

Amianto nei pesci d'acqua dolce di un laghetto milanese. Da dove viene?

MASSIMILIANO ERBA¹, SUSANNA CANTONI²

¹ Corso di laurea Magistrale in Scienze delle Professioni Sanitarie della Prevenzione, Università degli Studi di Milano

² Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione

KEY WORDS: Asbestos; ichthyofauna; alimentary absorption

PAROLE CHIAVE: Amianto; ittiofauna; assorbimento alimentare

SUMMARY

«*Asbestos in fresh water fish of a pond in Milan. Where is it coming from?*». **Introduction:** Cement-based material containing asbestos was found in the water of a pond in the city of Milan, Italy, where recreational fishing activities take place. Some fishes are in 'no-kill' fishing areas, others are caught and consumed. **Objective:** To verify the presence of asbestos in water, sediments and some fish species living in the pond. To verify the presence of asbestos in fish feed and to test fish exposure by ingestion. **Methods:** Samples of water, sediments, fish feed and fish species have been collected and the presence of asbestos fibers has been ascertained in the different matrices. **Results:** No traces of asbestos were found in water. Instead, the asbestos content in sediments was beyond regulatory limits. Asbestos was detected also in benthic fish species, and in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) that does not reproduce in the pond but must be restocked periodically through aquaculture. In the meat of the grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) 36,000,000 fibers/100 g of wet cloth have been found. Values up to 15,000,000 ff/100 g of wet cloth have been detected in the rainbow trout. Asbestos has also been found in animal feeds, in particular crocidolite fibers and asbestos tremolite bundles. **Conclusions:** Benthic fish species have likely been contaminated by their close contact with the polluted bottom of the pond. Instead, the presence of asbestos in the trout is probably linked to a previous contamination during farming, since this fish spend a brief period of time in the water of the pond. Asbestos distribution and concentration exclude a risk for public health; however, some values of asbestos found in fish meat deserve attention. Accordingly, precautionary indications have been given to the Municipality of Milan and to the fishermen association. A larger scale monitoring of water, food and animal feed is worth performing to better assess exposure by ingestion.

RIASSUNTO

Introduzione: In seguito al ritrovamento di materiale di matrice cementizia contenente amianto affiorato dalle acque di una cava milanese, sono stati effettuati accertamenti per verificarne il livello di contaminazione. Nel laghetto è praticata la pesca sportiva. Alcuni pesci sono destinati alla pesca "no kill", altri invece sono catturati e consumati. **Obiettivi:** Verificare la presenza di amianto nell'acqua, nei sedimenti ed in alcune specie di ittiofauna presenti nella cava. Verificare la presenza di amianto nei mangimi somministrati ai pesci, per accertare l'esposizione dell'ittiofauna attraverso la via alimentare. **Metodi:** Sono stati effettuati campionamenti dell'acqua, dei sedimenti, di alcune specie di pesci presenti nel laghetto e dei mangimi. **Risultati:** L'amianto non è stato riscontrato nell'acqua, ma nei sedimenti è risultato presente oltre i limiti di legge. Inoltre, l'amianto è stato rilevato sia nell'ittiofauna bentonica stanziale, sia

Pervenuto il 19.6.2018 - Revisione pervenuta il 8.1.2019 - Accettato il 3.4.2019

Corrispondenza: Susanna Cantoni, Corso di laurea Magistrale in Scienze delle Professioni Sanitarie della Prevenzione, Università degli Studi di Milano - E-mail: susannacantoni@live.it

