono stati effettuati nei mesi di aprile – giugno 2003 in ciascuno dei punti selezionati utilizzando le metodiche di prelievo ed analisi descritte nel capitolo seguente.

Tab. 1 – Elenco dei punti di prelievo c/o fontanelle pubbliche

Codice identificativo	Indirizzo
D036	P.zza Fontana
D075	P.zza Ovidio
D076	V.le Ungheria
D077	P.zza Caserta
D090	P.zza Bausan
D099	Via Marchionni
D107	Via Forni
D125	Via Petrocchi
D149	P.zza Aspromonte
D168	P.zza Ferravilla
D173	Via Pisani Dossi
D174	Via D.G. Calabria
D189	Via Vittadini
D204	P.le G. Rosa
D213	Via Ripamonti
D224	Via Pescara
D231	Via San Giacomo
D238	Via San Paolino
D248	P.zza Napoli
D254	P.le Tirana
D264	P.le Siena
D269	Via delle betulle
D278	Via Forze Armate
D288	P.zza Cimitero Monumentale
D295	P.zza Wagner
D320-7	Parco Trenno
D328	Via Zanzottera
D337	P.le dello sport
D345	Via Appennini
D349	P.le Santore di Santarosa
D369	P.zza Damiano Chiesa

IV. METODI DI CAMPIONAMENTO E MISURA

A. Radioattività artificiale

La tecnica di prelievo e misura è ampiamente consolidata: un sistema di alimentazione invia direttamente ed in continuo l'acqua potabile di rete ad una colonna contenente un letto misto di resine a scambio ionico, che trattengono le specie ioniche disciolte. Al termine del periodo di campionamento (normalmente un mese) la resina viene essiccata, trasferita in un contenitore di Marinelli ed analizzata mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione.

Nelle condizioni analitiche utilizzate (quantità di resina: 1 litro, volume d'acqua percolata: 250 litri c.a., durata della misura spettrometrica: 4000 minuti) la sensibilità per i principali radionuclidi artificiali è normalmente dell'ordine della frazione di mBq/kg (*millibecquerel per chilogrammo*).

B. Radioattività naturale – Misura dell'attività alfa e beta totale

La concentrazione di attività alfa e beta totale è stata determinata mediante conteggio in scintillazione liquida con discriminazione alfa/beta di campioni preconcentrati; la tecnica di misura, che è stata descritta altrove [7], è applicabile a tutte le acque potabili con contenuto di sali inferiore a 500 mg/l e presenta, rispetto al conteggio alfa totale e beta totale di campioni evaporati, il vantaggio di una maggiore rapidità di esecuzione.

C. Radioattività naturale – Misura del radon ^{222}Rn

La concentrazione di ^{222}Rn è stata misurata con il metodo del conteggio in scintillazione liquida di campioni in doppia fase [7], prestando particolare attenzione nella fase di prelievo al fine di evitare perdite di radon dal campione. La sensibilità analitica, nelle condizioni tipiche di misura, è dell'ordine di 0,25 Bq/kg.

V. RISULTATI

A. Radioattività artificiale

Dal 1989 ad oggi sono state effettuate 120 misure mensili; le sensibilità analitiche per i principali radionuclidi artificiali sono riportate nella tabella 2.

Tab. 2 – Sensibilità analitica per i principali radionuclidi artificiali

Radionuclide	Sensibilità analitica Bq/kg
Cesio 134	4×10^{-4}
Cesio 137	4×10^{-4}
Iodio 131	2×10^{-2}
Rutenio 103	8×10^{-4}
Rutenio 106	3×10^{-3}

In nessun caso è stata individuata la presenza di radionuclidi artificiali in concentrazione superiore alla sensibilità della metodica.

B. Radioattività naturale – Attività alfa e beta totale

I risultati delle analisi sono riportati nella tabella 3.

