

Articoli/Articles

QUALITÀ DELL' ACQUA CONDOTTATA
ED EFFETTI A LUNGO TERMINE SULLA SALUTE UMANA

G. SCASSELLATI SFORZOLINI, R. PASQUINI, M. MORETTI
Dipartimento di Igiene, Università degli Studi di Perugia

S. MONARCA
Cattedra di Igiene e Odontoiatria Preventiva,
Università degli Studi di Brescia.

SUMMARY

DRINKING WATER AND LONG-TERM HEALTH EFFECTS.

The quality of drinking water is known to have positive or negative influences on human health. At present, in the industrialized countries microbiological contaminants in public water supplies are under control, due to the widespread introduction of effective disinfection and potabilization systems. However, of special interest are other public health problems linked with the presence of many water components or contaminants. Since the beginning of this century, fluoride showed to have beneficial effects on dental caries and the practice of adding fluoride to drinking water has been widely followed in many countries for reduction of dental caries. More recently, a large body of scientific information indicates that various characteristics related to water hardness are correlated with incidence of cardiovascular disease. Moreover, the discovery of the presence in drinking water of inorganic and organic contaminants with mutagenic/carcinogenic properties gives rise to public health concern.

Introduzione

Con l'introduzione dei metodi di potabilizzazione delle acque da destinare al consumo umano il rischio della trasmissione di malattie infettive per questa via è enormemente diminuito, ma

Key words: Drinking water - Dental caries - Cardiovascular disease - Cancer.

altri problemi per la salute umana sono andati via via emergendo legati alla presenza nelle stesse di composti chimici di varia origine e natura dotati di accertate o supposte attività biologiche, in particolare a medio e a lungo termine.

Fin dall'inizio del secolo fu ipotizzato un legame tra approvvigionamento idrico e malattie dell'apparato dentario e negli anni sessanta sono iniziati studi diretti a valutare l'associazione tra durezza e presenza di oligoelementi nelle acque condottate e malattie cardiovascolari.

Negli ultimi venti anni, infine, una serie di ricerche è stata rivolta ad analizzare l'associazione tra qualità dell'acqua utilizzata a scopo potabile e rischio cancerogeno.

Oggetto di questa relazione è, pertanto, una rassegna critica degli studi condotti sul rapporto tra qualità dell'acqua condottata ed effetti a lungo termine sulla salute umana, tralasciando, invece, di parlare degli effetti a breve termine.

Per inquadrare la vasta problematica che ci si è presentata all'attenzione, abbiamo cercato di evidenziare le tematiche più salienti ed interessanti ricollegabili agli effetti a lungo termine sulla salute umana da parte sia di *componenti naturali* (ad esempio fluoro e malattie dentarie, durezza e mortalità per malattie cardiovascolari), sia da parte di *inquinanti chimici* (rischi mutageno/cancerogeni).

Correlazione epidemiologica tra qualità delle acque utilizzate a scopo potabile e malattie dentarie

Gli studi relativi a questa problematica riguardano le patologie dell'apparato dentario legate ai differenti livelli di fluoro nell'acqua utilizzata a scopo potabile e che si riassumono in effetti benefici nei confronti degli indici di carie e in effetti dannosi con insorgenza della fluorosi dentaria.

Le ricerche sull'azione anticarie del fluoro sono nate dalla constatazione della minore incidenza della carie dentaria nelle zone dove l'acqua utilizzata a scopo potabile era ricca di fluoro e dove peraltro l'eccesso di questo alogeno portava al fenomeno della fluorosi dentaria, nota anche sotto il nome di malattia del-

lo smalto screziato o dei denti scritti. Le prime osservazioni di questa forma di ipoplasia dello smalto risalgono al 1901 e si devono ad un italiano che rilevò questa patologia tra gli abitanti di Pozzuoli e dintorni che utilizzavano acqua con elevati tenori di fluoro. Da allora studi epidemiologici approfonditi eseguiti in tutto il mondo hanno confermato queste prime osservazioni ed hanno dimostrato che, nelle zone a clima freddo o temperato, un tenore di fluoro ione nell'acqua potabile di 1 ppm riduce di circa il 50% l'incidenza della carie dentaria - valutata con l'indice DMF-T (cioè numero totale dei denti cariati, mancanti ed otturati per individuo) - sia nei denti da latte che nei denti permanenti, senza arrecare alcun disturbo alla salute generale della popolazione²⁶. La sospetta cancerogenicità del fluoro, ipotizzata vari anni fa, è attualmente ritenuta infondata²⁶.

Interessanti sono gli studi relativi al meccanismo con il quale questo alogeno esercita tale azione. A tale proposito è utile distinguere due periodi nello sviluppo del dente: la fase pre-eruttiva e la fase post-eruttiva. Nella *fase pre-eruttiva*, è stato dimostrato che il fluoro interviene nel processo di mineralizzazione, stimolando la formazione di idrossiapatite dal fosfato ottocalcico ed eliminando le *lacune di ipomineralizzazione*. Alla concentrazione di circa 1 ppm avviene poi una diretta trasformazione della idrossiapatite, formatasi, in fluoroapatite, che presenta una solubilità assai più bassa della prima. Dal momento che i rapporti strutturali tra i cristalliti e la matrice proteica si basano principalmente su legami idrogeno, appare chiaro che la sostituzione dell'idrossile con il fluoro rinforza questo processo. Durante la *fase post-eruttiva*, invece, l'azione del fluoro si esplica essenzialmente sulle regioni superficiali dello smalto attraverso tre tipi di reazioni: azione diretta sullo smalto, effetti attraverso la saliva, azione diretta sulla placca dentaria³⁰.