nelle trote iridee (*Oncorhynchus mykiss*), che invece vengono periodicamente “seminate” nel laghetto da un impianto di acquacoltura. Nelle carni della carpa erbivora (*Ctenopharyngodon idella*) sono state riscontrate 36.000.000 fibre/100 g di tessuto umido, mentre nelle trote iridee sono stati rilevati valori fino a 15.000.000 ff/100 g di tessuto umido. Amianto è stato altresì riscontrato nei mangimi, in particolare sono state rilevate fibre di crocidolite e fasci di tremolite di amianto. **Conclusioni:** Le specie bentoniche stanziali si sono verosimilmente contaminate vivendo in stretto contatto con il fondale inquinato. Invece il ridotto tempo di permanenza delle trote nelle acque della cava suggerisce che in esse la presenza di amianto derivi da una contaminazione avvenuta all'origine, ossia nell'impianto di trocicoltura. I dati escludono la presenza di un rischio per la salute pubblica, tuttavia alcuni valori di amianto riscontrati nelle carni dei pesci non sono irrilevanti. Sarebbe necessario effettuare un monitoraggio su vasta scala, comprendendo acqua, alimenti e mangimi, al fine di poter effettuare una valutazione più accurata dell'esposizione per ingestione. Nel frattempo al Comune di Milano e all'associazione dei pescatori sono state date alcune indicazioni precauzionali atte ad evitare l'ingestione di carni di pesci contaminati.

INTRODUZIONE

Nella primavera del 2016 il Settore Ambiente del Comune di Milano informava il Dipartimento di Prevenzione Medico (DPM) della Agenzia di Tutela della Salute (ATS) di Milano in merito al ritrovamento di materiali edili di risulta in matrice cementizia, presumibilmente contenenti amianto, affioranti da uno dei laghetti artificiali (cava Casati) di un parco pubblico della periferia di Milano denominato Parco delle Cave. I materiali si erano resi per la prima volta visibili a causa dell'abbassamento del livello delle acque dovuto alla stagione di siccità protratta.

Il parco è molto frequentato da cittadini e bambini e risulta essere sede di pesca sportiva. Alcune specie ittiche sono destinate alla pesca “no kill”, altre invece vengono catturate dai pescatori e destinate al consumo, in particolare le trote iridee (*Oncorhynchus mykiss*).

La Monografia 100C della *International Agency for Research on Cancer* (IARC) riporta, oltre alle note associazioni tra esposizione ad amianto e cancro del polmone, mesotelioma della pleura e altre sierose, cancro della laringe e cancro dell'ovaio, possibili associazioni con altre sedi quali faringe, esofago, stomaco e colon retto (15). Alcuni studi hanno inoltre descritto un possibile nesso tra amianto e forme rare di tumori maligni quali il colangiocarcinoma intraepatico (24).

Tra le esposizioni di interesse alimentare alcune ricerche hanno associato il consumo di acqua potabile

a incremento di rischio di tumori dello stomaco e del colon (15). Ricerche sperimentali in ratti e criceti non hanno invece messo in luce incrementi di tumori del colon-retto e del mesentero dopo somministrazione orale (15). Degno di nota è un lieve incremento dell'incidenza di polipi adenomatosi nel grande intestino di ratti maschi in seguito all'esposizione a fibre di crisotilo somministrate in dose di 1% nella dieta; non sono state osservate, tuttavia, formazioni preneoplastiche dell'epitelio (23, 17).

Sempre in ratti, dopo alimentazione con amianto crisotilo sono state riscontrate alterazioni istologiche nella mucosa dell'ileo e citotossicità nell'intestino (18). L'ingestione di fibre di amianto, capaci di attraversare la placenta e penetrare negli organi fetali, induce effetti tossici, alterazioni istologiche e molecolari in stomaco, ileo e colon (14).

Amianto ingerito sperimentalmente da ratti ha penetrato la mucosa intestinale e le fibre sono state rilevate in polmone, rene, fegato, cervello, cuore e milza (13). Anche l'amianto inalato può essere traslocato in tessuti extra-polmonari (19, 20).