Tab. 3 – Risultati delle misure del contenuto di attività alfa totale, beta totale e radon 222

Codice identificativo	Prot. interno	Descrizione:	Data di prelievo:	Attività Alfa Totale Bq/kg:	Incertezza std. (k=2):	Attività Beta Totale Bq/kg:	Incertezza std. (k=2):	Attività Radon 222 Bq/kg:	Incertezza std. (k=2):
D036	030152AB0	P.za Fontana	15/05/03	0,096	0,022	0,096	0,066	4,67	0,77
D075	030129AB0	P.zza Ovidio	09/04/03	0,288	0,055	0,273	0,092	6,84	1,04
D076	030248AB0	V.le Ungheria	27/05/03	0,116	0,025	0,106	0,068	8,42	1,25
D077	030133AB0	P.zza Caserta	14/04/03	0,087	0,020	0,146	0,073	2,38	0,46
D090	030134AB0	P.le Bausan	14/04/03	0,074	0,018	0,098	0,067	5,04	0,80
D099	030154AB0	Via Marchionni	15/05/03	0,086	0,020	0,129	0,071	5,53	0,88
D107	030153AB0	Via Forni	15/05/03	0,093	0,021	0,111	0,068	4,33	0,72
D125	030132AB0	Via Petrocchi	09/04/03	0,079	0,019	0,091	0,066	4,88	0,78
D149	030277AB0	P.zza Aspromonte	10/06/03	0,116	0,025	0,085	0,065	5,58	0,94
D168	030278AB0	P.zza Ferravilla	10/06/03	0,100	0,022	0,099	0,067	4,44	0,80
D173	030130AB0	Via Pisani Dossi	09/04/03	0,106	0,023	0,122	0,070	8,87	1,30
D174	030131AB0	Via D.G. Calabria	09/04/03	0,119	0,026	0,107	0,068	7,00	1,06
D189	030148AB0	Via Vittadini	13/05/03	0,154	0,032	0,155	0,075	8,40	1,24
D204	030156AB0	P.le Gabrio Rosa	27/05/03	0,130	0,028	< 0,075		7,84	1,17
D213	030155AB0	Via Ripamonti	27/05/03	0,155	0,032	0,127	0,070	7,89	1,18
D224	030149AB0	Via Pescara	13/05/03	0,124	0,026	0,108	0,068	9,22	1,35

- continua -

- continua -

Codice identificativo	Prot. interno	Descrizione:	Data di prelievo:	Attività Alfa Totale Bq/kg:	Incertezza std. (k=2):	Attività Beta Totale Bq/kg:	Incertezza std. (k=2):	Attività Radon 222 Bq/kg:	Incertezza std. (k=2):
D231	030150AB0	Via San Giacomo	13/05/03	0,139	0,029	0,118	0,069	8,30	1,23
D238	030151AB0	Via San Paolino	13/05/03	0,131	0,028	0,095	0,066	10,72	1,55
D248	030147AB0	P.za Napoli	08/05/03	0,142	0,030	0,092	0,066	8,52	1,27
D254	030146AB0	P.za Tirana	08/05/03	0,155	0,032	0,120	0,070	9,83	1,44
D264	030276AB0	P.le Siena	10/06/03	0,165	0,034	0,118	0,069	12,82	1,89
D269	030145AB0	Via delle Betulle	08/05/03	0,077	0,018	0,106	0,068	11,18	1,62
D278	030144AB0	Via Forze Armate	06/05/03	0,066	0,016	0,105	0,068	12,16	1,80
D288	030135AB0	Cimitero Monumentale	14/04/03	0,077	0,018	0,113	0,069	0,32	0,23
D295	030140AB0	P.zza Wagner	17/04/03	0,145	0,030	0,101	0,067	8,32	1,24
D320-7	030142AB0	Parco di Trenno	15/05/03	0,070	0,017	0,097	0,067	0,79	0,29
D328	030143AB0	Via Zanzottera	06/05/03	0,087	0,020	0,097	0,067	0,60	0,26
D337	030138AB0	P.le dello sport	17/04/03	0,072	0,018	< 0,075		8,39	1,25
D345	030141AB0	Via Appennini	06/05/03	0,071	0,017	0,115	0,069	< 0,54	
D349	030137AB0	P.le Santore di Santarosa	17/04/03	0,088	0,020	0,093	0,066	2,10	0,44
D369	030136AB0	P.le Damiano Chiesa	14/04/03	0,095	0,021	0,108	0,068	7,20	1,08

Attività alfa totale

Il contenuto di attività alfa totale varia da 65 a 288 mBq/kg, con un valore medio di 113 mBq/kg; la funzione di distribuzione dei valori è approssimativamente lognormale (figura 1).