Secondo le raccomandazioni degli organismi nazionali ed internazionali, come già è stato detto, il tenore di fluoro ione nelle acque condottate non dovrebbe superare 1,5 ppm ed in particolare nelle nostre zone climatiche il valore raccomandato è di circa 1 ppm⁵. Sopra a questi valori di fluoro nelle acque potabili, infatti, cominciano a manifestarsi danni all'apparato dentario, che si evidenziano con la malattia denominata fluorosi o

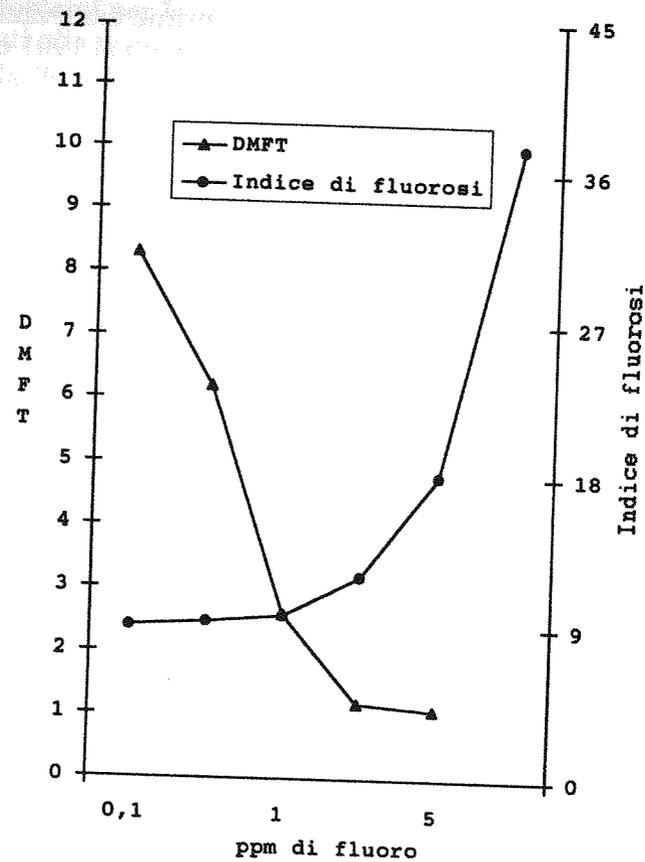


Fig. 1 - Relazione tra indice di fluorosi dentale, prevalenza di carie dentale (DMFT) e concentrazione di fluoro nelle acque condottate (da Hodge, 1950; modificata)⁸.

meglio fluorosi endemica, mentre non si osserva ulteriore riduzione degli indici di carie (Fig. 1)⁸. L'effetto di elevate concentrazioni di fluoro sullo smalto è connesso con l'effetto tossico sugli ameloblasti, oltre che su sistemi enzimatici (fosfatasi) e su ghiandole endocrine (tiroide, paratiroidi) responsabili dei processi di calcificazione del dente.

Correlazione epidemiologica tra componenti chimici dell'acqua utilizzata a scopo potabile e malattie cardiovascolari.

Come è già stato accennato, un'altra tematica che è stata largamente affrontata sul piano epidemiologico è quella relativa alla correlazione tra qualità delle acque condottate e malattie cardiovascolari (CVD).

Dopo la prima ricerca condotta nel 1957 da Kobayashi¹⁵, che aveva messo in evidenza una correlazione inversa tra durezza delle acque condottate e mortalità per apoplezia, su questo argomento numerosissimi studi si sono susseguiti nel tempo ed attualmente esiste una bibliografia veramente vastissima, che non è possibile, in questa sede, poter presentare per esteso. Le prime indagini sono state essenzialmente rivolte al parametro durezza, ma ben presto ci si rese conto che la durezza, probabilmente, non era altro che un indicatore della presenza di uno o più macro e/o microelementi, che introdotti con l'acqua condottata nell'organismo umano, influiscono sull'equilibrio minerale dell'organismo. L'importanza che vari macro e microelementi hanno in molteplici strutture e funzioni biologiche può spiegare l'influenza che ad essi si attribuisce sulla funzione cardiovascolare. L'ipotesi che un loro squilibrio nell'organismo umano possa giocare un ruolo non secondario nell'etiopatogenesi delle CVD risulta, quindi, di notevole interesse. Rassegne dettagliate sull'argomento sono state pubblicate dal National Research Council²⁵ e dal nostro gruppo di ricerca³¹⁻³³. Qui riportiamo soltanto un prospetto (Tab. 1) del ruolo esercitato dai principali macro e microelementi assunti con l'acqua condottata, in senso protettivo o nocivo nei confronti del sistema cardiocircolatorio, desunto dai risultati dei differenti studi.

Tre, pertanto, sono le ipotesi che secondo alcuni autori⁹ sarebbero alla base della correlazione rilevata dalla maggior parte degli studi epidemiologici tra durezza delle acque condottate e CVD:

I) La presenza nelle acque dure di sali minerali protettivi nei confronti delle CVD.

II) La presenza nelle acque dolci, a causa del loro potere corrosivo sulle condutture, di metalli nocivi per il sistema cardiocircolatorio.

Tabella 1 - Ruolo esercitato da alcuni minerali assunti con l'acqua condottata nei confronti della malattie del sistema circolatorio.

Patologia	Elementi protettivi											Elementi nocivi			Autori		
	Ca	Mg	K	V	Cr	F	Se	Mn	Li	SiO ₂	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Cd	Pb		Cu	
Iperensione	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	32
Ischemie del cuore	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16, 26, 32
Infarto del miocardio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18, 32
Aterosclerosi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32
Disturbi circ. encefalo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32
Sist. circolat. in toto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32

- = correlazione negativa con i tassi di morte per singola causa.
 + = correlazione positiva con i tassi di morte per singola causa.

III) La relazione tra durezza delle acque e CVD attribuibile a fattori ancora non noti.

Dall'analisi dei diversi studi epidemiologici, il decremento delle CVD associato a valori elevati di durezza dell'acqua condottata risulta soprattutto correlato con le malattie ischemiche del cuore, che rappresentano poco meno della metà di tutte le cause di morte per CVD nei paesi occidentali. Tra i numerosi fattori che ne aumentano l'incidenza, il contributo maggiore è sicuramente da attribuire alla aterosclerosi delle arterie coronariche. A questo riguardo, il punto di vista predominante attualmente è che la durezza delle acque condottate, o meglio i suoi componenti minerali, non influiscano direttamente sul grado e l'estensione dell'aterosclerosi, ma che svolgano un ruolo - protettivo o nocivo - sia sui meccanismi di coagulazione del sangue che sulla reattività del miocardio agli stimoli elettrici⁹.

Nonostante la forza dell'associazione epidemiologica e la plausibilità biologica, i risultati via via emersi dalle differenti indagini epidemiologiche sulla correlazione tra durezza delle acque condottate e mortalità per malattie cardiovascolari vanno, però, interpretati con molta cautela, per una serie di motivi: (A) la maggior parte degli studi epidemiologici finora condotti sono di tipo descrittivo e non hanno tenuto conto dell'esposizione individuale ad altri fattori di rischio (dieta, fumo, etc); (B) in genere, quando gli studi hanno considerato grandi aree geografiche, si è osservata una correlazione inversa tra durezza delle acque e CVD, correlazione non più evidenziabile considerando aree geografiche più piccole. Non è quindi chiaro se l'associazione osservata sia direttamente legata al *fattore acqua* o ad altri fattori associati ad esso; (C) la presenza nelle acque di più macro e microelementi, capaci di interagire, può portare a conseguenze sull'organismo umano difficilmente valutabili solo con gli studi di tipo epidemiologico; (D) le indagini autoptiche hanno offerto risultati abbastanza concordi soltanto per quanto riguarda il magnesio. Infatti, si sono rilevati bassi livelli di magnesio in vari tessuti (cuore, diaframma, muscoli pettorali) di individui morti per infarto. Questi dati hanno portato diversi autori a formulare l'ipotesi che il magnesio, in concentrazioni superiori ai 20 mg/l, sia il fattore, presente nelle acque dure, mag-

giormente responsabile del decremento delle CVD, mentre il calcio, a concentrazioni tra i 49-80 mg/l, darebbe soltanto una protezione addizionale.