Esistono poche informazioni per una stima della frazione delle fibre che penetrano la mucosa intestinale rispetto a quelle ingerite anche perché le fibre di crisotilo sono indicatori deboli della penetrazione e del trasporto delle fibre ai tessuti, a causa della loro suscettibilità a triturazione e lisciviazione (12). Le fibre di amosite e crocidolite forniscono invece forti indicazioni della penetrazione delle fibre. Negli studi sui ratti con ingestione o somministrazione di amianto con sonda si stima un passaggio giornaliero

massimo di fibre al liquido linfatico da 10^{-4} a 10^{-7} volte il numero di fibre ingerite (28). La concentrazione delle fibre di amianto nelle urine umane è di circa 10^{-3} volte la concentrazione delle fibre nell'acqua destinata al consumo (11). In letteratura è riportato che anche gli animali commestibili, in particolare l'ittiofauna, risultano in grado di accumulare fibre di amianto negli organi interni e nel tessuto muscolare. Il riscontro è stato dimostrato sia tramite simulazioni in laboratorio sia tramite l'analisi di pesci esposti ad amianto ambientale di origine naturale o antropica (4, 7, 9, 30, 31, 32). Anche le vongole possono accumulare amianto in rilevanti quantità cibandosi di plancton inquinato (5, 6, 8).

Nel nostro studio, per valutare l'eventuale pericolosità dei luoghi per la salute pubblica, l'amianto è stato ricercato nel cumulo di materiale affiorato nelle acque e nei sedimenti del laghetto. L'amianto è stato ricercato anche nei pesci, per valutare gli effetti dell'esposizione sull'ittiofauna nonché la possibile esposizione per ingestione da parte dei pescatori consumatori dei pesci. Infine, per valutare la potenziale esposizione dell'ittiofauna per via alimentare, l'amianto è stato indagato nei mangimi che vengono saltuariamente somministrati ai pesci da parte di un'associazione di pescatori con sede nel luogo oggetto di indagine.

METODI

Materiale di natura cementizia

Dal cumulo sono stati asportati tre frammenti prelevati sul lato sinistro, al centro e sul lato destro; gli stessi sono stati analizzati in diffrazione presso il Laboratorio di Prevenzione dell'ATS di Milano, utilizzando un metodo che fa riferimento a quanto riportato nella DGR 6/36262 del 22.05.98 (26), che, a sua volta, fa riferimento a quanto indicato dal D.M. 06.09.1994.

Sedimenti

Sono state campionate undici aliquote di terreno di circa 1 kg ciascuna utilizzando appositi carotatori e setacci. I punti di prelievo sono stati selezionati

secondo una disposizione a raggiera (figura 1), a distanze crescenti dal cumulo del materiale: 4 campioni in prossimità del cumulo, 3 campioni alla distanza di 2 m e 4 campioni alla distanza di 4 m. Inoltre, è stato prelevato un campione alla distanza di circa 60 m, da utilizzarsi come "punto di bianco". La profondità media dei punti di campionamento è risultata di circa 6,90 m. I sedimenti sono stati analizzati presso il Centro di Microscopia Elettronica di ARPA Lombardia (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale), utilizzando un metodo sviluppato internamente per l'analisi quantitativa del contenuto di amianto in terreno, rifiuto in matrice sciolta, terre e rocce da scavo (D.Lgs. 152/06) e in materia prima secondaria (D.M. 25.02.98), con riferimento al D.M. del 06.09.94, allegato 1b. Il D.Lgs. 152/06 ha fissato un limite per il contenuto di amianto nel terreno pari a 1000 ppm.

Il principio del metodo è basato sulla suddivisione del campione in due frazioni granulometriche: grossa (sopravaglio a 2 mm) e fine (sottovaglio a 2 mm), suddivise mediante setacciatura dopo essiccazione.

Le quantificazioni di amianto nel sopravaglio e nel sottovaglio non sono previste dalla normativa, tuttavia sono utili per caratterizzare la tipologia di inquinamento da amianto. Ottenute le concentrazioni di amianto nel sopra e nel sottovaglio viene calcolata la concentrazione totale di amianto nel sedimento, espressa in ppm.