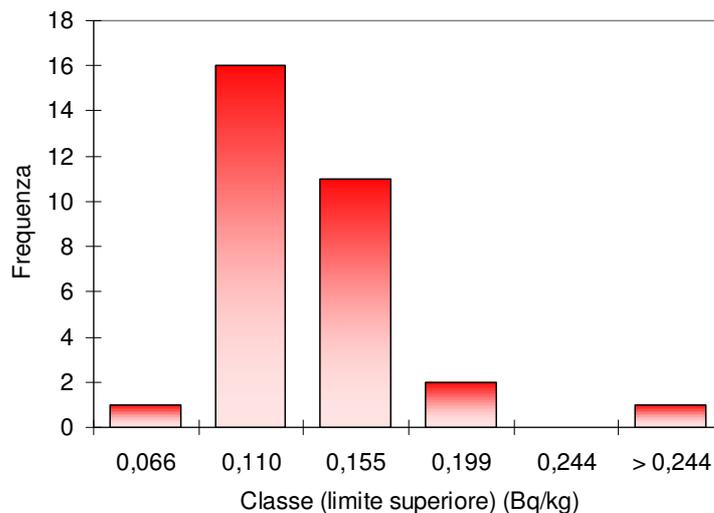


Fig. 1 – Attività alfa totale – Distribuzione dei valori di concentrazione

La mappa 2 in allegato rappresenta i risultati delle misure, raggruppati per classi di valori.

In alcuni campioni, selezionati tra quelli con il contenuto di attività alfa totale più elevato, sono state effettuate ulteriori analisi per determinare il contributo relativo degli isotopi dell'uranio e del ²²⁶Ra. L'attività alfa è risultata sempre imputabile, pressoché esclusivamente, all'uranio.

Attività beta totale

Il contenuto di attività beta totale varia da valori inferiori al limite di sensibilità della metodica, pari a 75 mBq/kg, a 273 mBq/kg, con un valore medio di 115 mBq/kg; la funzione di distribuzione dei valori è riportata in figura 2.

La mappa 3 in allegato rappresenta i risultati delle misure, raggruppati per classi di valori.

All'attività beta totale contribuisce in percentuale variabile tra il 20 ed il 60% il potassio 40 (K-40), isotopo radioattivo di origine naturale dell'elemento potassio. La frazione rimanente è dovuta per lo più ai prodotti di decadimento dell'uranio.

Studi precedenti [5] dimostrano che attività alfa totale e beta totale non sono generalmente correlate.

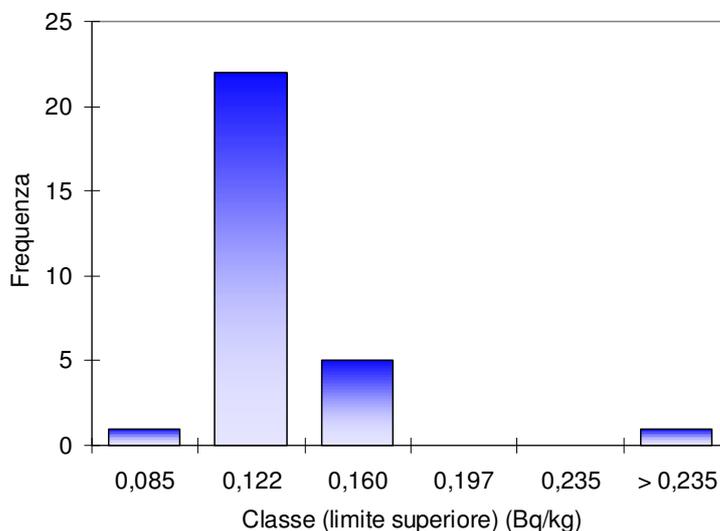


Fig. 2 – Attività beta totale – Distribuzione dei valori di concentrazione

Stime di dose

Le stime di dose sono state effettuate separatamente per la classe d'età lattanti (< 1 anno), bambini (7-12 anni) e adulti (> 17 anni) considerando la sola componente alfa, che sulla base dei dati attuali appare essere la più significativa e rilevante; in particolare, il contributo della componente alfa è stato attribuito esclusivamente agli isotopi dell'uranio.