Pur con queste limitazioni, comunque, interventi di addolcimento delle acque potabili non dovrebbero essere decisi senza prima aver tenuto conto di quanto è emerso dalle numerose indagini condotte in questo campo. La normativa italiana, adeguandosi alle norme CEE, ha stabilito per le acque destinate al consumo umano valori di durezza consigliati non inferiori a 15°F⁵.

Associazioni tra microinquinanti chimici presenti nelle acque condottate e tumori maligni

Negli ultimi venti anni il potenziale rischio cancerogeno per l'uomo derivante dall'assunzione di contaminanti chimici con l'acqua condottata ha indotto gli studiosi ad intraprendere numerose ricerche dirette da un lato a ricercare e dosare nelle acque destinate al consumo umano vari microinquinanti chimici e dall'altro a stimarne i possibili effetti mutageno/cancerogeni.

Nelle acque possono essere presenti contaminanti di origine industriale, urbana o agricola, sia organici che inorganici, oltre a sostanze naturali, quali acidi umici e fulvici, clorofilla, prodotti algali extracellulari, aminoacidi, i quali a seguito dei trattamenti di potabilizzazione con il cloro possono formare composti organici alogenati (trialometani=THM), indicati anche come *disinfection by products* (DBP), alcuni dei quali con vari tipi di effetti sulla salute dell'uomo (Tab. 2). Altre fonti di contaminazione possono essere, inoltre, i sistemi di distribuzione dell'acqua condottata.

Particolarmente importante risulta lo studio dei potenziali rischi a lungo termine, ed in particolare mutageno/cancerogeni, per l'uomo cronicamente esposto attraverso il consumo di acqua condottata a miscele di numerosi composti, la maggior parte dei quali non identificati. La valutazione di tali rischi, però, risulta estremamente complessa. Infatti, mentre per i composti identificati esistono metodologie abbastanza avanzate che possono offrire con buona approssimazione una stima valida, per l'esposizione a miscele complesse la stima è più complicata ed

Tabella 2 - Schema riassuntivo degli effetti sulla salute dell'uomo associati all'esposizione a DBP *disinfection by products* (da IARC, modificata)¹¹.

Classe di composti	Esempio	Effetti ^(a)
Trialometani	Cloroformio	C, E, TR
	Diclorobromometano	E, TR
	Dibromoclorometano	E, TR
	Bromoformio	E, TR
Aloacetoni-trili	Cloroacetone-trile	G, S
	Dicloroacetone-trile	M, G, S, F
	Tricloroacetone-trile	G, S
	Bromocloroacetone-trile	M, G, S
	Dibromoacetone-trile	G, S, F
Aloacidi derivati	Dicloroacetone-trile	DM, C, N, LO, SP
	Dicloroacetone-trile	PP
Clorofenoli	2-Clorofenolo	P, N
	2,4-Diclorofenolo	P, N
	2,4,6-Triclorofenolo	C
Clorochetoni	1,1-Dicloropropanone	M
	1,1,1-Tricloropropanone	M
	1,1,3,3-Tetracloropropanone	M
Clorofuranoni	MX	M, CL
Cloroaldeidi	2-Cloroacetaldeide	G
Nitrocloroformio		DI
Clorocianuro		DI

^(a) C: cancerogeno; CL: clastogeno; DI: dati insufficienti; DM: disturbi del metabolismo; E: epatotossico; F: tossicità fetale; G: genotossico; LO: lesioni oculari; M: mutageno; N: neurotossico; P: promotore; PP: proliferatore perossisomiale; S: tossico a livello dello sviluppo; SP: tossico a livello della spermatogenesi; TR: tossicità renale.

incerta. La valutazione del rischio cancerogeno, infatti, è una metodologia recente, complessa ed interdisciplinare che si compone di vari punti e che porta alla fine alla gestione del rischio, i cui criteri, però, sono differenti a seconda che si tratti di so-

stanze note o di miscele complesse.

La *valutazione del rischio cancerogeno per esposizione a singoli inquinanti idrici noti* si compone dei seguenti punti³⁴:

- *Identificazione del rischio*, che si basa su studi epidemiologici, studi a medio e a lungo termine sugli animali e test di mutagenesi a breve termine e che valuta il potenziale cancerogeno dei singoli inquinanti idrici.

- *Valutazione della relazione dose-risposta*, che ne definisce la relazione quantitativa.

- *Valutazione dell'esposizione*, che è rivolta ad identificare gli inquinanti presenti.

- *Stima del rischio*, che è una valutazione quantitativa che utilizza i dati della relazione dose-risposta e di esposizione ed esprime la probabilità che l'evento *cancro* si verifichi.

Dalla valutazione del rischio si passa poi alla *gestione del rischio* ed alla definizione degli *standard di qualità* (Fig. 2).

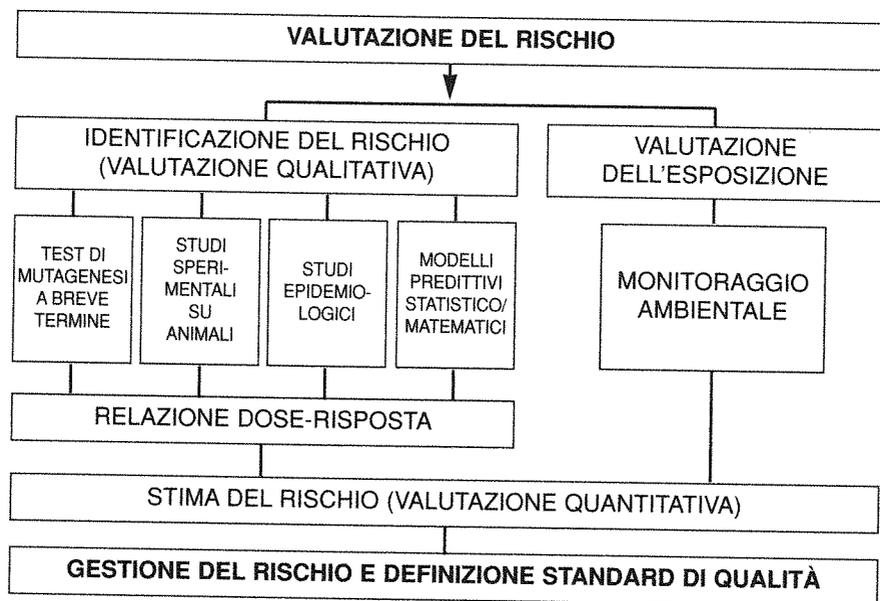


Fig. 2 - Valutazione e gestione del rischio cancerogeno per l'uomo da singoli composti chimici noti.