Acque

Sono state prelevate 4 aliquote di acqua da 1 l. I punti di prelievo sono stati selezionati secondo una disposizione a raggiera, a distanze crescenti dal cumulo del materiale: 2 aliquote alla distanza di circa 2 m e 2 aliquote alla distanza di circa 4 m. È stato anche prelevato un campione alla distanza di circa 60 m quale "punto di bianco". Le 5 aliquote sono state prelevate alla profondità di circa 1 m. Non sono state selezionate profondità superiori per evitare di aspirare anche le particelle di sedimento oltre all'acqua. I campioni di acqua sono stati analizzati presso il Centro di Microscopia Elettronica di ARPA Lombardia, utilizzando un metodo che fa riferimento al D.M. 6.09.1994, allegato 2b.

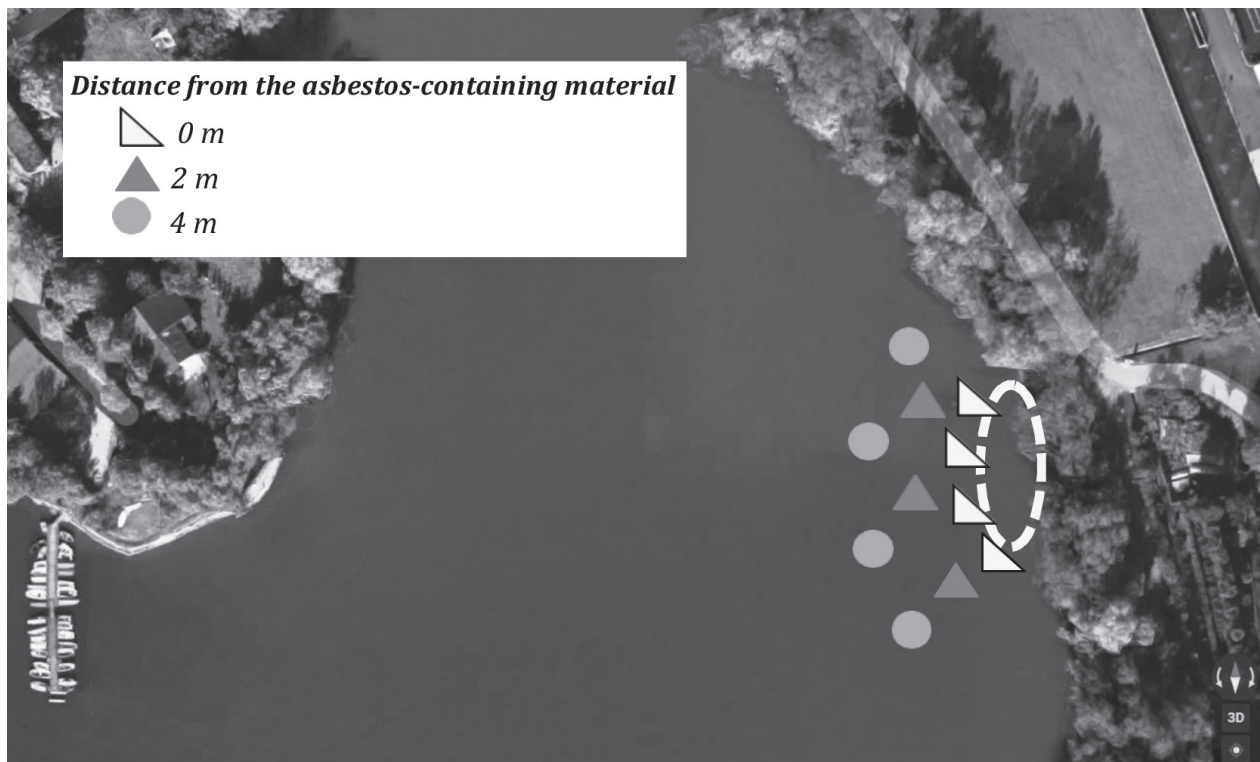


Figura 1 - Punti di campionamento dei sedimenti: distanza dal cumulo di materiale
Figure 1 - Sediment sampling points: distance from the asbestos-containing material

I campionamenti delle acque e dei sedimenti sono stati effettuati con l'ausilio del Nucleo dei sommozzatori della Polizia Municipale del Comune di Milano.