I valori dei coefficienti di dose sono stati ricavati dal D.L.vo 230/95 e successive modifiche ed integrazioni; i valori del consumo annuale di acqua sono stati ricavati dal Rapporto ISTISAN 00/16 [8]. La tabella 5 riporta il risultato delle stime di dose effettuate utilizzando il valore medio, minimo e massimo di concentrazione misurato su tutto il territorio cittadino.

Tab. 5 – Stime di dose

Classe d'età	Dose stimata (mSv/anno)		
	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo
Lattanti	0,0105	0,0061	0,0267
Bambini	0,0029	0,0017	0,0075
Adulti	0,0040	0,0023	0,0103

Per nessuna classe di età si ha il superamento del valore di parametro di 0,1 mSv/anno stabilito dal D.L.vo 31/01.

C. Radioattività naturale – Radon 222

I risultati delle analisi sono riportati nella tabella 3.

La concentrazione di radon 222 varia da 0,32 a 12,82 Bq/kg, con un valore medio di 6,75 Bq/kg. La quantità di ²²²Rn risulta talvolta molto bassa, verosimilmente nei casi in cui le centrali di

distribuzione utilizzano sistemi per l'abbattimento dei solventi organici, in particolare torri di aerazione, favorendo in questo modo anche l'eliminazione del radon presente.

La funzione di distribuzione dei valori è asimmetrica ma non presenta andamento lognormale (figura 3).

La mappa 4 in allegato rappresenta i risultati delle misure, raggruppati per classi di valori.

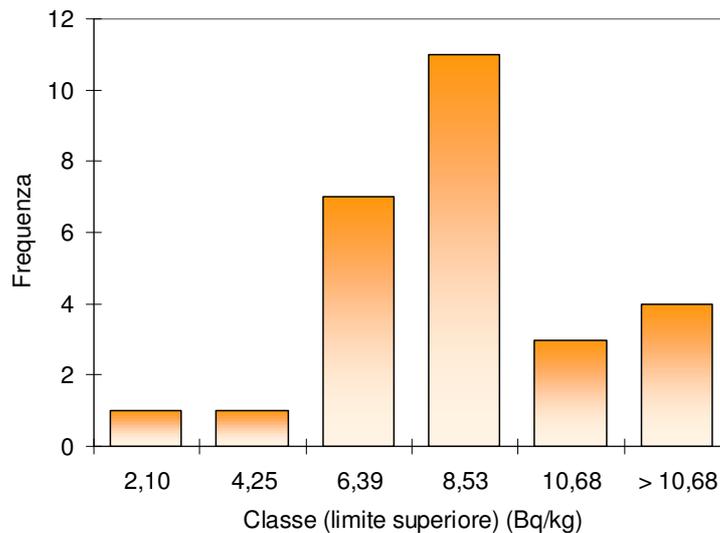


Fig. 3 – Radon 222 – Distribuzione dei valori di concentrazione

Le concentrazioni misurate sono sempre risultate ampiamente inferiori al valore di riferimento di 100 Bq/kg stabilito dalla raccomandazione europea per l'adozione di contromisure.

Si osserva infine che le attività di gas radon disciolto sono superiori di 2-3 ordini di grandezza a quelle dell'attività alfa totale. Le maggiori concentrazioni in attività di radon sono dovute al diverso meccanismo di dissoluzione, il radon infatti deriva solo in minima parte dal decadimento radioattivo dei suoi progenitori disciolti nel mezzo acquoso ed in porzione più consistente dalla permeazione del gas presente nelle rocce o nei terreni costituenti l'acquifero. I valori riscontrati sono in linea con quelli attesi per campioni d'acqua della pianura padana.

VI. COMMENTI E CONCLUSIONI

I risultati di questa indagine costituiscono probabilmente il primo esempio, a livello nazionale, di campagna di monitoraggio esteso per la caratterizzazione del contenuto di radioattività di un grande acquedotto civico.