Numerosi inquinanti chimici identificati nelle acque condottate sono stati studiati singolarmente mediante *studi epidemiologici, indagini sperimentali su animali e test di mutagenesi a breve termine*. Mediante questi studi sono state identificate numerose sostanze ad attività cancerogena (benzo(a)pirene, arsenico, nichel, cloruro di vinile, benzene, etc.), per alcune delle quali è stata anche effettuata la *stima del rischio*, cioè, come detto sopra, la valutazione quantitativa del rischio cancerogeno, espresso come probabilità che si verifichi un caso di cancro in eccesso rispetto ad un dato numero di individui esposti. Nella Tabella 3 vengono riportate le concentrazioni (esprese in µg/litro) di alcuni inquinanti idrici organoclorurati stimate dall'USEPA capaci di produrre un caso di cancro ogni 100.000 esposti e il relativo peso dell'evidenza²⁸.

Per la *valutazione del rischio cancerogeno da consumo di acqua condottata contenente miscele di composti prevalentemente ignoti*, come è già stato detto, le stime, effettuate tramite studi epidemiologici, sperimentali su animali e test di mutagenesi a breve termine, sono più complesse e comunque soltanto di tipo *qualitativo*.

Studi epidemiologici. La maggior parte degli studi epidemiologici finora effettuati dai vari autori sono stati di tipo descrittivo-ecologico e solo recentemente sono stati condotti studi investigativi caso-controllo o di coorte^{1-4,6,7,10,11,13,16,19,20-24,27,33-39}.

Vari studi ecologici hanno dimostrato un'associazione statisticamente significativa prevalentemente tra *indici non specifici di inquinamento* (acqua superficiale/acqua profonda, acqua clorata/acqua non clorata) e mortalità per cancro allo stomaco, alla vescica e al retto. La maggior parte degli studi caso-controllo effettuati hanno confermato l'associazione soltanto con il cancro alla vescica (Tab. 4).

Due studi ecologici hanno messo in evidenza, poi, l'associazione tra mortalità per cancro alla vescica e presenza di alcuni *inquinanti specifici*, quali *cloroformio e triometani totali (THM)*. Tali risultati sono stati confermati anche da uno studio caso-controllo e da uno studio di coorte. Solo pochi autori hanno studiato associazioni con altri inquinanti organici, quali il *dibromo-cloro-propano* o le *sostanze organiche volatili (VOC)*. In alcune di queste

Tabella 3 - Evidenza di cancerogenicità e rischio oncogeno associato all'assunzione umana di tracce di composti organoclorurati contaminanti l'acqua potabile stimato all'U.S. EPA.

	Classificazione U.S. EPA	Concentrazione ($\mu\text{g/l}$) nell'acqua potabile a cui è associato il rischio in eccesso di 1 su 100.000
<i>Composti che si producono durante il processo di clorazione per la potabilizzazione (trialometani)^(b)</i>		
Bromodichlorometano	B2	3.00
Dibromoclorometano	C	-
Tribromometano	B2	40.00
	B2	60.00
<i>Inquinanti ambientali^(b)</i>		
Cloruro di vinile	A	0.15 ^(c)
1,2-Dicloroetano	B2	3.80 ^(d)
Tetracloruro di carbonio	B2	3.00 ^(d)
1,1-Dicloroetilene	C	0.60
Tricloroetilene	B2	28.00
Tetracloroetilene	B2	10.00
Diclorometano	B2	50.00
1,1,1-Tricloroetano	D	-
1,1,2-Tricloroetano	C	6.00

(a) Classificazione EPA del peso dell'evidenza: Cat. A = cancerogeno accertato per l'uomo; Cat. B2 = probabile cancerogeno per l'uomo; Cat. C = possibile cancerogeno per l'uomo; Cat. D = non classificabile (evidenza inadeguata).

(b) I composti indicati sono i principali inquinanti, non necessariamente tutti presenti in un'acqua potabile. La stima si basa sull'assunzione di 2 litri di acqua al giorno.

(c) La stima WHO è meno cautelativa: 2,5 $\mu\text{g/l}$.

(d) Coerente con la stima WHO.

indagini è stata rilevata un'associazione con il cancro al colon-retto, mentre in altri studi tale associazione non è risultata statisticamente significativa (Tab. 5). Un altro tipo di inquinamento idri-

co studiato è stato quello da *fibre di amianto*, provenienti da condutture in cemento-amianto, la cui presenza è risultata associata prevalentemente con il cancro allo stomaco (due studi ecologici e due studi caso-controllo) (Tab. 6). Inoltre, numerosi studi sia ecologici che caso-controllo hanno dimostrato che l'assunzione di acqua contaminata da *arsenico* è associata ad una più elevata mortalità per cancro alla pelle, ai polmoni, al fegato e alla vescica (Tab. 7). Alcuni studi ecologici hanno, infine, messo in evidenza un'associazione tra *nitrati* presenti nelle acque potabili e mortalità per cancro allo stomaco e recentemente anche uno studio caso-controllo ha confermato tale associazione. È noto, infatti, che i nitrati assunti con l'acqua o con la dieta possono essere ridotti a nitriti in presenza di batteri e con ammine o ammidi rappresentare potenziali precursori di nitrosammine, alcune delle quali cancerogene¹⁴. Sull'associazione tra i nitrati presenti nelle acque potabili e cancro allo stomaco, però, restano vari dubbi in quanto quasi tutti gli studi finora condotti sono stati di tipo qualitativo ed in genere non hanno preso in considerazione, quali fattori confondenti, l'assunzione di composti genotossici attraverso la dieta, le abitudini fumatorie, l'attività lavorativa (Tab. 8).

Studi di cancerogenesi sperimentale su animali. Gli studi sperimentali su animali, condotti su concentrati di acque, non sono molto numerosi a causa della difficoltà di disporre di sufficienti quantità di concentrati di acqua con i quali trattare un elevato numero di animali per tutta la vita degli stessi. Le indagini finora effettuate non hanno condotto a risultati significativi³⁴.