Ittiofauna

Sono state campionate 1 carpa erbivora (circa 9 kg), 1 carpa regina (1,5-2 kg), 1 carpa breme (5-6 kg), 1 carpa a specchi (1,5-2 kg), 1 persico trota o boccalone (1,5-2 kg), 1 anguilla (200-300 g), 1 pesce gatto americano (6 kg), 1 cozza di acqua dolce (lunghezza di circa 13 cm), 1 trota iridea di grossa taglia (2-3 kg) e 20 trote iridee (200-300 g).

Considerate le numerose specie presenti nel laghetto è stato inizialmente effettuato un campionamento "per convenienza", utilizzando una carpa erbivora (*Ctenopharyngodon idella*) di età stimata, in base al peso, di circa 10 anni, quindi specie esposta al bioaccumulo da lungo tempo. La carpa, inoltre, è un pesce bentonico, abituato a vivere a contatto

con il fondale, e le fibre di amianto in acque ferme o a decorso lento, come quelle del laghetto in esame, tendono a depositarsi sul fondo, specialmente quelle più grossolane.

È stato, inoltre, sottoposto ad analisi un esemplare di cozza d'acqua dolce (*Anodonta cygnea*) ipotizzando per tale specie un possibile bioaccumulo di amianto, in analogia con quanto avviene nelle vongole.

In seguito alla positività riscontrata è stato eseguito un piano di campionamento su larga scala, utilizzando come criteri di selezione le specie bentoniche e quelle destinate al consumo alimentare. Per le scelte sono stati considerati fattori quali i caratteri distintivi per l'identificazione delle specie, l'habitat, l'alimentazione e l'accrescimento, per la stima dei tempi di esposizione.

I pesci, catturati dai pescatori e conservati in un congelatore, sono stati consegnati al personale dell'ATS di Milano che ha preparato i filetti degli stessi per le analisi.

I pesci sono stati analizzati presso il Centro di Microscopia Elettronica di ARPA Lombardia utilizzando un metodo sviluppato internamente con riferimento al D.M. 06/09/1994, allegato 2b. La metodica è stata originariamente sviluppata per l'analisi della concentrazione di fibre di amianto nel tessuto polmonare umano. L'analisi dei tessuti dei pesci presenta problematiche simili poiché in entrambi i casi le fibre sono contenute in una matrice biologica (parenchima polmonare o tessuto muscolare del pesce), che deve essere eliminata tramite un processo di digestione che lasci intatte le fibre di amianto del campione.

Il principio del metodo è basato sul conteggio diretto delle fibre di amianto al SEM-EDS. Il tessuto muscolare deve essere ripulito dalla componente organica, quello prelevato dal campione viene frammentato in piccoli pezzi e inserito in un becker. Quindi viene determinato il peso del tessuto umido prelevato (Pu). Successivamente il campione viene liofilizzato; ciò permette la completa disidratazione dell'aliquota senza restringimento del tessuto, che potrebbe determinare la frantumazione delle fibre di amianto eventualmente presenti. In seguito viene calcolato il peso del campione liofilizzato (peso secco Pts). Il Pu e il Pts permettono di determinare il rapporto secco/umido. Quindi vengono prelevati circa 50/60 mg di tessuto liofilizzato che viene poi affettato con bisturi chirurgico per rendere più efficiente l'incenerimento nel plasma asher. Il campione liofilizzato e affettato viene inserito in una capsula di porcellana, a sua volta inserita nell'inceneritore al plasma di ossigeno per 16 h. Il plasma asher elimina la parte organica del tessuto del pesce trasformandola in CO₂, lasciando intatta la parte inorganica.