In nessun caso è stata rilevata la presenza di sostanze radioattive di origine artificiale nelle acque ad uso potabile erogate dall'acquedotto della città di Milano.

La prima mappatura del contenuto di radionuclidi naturali ha evidenziato una notevole variabilità nel contenuto di radioattività naturale; in nessun caso tuttavia è stato superato il valore di parametro di 0,1 mSv/anno per la dose totale indicativa. Il valore di riferimento per la concentrazione di trizio, stabilito in 100 Bq/l, è rispettato in tutti i campioni analizzati.



Dipartimento Provinciale di Milano

U.O. Agenti Fisici
Via Juvara, 22 - 20129 MILANO
Tel. 02 75722306-9 - Fax 02 70124857

Le analisi ad oggi effettuate forniscono una prima indicazione sul contenuto medio di radioattività delle acque milanesi, nonché sulla distribuzione dei valori sul territorio cittadino; consentono inoltre una prima verifica del rispetto dei valori di parametro stabiliti dal D.L.vo 31/01 in materia di qualità delle acque destinate al consumo umano. Occorre peraltro sottolineare che le modalità puntuali di verifica dei valori di parametro per la radioattività previsti dal D.L.vo 31/01 (scelta dei punti di prelievo, modalità di esecuzione delle analisi e di interpretazione dei risultati) devono essere ancora definite sia a livello nazionale che europeo (vd. note 8 e 9 allegato I, parte C, D.L.vo 31/01). Tuttavia i metodi di indagine impiegati da questa U.O. sono stati sviluppati a partire dalla più recente bibliografia internazionale in materia; si ritiene pertanto che i risultati di questa prima indagine forniscano informazioni utili e probabilmente sufficienti a valutare l'adeguatezza delle acque erogate dall'acquedotto di Milano ai requisiti previsti dalle leggi vigenti.

E' in corso, in collaborazione con la D.G. Sanità della Regione Lombardia, un'indagine sulla radioattività delle acque potabili estesa a tutto il territorio regionale. Sono inoltre in corso alcune campagne, in altre zone lombarde, che dovrebbero fornire ulteriori informazioni sui fattori che condizionano il contenuto di radioattività delle acque. I risultati di tali studi dovrebbero fornire indicazioni utili alla interpretazione complessiva dei risultati ad oggi ottenuti.

Pertanto, pur rimanendo a disposizione per ogni eventuale contributo e chiarimento in merito ai risultati di questa indagine, riteniamo che eventuali approfondimenti possano essere correttamente pianificati solo quando saranno disponibili le informazioni complementari che deriveranno dalle campagne già in corso o in programmazione in altre aree della Lombardia.