Studi di mutagenesi a breve termine. Mediante test di mutagenesi a breve termine effettuati su acque condottate è stato possibile identificare varie sostanze genotossiche.

Essendo la maggior parte degli inquinanti idrici composti non volatili i concentrati di acque potabili sono stati ampiamente studiati con i test di mutagenesi a breve termine, prevalentemente su batteri (test di Ames, test di fluttuazione), ma anche su cellule di mammifero. Tali concentrati di acque hanno spesso dimostrato alti livelli di mutagenicità (Tab. 9)^{12,16,34}.

Da tutti i diversi tipi di indagini finora condotte, pertanto, dirette a valutare l'associazione tra microinquinanti chimici presenti nelle acque condottate e tumori maligni non sono emersi

Tabella 4 - Composti organici non identificati nelle acque condottate e cancro^(a).

Tipo di studio	Variabile acqua ^(b)	Localizzazione cancro													Autori					
		In toto	App. respir.	Laringe	Polmoni	Mammella	Tratto G.I.	Bocca	Esofago	Stomaco	Fegato	Pancreas	Tr. intest.	Colon		Retto	Tr. urinario	Reni	Vescica	Prostata
Ecologici	S	♂♂																		Diehl e Tromp, 1953 (Cit. da 33)
	S	♂																		Harris, 1974 (Cit. da 33)
	S	NS																		Buncher, 1975 (Cit. da 33)
	S/P									♂										Vasilenko e Magno, 1975 (Cit. da 33)
	S	♂♂			NS	♂♂														Page et al., 1976 (Cit. da 33)
	S/P	NS																		Carlson e Andelman, 1977 (Cit. da 33)
	T/NT																			DeRouen e Diem, 1977 (Cit. da 33)
	S	♂♂																		Kuzma et al., 1977 (Cit. da 33)
	S/P	♂																		Harris et al., 1977 (Cit. da 33)
	S	♂																		Krusè, 1977 (Cit. da 33)
C/NC											NS								Salg, 1978 (Cit. da 33)	
S																			Rafferty, 1978 (Cit. da 33)	
S/P																			Tuthill e Moore, 1978 (Cit. da 33)	
C		♂																	Marlenfeld et al., 1980 (Cit. da 33)	
S		NS			NS	NS	NS												1980 (Cit. da 33)	

(Continua)

Tabella 4 - Segue.

Ecologici	S																				Packham et al., 1981 (Cit. da 33)
	S/P	♂♂																			Bean et al., 1982 (Cit. da 34)
	S																				Beresford, 1983 (Cit. da 34)
	S/P	♂♂																			Morin et al., 1985 (Cit. da 34)
	S																				Carpenter et al., 1986 (Cit. da 34)
																					Griffith et al., 1989 (Cit. da 34)
	C																				Flaten, 1992 (Cit. da 34)
	MUT																				Koivusalo et al., 1994 (16)
	C/NC																				Alavanja et al., 1978 (Cit. da 33)
	S																				Struba, 1979 (Cit. da 33)
Caso- Controllo	C/NC																				Brenniman et al., 1980 (Cit. da 33)
	C/NC																				Gottlieb et al., 1982 (Cit. da 33)
	C/CM																				Zierler et al., 1986 (Cit. da 34)
	C/NC																				Cantor et al., 1987 (Cit. da 34)
	C/CM																				Zierler et al., 1988 (Cit. da 21)
	C																				Lynch et al., 1989 (19)
	C																				Ijsselmuiden et al., 1992 (11)

(a) I simboli ♂ e/o ♀ indicano il sesso per il quale è stata ritrovata una associazione statisticamente significativa; "NS" indica una associazione non statisticamente significativa.

(b) Raffronto tra fonte di approvvigionamento e/o trattamento. S/P: superficiale/profonda; T/NT: trattata/non trattata; C/NC: clorata/non clorata; C/CA: cloro/cloramine; MUT: mutagenicità.

Tabella 5 - Composti organici identificati nelle acque condottate e cancro^(a).

Tipo di studio	Variabile acqua ^(b)	Localizzazione cancro											Autori					
		In toto	Cervello	Mammella	Polmone	Esofago	Stomaco	Fegato	Pancreas	Colon	Retto	Tr. urinario		Reni	Vescica	Leucemia	Linfoma	
	CHCl ₃ -THM	♂♂																McCabe, 1975 (Cit. da 33)
	CHCl ₃	NS																Mah et al., 1977 (Cit. da 33)
	CHCl ₃	NS																Spivey et al., 1977 (Cit. da 33)
	CHCl ₃ -THM		♀															Cantor et al., 1978 (Cit. da 33)
	CHCl ₃							♂♂♂♂										Hogan et al., 1979 (Cit. da 33)
	CHCl ₃	NS				NS							NS	NS				Wilkins, 1979 (Cit. da 33)
Ecologici	THM	NS																Batjer et al., 1980 (Cit. da 33)
	THM					NS	NS											Carlo e Mettlin, 1980 (Cit. da 33)
	THM-ALCB		♂	♂	♂	♂	♂	♂	NS	NS								Kool et al., 1981 (Cit. da 33)
	VOC																	Isacson et al., 1985 (Cit. da 4)
	THM								♂	♂								Cech et al., 1987 (3)
	THM-VOC										♀							Fagliano et al., 1990 (6)

(Continua)

Tabella 5 - Segue.

Caso- Controllo	CHCl ₃																	Wilkins, 1979 (Cit. da 33)
	THM	NS	NS	NS														Young et al., 1981 (Cit. da 21)
	THM																	Young et al., 1987 (Cit. da 34)
	THM																	Lawrence et al., 1984 (Cit. da 34)
Coorte	DBCP																	Wong et al., 1989 (38)
	THM																	McGeehin et al., 1993 (20)
	THM																	Wilkins e Comstock, 1981 (Cit. da 4)
																		Morales et al., 1994 (23)

(a) I simboli ♂ e/o ♀ indicano il sesso per il quale è stata ritrovata una correlazione positiva statisticamente significativa; "NS" indica una correlazione non statisticamente significativa.

(b) CHCl₃: cloroformio; THM: trialometani; Alch: alchil-benzeni; VOC: composti organici volatili totali; DBCP: dibromo-cloro-propano.

Tabella 6 - Asbesto nelle acque condottate e cancro^(a).