La cenere ottenuta viene sospesa in acqua bidistillata, filtrata e trasferita, mediante un imbuto, in una beuta. Si utilizza una quantità di acqua bidistillata non superiore ai 50 ml e successivamente si aggiunge 1 ml di acido ossalico 8%, lasciando a riposo per 2 h. Infine, si aggiunge 1ml circa di etanolo come surfactante per rendere più efficiente la filtrazione. La soluzione ottenuta viene filtrata su membrana in policarbonato con porosità 0,2 µm.

L'analisi delle fibre di amianto è eseguita al microscopio elettronico a scansione con microanalisi a RX di fluorescenza (SEM-EDS ZEISS EVO40 con Microanalisi OXFORD X-MAX con software

INCA Energy 350). Il conteggio delle fibre viene effettuato su di un numero di campi tale da ottenere un limite di rilevabilità di fibre di amianto dell'ordine di 500.000 ff/g di tessuto secco.

Mangimi

Sono state prelevate 2 tipologie di mangimi completi per trote in granuli. Nel primo prelievo è stata formata 1 aliquota di circa 100 g, nel secondo sono state formate 4 aliquote del peso di circa 500 g ciascuna.

Per determinare la presenza di fibre di amianto nel campione è stato utilizzato il microscopio elettronico a scansione EVO40 con microanalisi a RX di fluorescenza. Il campione è stato osservato ad ingrandimenti variabili ed è stata eseguita un'analisi qualitativa, esprimendo il risultato sotto forma di presenza/assenza.

Il mangime è stato macinato in un mortaio di porcellana e pestellato fino ad ottenere una polvere, la più fine possibile. Ciò per facilitare il successivo incenerimento del campione, avvenuto in stufa a 105°C per 24 ore circa.

In seguito sono stati inseriti circa 100 mg di campione in una capsula di porcellana dal diametro di 40mm, a sua volta introdotta nell'inceneritore al plasma di ossigeno per 16 h. Il mangime incenerito è stato sospeso in acqua bidistillata e filtrato tramite sistema Millipore su membrana in policarbonato con porosità 0,2 µm. Ciò è stato ripetuto per eliminare la quantità di residuo organico rimasta, che avrebbe reso difficoltosa la lettura al SEM.

RISULTATI

L'amianto è stato riscontrato in tutti e 3 i campioni del materiale di risulta analizzati.

I risultati delle analisi sono stati espressi in percentuale di peso di amianto rilevato nel campione. Le tipologie di amianto riscontrate sono il crisotilo, in quantità del 6,7% e 8%, e la crocidolite, con valori del 1,2% e 1%. Il metodo utilizzato ha un limite di rilevabilità dell'1% (tabella 1).

Nell'acqua non è stato rilevato amianto o comunque sono stati riscontrati valori al di sotto del limite di rilevabilità del metodo di 1000 ff/L.

Tabella 1 - Percentuali di peso delle tipologie di amianto riscontrate nel materiale di risulta**Table 1** - Weight percentages of different types of asbestos in the waste material

Numero campione	Crisotilo (%)	Crocidolite (%)	Amosite (%)
01	7	1	<1
02	8	2	<1
03	6	1	<1

L'amianto è stato riscontrato nei sedimenti a tutte le distanze oggetto di campionamento con valori al di sopra dei limiti di legge. In particolare a 0 m di distanza dal cumulo sono stati rilevate 2000 e 6500 ppm di amianto sul totale in 2 dei 4 campioni analizzati; a 2m di distanza dal cumulo 1 dei 3 campioni è risultato contenere 2200 ppm di amianto sul totale; infine, a 4 m di distanza dal materiale di risulta, 1 dei 4 campioni è risultato contenere 3000 ppm di amianto sul totale (tabella 2).