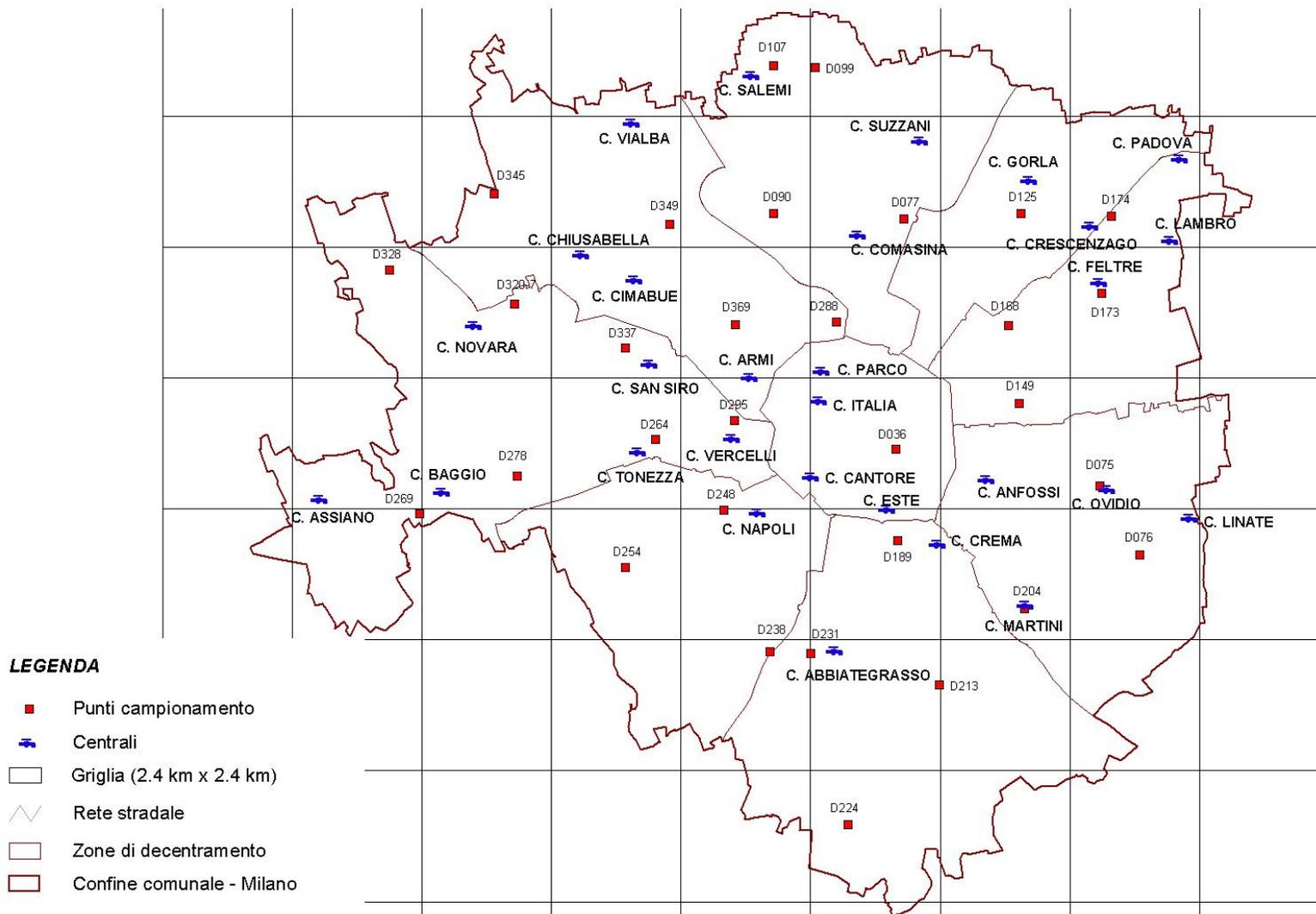
VII. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230 “Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti”; Supplemento ordinario alla G.U. n. 136, 13 giugno 1995
- [2] Decreto legislativo 22 maggio 2000, n. 241 “Attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti”; Supplemento ordinario alla G.U. n. 203, 31 agosto 2000
- [3] Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31 “Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alle acque destinate al consumo umano”; Supplemento ordinario alla G.U. n. 52, 3 marzo 2001
- [4] Raccomandazione della Commissione 2001/928/Euratom sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon nell'acqua potabile; Gazzetta ufficiale delle Comunità Europee n. L 344, 28 dicembre 2001
- [5] P. Panzeri, S. Bellinzona, W. Danieli, M. Forte, A.P. Gatti, R. Rusconi, M. Russo e G. Sgorbati “Contenuto radiometrico delle acque sotterranee: il caso di Parabiago (Milano)”; Convegno nazionale ‘Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale’; Torino, 29-31 ottobre 2003
- [6] Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988 n. 236 “Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art.15 della legge 16 aprile 1987, n.183.” Supplemento ordinario alla GU n.152 del 30 giugno 1988
- [7] M. Forte, R. Rusconi, E. Di Caprio, S. Bellinzona and G. Sgorbati "Natural radionuclides measurements in Lombardia drinking water by liquid scintillation counting" - 9th Symposium on Environmental Radiochemical Analysis - Maidstone (Kent- GB), 18-20 settembre 2002
- [8] S. Risica and S. Grande, Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption: calculation of derived activity concentrations, Rapporto ISTISAN 00/16