Tipo di studio	Localizzazione cancro											Autori		
	In toto	Tiroide	Polmoni	Tratto G.I.	Faringe	Esófago	Stomaco	Pancreas	Cistifellea	Intestino	Peritoneo		Testicoli	Prostata
Ecologici	NS													Mason et al., 1974 (Cit. da 33)
			NS	NS										Levy et al., 1976 (Cit. da 33)
														Fears et al., 1976 (Cit. da 33)
	NS													Wigle et al., 1977 (Cit. da 33)
			NS											Harrington et al., 1978 (Cit. da 33)
		♂					♀ ♀	♀ ♀			♂ ♀			Kanarek et al., 1980 (Cit. da 10)
						♂ ♀ ♀	♂ ♀ ♀							Conforti et al., 1981 (Cit. da 1)
			NS	NS										Sigurdson et al., 1981 (Cit. da 35)
							♂ ♀			♂ ♀				Toft et al., 1981 (Cit. da 34)
		♂								♂ ♀		♂ ♀		Polissar et al., 1982 (27)
		NS												Millette et al., 1983 (Cit. da 21)
		♂ ♀	♀											Sigurdson et al., 1983 (35)
		NS												Howe et al., 1989 (10)
Caso- Controllo					♂	♂							Polissar et al., 1983 (Cit. da 27)	
				NS		NS							Polissar et al., 1984 (27)	
coorte						♂							Andersen et al., 1993 (1)	

^(a) I simboli ♂ e/o ♀ indicano il sesso per il quale è stata ritrovata una correlazione positiva statisticamente significativa; "NS" indica una correlazione non statisticamente significativa.

dati completamente concordanti ed esaurienti, in quanto le incognite in questo genere di stima sono molteplici e le informazioni scientifiche finora disponibili sono ancora carenti.

Da vari studi, però, sono stati evidenziati preoccupanti ipotesi di rischio che, anche se necessarie di essere approfondite, forniscono comunque indicazioni da prendere in seria considerazione. In tale direzione, la normativa italiana, accogliendo anche

Tabella 7 - Arsenico nelle acque condottate e cancro^(a).

Tipo di studio	Localizzazione cancro								Autori	
	Pelle	Cav. nasali	Polmoni	Visceri	Fegato	Colon	Reni	Vescica		Prostata
Ecologici	♂ ♀			♂ ♀						Bergoglio, 1964 (Cit. da 33)
	♂ ♀		♂ ♀		♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀		Chen et al., 1985 (Cit. da 22)
	♂ ♀		♂ ♀		♂		♂ ♀	♂ ♀	♂	Wu et al., 1989 (39)
	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀		♂ ♀		♂ ♀	♂ ♀	♂	Chen et al., 1990 (Cit. da 22)
	♂ ♀									Tseng et al., 1968 (Cit. da 33)
Cross- Sectional	♂ ♀									Chen et al., 1986 (Cit. da 22)
Caso- Controllo			♂ ♀		♂ ♀			♂ ♀		

^(a) I simboli ♂ e/o ♀ indicano il sesso per il quale è stata ritrovata una associazione statisticamente significativa; "NS" indica una associazione non statisticamente significativa.

le direttive CEE, ha indicato per gli inquinanti organoclorurati (THM) una concentrazione massima ammissibile nelle acque destinate al consumo umano di 30 µg/l, con valori guida di 1 µg/l⁵.

Conclusioni

Dalla rassegna presentata appare evidente come i costituenti chimici naturali e/o gli inquinanti delle acque condottate possano esercitare effetti sia benefici che dannosi nei confronti della salute dell'uomo. È ormai noto l'interesse rivestito dal fluoro, a concentrazioni ottimali, nella prevenzione della carie dentaria. Alla durezza, o meglio alla presenza di alcuni macro e microcomponenti chimici delle acque destinate al consumo umano, sono attribuiti da numerosi Autori effetti protettivi nei confronti delle

Tabella 8 - Nitrati nelle acque condottate e cancro^(a).

Tipo di studio	Localizzazione cancro							Autori	
	In toto	Cervello	Tratto G.I.	Stomaco	Colon	Tr. urinario	Vescica		Prostata
Ecologici	♂♀			♂♀					Hill et al., 1973 (Cit. da 33)
	NS								Geleperin et al., 1976 (Cit. da 33)
				♂♀					Zaldivar et al., 1977 (Cit. da 33)
				NS					Fraser et al., 1981 (Cit. da 33)
				♂♀					Jensen et al., 1982 (13)
		NS				NS			Vincent et al., 1983 (37)
				♂♀					Gilli et al., 1984 (7)
				NS					Beresford et al., 1985 (2)
				♂♀	NS		NS	♂	Morales et al., 1995 (24)
Caso- Controllo				♂♀					Cuello et al., 1976 (Cit. da 33)
		NS							Steindorf et al., 1994 (36)

(a) I simboli ♂ e/o ♀ indicano il sesso per il quale è stata ritrovata una associazione statisticamente significativa; "NS" indica una associazione non statisticamente significativa.

malattie cardiovascolari e, anche se tale attività non è ancora completamente chiarita, l'uso quotidiano di acque dolci per l'alimentazione o l'utilizzo di addolcitori domestici è assolutamente da sconsigliare. La presenza, poi, di composti mutageno/cancerogeni nelle acque condottate rappresenta un problema serio e, anche se richiede di essere studiato in maniera più approfondita, sa-

Tabella 9 - Concentrati di acque superficiali clorate risultate mutagene (da IARC, modificata)¹¹.

Tipo di acqua	Nazione	Test di mutagenesi	Autori
TEST SU BATTERI			
Fiume	USA	Test di Ames (TA100 -S9)	Cheh et al., 1980
Fiume	Sud Africa	Test di Ames (TA98/100 -S9)	Grabow et al., 1981
Fiume	USA	Test di Ames (TA98/100 -S9)	Grimm-Kibalo et al., 1981
Fiume	Olanda	Test di Ames (TA98 -S9)	Kool et al., 1981
Arno	Italia	Test di Ames (TA98/100 ±S9)	Dolara et al., 1981)
Fiume	Taiwan	Test di Ames (TA100 -S9)	Wei et al., 1984
Fiume	USA	Test di Ames (TA98/100 -S9)	Loper et al., 1985
Fiume	Regno Unito	Test di fluttuaz. (TA98/100 -S9)	Fielding & Horth, 1985
Trasimeno e Arno	Italia	Test di fluttuaz. (TA100 -S9)	Monarca et al., 1985
Trasimeno	Italia	Test di Ames (TA100 -S9)	Monarca et al., 1985
Arno	Italia	Test di Ames (TA98/100 -S9)	Monarca et al., 1985
Fiume	Canada	Test di Ames (TA100 -S9)	Douglas et al., 1986
Lago	Finlandia	Test di Ames (TA98/100 -S9)	Backlund et al., 1988
Como	Italia	Test di Ames (TA98/100 ±S9)	Galassi et al., 1989
Como	Italia	Test di Ames (TA100 -S9)	Monarca et al., 1992
Garda	Italia	Test di Ames (TA100 -S9)	Monarca et al., 1992
Garda	Italia	Test di Ames (TA100 -S9)	Monarca et al., 1995
TEST SU CELLULE DI MAMMIFERO			
Fiume	Canada	SCE (Cell. Hamster)	Douglas et al., 1986
Fiume	Regno Unito	AC (Cell. Hamster)	Wilcox & Williamson, 1986
Lago	Canada	Micronuclei (Cell. Hamster)	Douglas et al., 1986
Canale artif.	Ungheria	AC, SCE (Linfoc. umani)	Varga, 1991

rebbe, comunque, opportuno evitare l'esposizione a sostanze mutageno/cancerogene anche se presenti soltanto in tracce.

La valutazione dei rischi derivanti da inquinanti idrici chimici non ci deve, però, far dimenticare l'importanza dei rischi infettivi, che restano, tuttora, un problema di notevole rilievo per la salute pubblica. La grande sfida che abbiamo di fronte è quella di minimizzare contemporaneamente i rischi infettivi e quelli derivanti dai *by-products* dei trattamenti di disinfezione, processi che restano, comunque, di primaria importanza per controllare e prevenire la diffusione idrica di malattie infettive (Fig. 3).

Occorre, pertanto, sviluppare una strategia integrata che preveda, accanto alla valutazione scientifica dei rischi, la tutela delle risorse idriche, il controllo degli inquinamenti, l'uso appro-

GOAL :

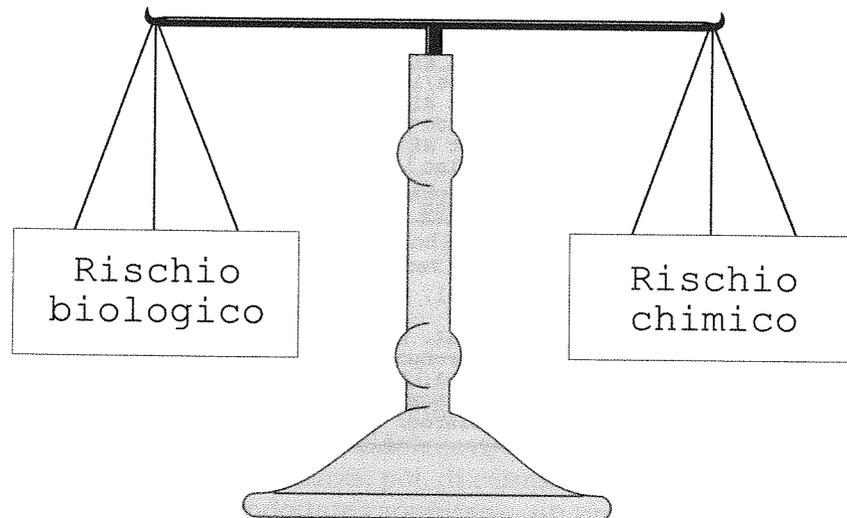


Fig. 3 - Obiettivo della regolamentazione dei disinfettanti e dei prodotti della disinfezione.

priato di materiali per la rete di distribuzione delle acque e la ricerca di sistemi di trattamento più sicuri, dal punto di vista sanitario, con il fine ultimo di difendere e migliorare la qualità delle acque destinate al consumo umano.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1. ANDERSEN A., GLATTRE E., JOHANSEN B.V., *Incidence of cancer among Lighthouse keepers exposed to asbestos in drinking water*. Am. J. Epidemiol. 1993; 138: 682-687.
2. BERESFORD S.A.A., *Is Nitrate in the drinking water associated with the risk of cancer in the urban U.K.?* Int. J. Epidemiol. 1985; 14: 57-63.
3. CECH I., HOLGUIN A.H., LITTELL A.S., HENRY J.P., O'CONNELL J., *Health significance of chlorination byproducts in drinking water: The Houston Experience*. Int. J. Epidemiol. 1987; 16: 198-207.
4. DAYAN A.D., *Carcinogenicity and drinking water*. Pharmacol. Toxicol. 1993; 72S: 108-115.
5. D.P.R. 24 maggio 1988, n. 236 (1988) 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. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, S. O., n. 152.
6. FAGLIANO J., BERRY M., BOVE F., BURKE T., *Drinking water contamination and the incidence of Leukemia: An ecologic study*. Am. J. Pub. Health 1990;80:1209-1212.
7. GILLI G., CORRAO G., FAVILLI S., *Concentrations of nitrates in drinking water and incidence of gastric carcinomas: First descriptive study of the Piemonte region, Italy*. Sci. Total Environ. 1984; 34: 35-48.
8. HODGE H.C., *The concentration of fluorides in the drinking water to give the point of minimum caries with maximum safety*. J. Am. Dent. Assoc. 1950; 40: 436-439.
9. HOPPS H.C., *Chemical qualities of water that contribute to human health in a positive way*. Sci. Total Environ. 1986; 54: 207-216.
10. HOWE H.L., WOLFGANG P.E., BURNETT W.S., NASCA P.C., YOUNGBLOOD L., *Cancer incidence following exposure to drinking water with asbestos leachate*. Am. J. Epidemiol. 1989; 104: 251-256.
11. IJSSELMUIDEN C.B., GAYDOS C., FEIGNER B., NOVAKOSKI W.L., SERWADDA D., CARIS L.H., VLAHOV D., COMSTOCK G.W., *Cancer of the pancreas and drinking water: A population based case-control study in Washington county, Maryland*. Am. J. Epidemiol. 1992; 136: 836-842.
12. International Agency for Research on Cancer IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 52. IARC, Lyon, France 1991.
13. JENSEN O.M., *Nitrate in drinking water and cancer in Northern Jutland, Denmark, with special reference to stomach cancer*. Ecotoxicol. Environ. Safety, 1982; 6: 258-267.
14. KNIGHT T., PIRASTU R., PALLI D., COCCO P., LEACH S., PACKER P., IANNARILLO R., MANCA P., MOLLER H., *Nitrate and N-nitrosoproline excretion in two Italian regions with contrasting rates of gastric cancer: The role of nitrate and other factors in endogenous nitrosation*. Int. J. Cancer 1992;50:736-739.
15. KOBAYASHI J., *Geographical relationship between chemical nature of river water and death-rate for apoplexy*. Ber. d. Ohara Instt. f. Landwirtsch. Biologie 1957; 11: 12.
16. KOIVUSALO M., JAAKKOLA J.J.K., VARTAINEN T., HAKULINEN T., KARJALAI-