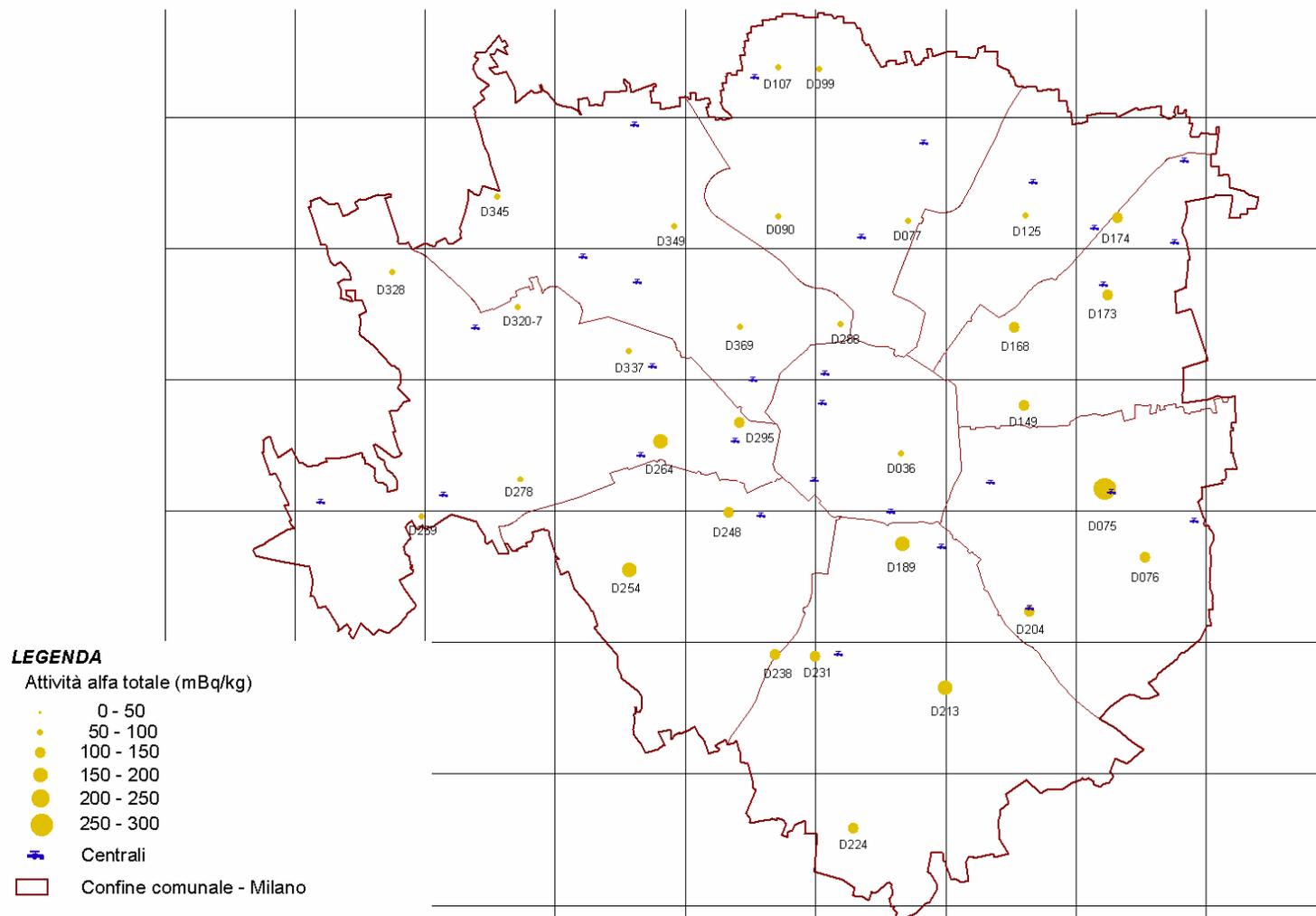
VIII. ALLEGATI

Mappa 1	Individuazione dei punti di prelievo
Mappa 2	Risultati delle misure di attività alfa totale
Mappa 3	Risultati delle misure di attività beta totale
Mappa 4	Risultati delle misure di radon 222

Mapa 1 – Individuazione dei punti di prelievo



Mappa 2 – Risultati delle misure di attività alfa totale



Mapa 3 – Risultati delle misure di attività beta totale