- NEN S., PUKKALA E., TUOMISTO J., *Drinking water mutagenicity and gastrointestinal and urinary tract cancers: An ecological study in Finland*. Am. J. Pub. Health 1994; 84: 1223-1228.
17. LEARY W.P., REYES A.J., LOCKETT C.J., ARBUCKLE D.D., VAN DER BYL K., *Magnesium and deaths ascribed to ischaemic heart disease in South Africa. A preliminary report*. Sa Mediese Tydskrif Deel, 1983; 64: 775-776.
 18. LUOMA H., AROMA A., HELMINEN S., MURTOMAA H., KIVILUOTO L., PUNJAR S., KNEKT P., *Risk of myocardial infarction in Finnish men in relation to fluoride, magnesium and calcium concentration in drinking water*. Acta Med. Scand. 1983; 213: 171-176.
 19. LYNCH C.F., WOOLSON R.F., O'GORMAN T., CANTOR K.P., *Chlorinated drinking water and bladder cancer: Effect of misclassification on risk estimates*. Arch. Environ. Health 1989; 44: 252-259.
 20. MCGEEHIN M.A., REIF J.S., BECHER J.S., MANGIONE E.J., *Case-control study of bladder cancer and water. Disinfection methods in Colorado*. Am. J. Epidem. 1993; 138: 492-501.
 21. MCMICHAEL A.J., *Drinking water and human cancer*. In: VAINIO H., SORSA M., MCMICHAEL A.J., (Eds.), *Complex mixtures and cancer risk*. IARC, Lyon, 1990, pp. 298-360.
 22. MÖLLER H., *Occurrence of carcinogens in the external environment: epidemiological investigations*. Pharmacol. Toxicol. 1993; 72S:39-45.
 23. MORALES SUAREZ-VARELA M.M., LLOPIS GONZALEZ A., TEJERIZO PEREZ M.L., FERRER CARACO E., *Chlorination of drinking water and cancer incidence*. JEPTO 1994; 13:39-41.
 24. MORALES SUAREZ-VARELA M.M., LLOPIS GONZALEZ A., TEJERIZO PEREZ M.L., *Impact of nitrates in drinking water on cancer mortality in Valencia, Spain*. Eur. J. Epidemiol. 1995, 11: 15-21.
 25. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *Geochemistry of water in relation to cardiovascular diseases*. Ntl Academy of Sciences, Washington DC (USA), 1979.
 26. PITZURRA M., *La prevenzione contro la carie dentale mediante la fluorazione delle acque destinate ad uso potabile*. Sintesi della letteratura sull'argomento elaborata dalla Commissione regionale per la prevenzione contro la carie dentale. Regione dell'Umbria e Dipartimento di Igiene di Perugia, 1993.
 27. POLISSAR L., SEVERSON R.K., BOATMAN E.S., *A case-control study of asbestos in drinking water and cancer risk*. Am. J. Epidemiol. 1984; 119: 456-471.
 28. *Regulating Pesticides in Food: The Delaney paradox*, Ntl Academy Press, Washington DC (USA), 1987.
 29. RYLANDER R., BINEVIK H., RUBENOWITZ E., *Magnesium and calcium in drinking water and cardiovascular mortality*. Scand. J. Work Environ Health 1991; 17: 92-94.
 30. SCASSELLATI SFORZOLINI G., *Circolazione e distribuzione nell'organismo dello ione-fluoro introdotto per via generale e suo passaggio trans-placentare*. Atti del Congresso Internazionale "Prime Giornate Dentarie per l'Infanzia", Milano, 6-7 dicembre, 1973, pp. 213-252.
 31. SCASSELLATI SFORZOLINI G., PASQUINI R., CONTI R., *Correlazione epidemiologica tra qualità delle acque potabili e mortalità per malattie del sistema circolatorio (I). Indagini nei capoluoghi di Provincia italiani*. L'Igiene Moderna 1978; 8:1019-1043.
 32. SCASSELLATI SFORZOLINI G., DAMIANI P., ROMOLI R., PASQUINI R., CONTI R., *Correlazione epidemiologica tra qualità delle acque potabili e mortalità per malattie del sistema circolatorio (II). Indagini nel comprensorio Orvietano della Regione Umbria: rapporto con il contenuto in oligoelementi delle acque condottate*. L'Igiene Moderna 1979; 4: 3-35.

33. SCASSELLATI SFORZOLINI G., PASQUINI R., FAGIOLI F., *Qualità dell'acqua potabile ed effetti a lungo termine sulla salute umana*. VII Corso della Scuola Superiore di Epidemiologia e Medicina Preventiva "G. D'Alessandro" In: *Approccio epidemiologico allo studio dei rapporti tra ambiente e salute*. Centro di Cultura "E. Majorana", Erice, 6-12 dicembre, 1981.
34. SCASSELLATI SFORZOLINI G., MONARCA S., PASQUINI R., MORETTI M., SAVINO A., *Acqua destinata ad uso potabile e salute. Valutazione dei rischi mutageno/cancerogeni per l'uomo*. L'Igiene Moderna 1992; 97: 884-898.
35. SIGURDSON E.E., *Observations of cancer incidence surveillance in Duluth, Minnesota*. Environ. Health Perspect. 1983; 53: 61-67.
36. STEINDORF K., SCHLEHOFER B., BECHER H., HORNING G., WAHRENDORF J., *Nitrate in drinking water. A case-control study on primary brain tumours with an embedded drinking water survey in Germany*. Int. J. Epidemiol. 1994; 23: 451-457.
37. VINCENT P., DUBOIS G., LECLERC H., *Nitrates dans l'eau de boisson et mortalité par cancer. Etude épidémiologique dans le Nord de la France*. Rev. Epidém. Santé Publique 1983; 31: 199-207.
38. WONG O., MORGAN R.W. WHORTON M.D., GORDON N., KHEIFETS L., *Ecological analyses and case-control studies of gastric cancer and leukaemia in relation to DBCP in drinking water in Fresno County, California*. Br. J. Ind. Med. 1989; 46: 521-528.
39. WU M.M., KUO T.L., HWANG Y.H., CHEN C.J., *Dose-response relation between arsenic concentration in well water and mortality from cancers and vascular diseases*. Am. J. Epidemiol. 1989; 130: 1123-1131.

Correspondence should be addressed to:
Giuseppina Scassellati Sforzolini, Dipartimento di Igiene, Università degli Studi di Perugia, Via del Giochetto - 06126 Perugia, I.