Il D.Lgs n.152/06, per l'amianto nei terreni da bonificare o nei rifiuti in matrice sciolta, ha stabilito un limite di 1000 ppm. Il limite di rilevabilità del metodo analitico è invece di 100 ppm.

Tabella 2 - Amianto (ppm) nei punti di campionamento dei sedimenti**Table 2** - Asbestos (ppm) at sediment sampling points

Distanza dal cumulo macerie	MCA sottovaglio (ppm)	MCA sopravaglio (ppm)	Amianto sul totale (ppm)
0 m	<100	<100	<100
	<100	<100	<100
	<100	3000	2000
	2500	8000	6500
2 m	<100	600	300
	<100	3000	2200
	<100	<100	<100
4 m	<100	320	240
	<100	<100	<100
	4000	200	3000
	<100	<100	<100

MCA: materiale contenente amianto

La carpa erbivora o amur (*Ctenopharyngodon idella*) è stato il primo pesce ad essere campionato. Sono stati analizzati il tessuto muscolare, il pacchetto intestinale ed il contenuto intestinale. Le branchie non sono risultate analizzabili, in quanto si sono completamente disfatte durante la preparazione del campione. Anche l'analisi del pacchetto intestinale e del contenuto intestinale è risultata complessa, poiché non è stato possibile eliminare dal campione il materiale inorganico interferente. Nel contenuto intestinale sono stati osservati particolato di varia natura e diatomee.

Sono stati ottenuti risultati significativi soltanto per il tessuto muscolare (36.000.000 ff/100 g tessuto umido), e pertanto è stato deciso di eseguire ulteriori analisi solamente per tale tessuto, considerando che è l'unico edibile per l'uomo, e quindi possibile veicolo di esposizione per ingestione.

Il laboratorio ha determinato in 5 (cinque) il fattore di conversione medio tra il peso del tessuto muscolare secco e il peso del tessuto muscolare umido: pertanto, 1 g di secco=5 g di umido. Il fattore di conversione permette di effettuare una stima delle fibre di amianto ingerite dall'uomo consumando 100 g di tessuto umido di pesce.

L'amianto è stato riscontrato anche nelle seguenti specie ittiche: anguilla (880.000 ff/100 g umido), pesce gatto americano (2.200.000 ff/100 g umido), 5 trote iridee pre-semmina (rispettivamente 3.400.000 e 1.700.000 (trota analizzata in 2 punti), 15.000.000, 4.000.000, 780.000 e 2.400.000 ff/100 g umido), e 4 su 5 trote post-semmina (rispettivamente 3.600.000, 860.000, 2.600.000 e 880.000 ff/100 g umido) (tabella 3).

Le trote sono state dichiarate pre-semmina e post-semmina dall'associazione dei pescatori, ossia prima e dopo l'immissione delle stesse nel laghetto da parte di un fornitore gestore di un impianto di acquacoltura. Le trote iridee, infatti, non si riproducono naturalmente nella cava.

Considerata la presenza di amianto in specie ittiche destinate al consumo, in particolare le trote iridee, è stata effettuata una seconda serie di campionamenti.

Tali ulteriori prelievi sono stati eseguiti quando sia l'associazione dei pescatori sia l'impianto di acquacoltura erano stati informati della presenza di

Tabella 3 - Concentrazione di amianto nei pesci espresse in ff/g tessuto secco e ff/100 g di tessuto umido. (*) Analisi qualitativa
Table 3 - Asbestos concentration in fish expressed in ff/g dry fabric and ff/100 g of wet fabric. (*) Qualitative analysis

Tipo di pesce	N. fibre trovate	N. campi letti	Tipo di amianto	Peso campione secco (mg)	Risultato (ff/g secco)	Fibre ingerite (100 g tessuto umido)
Carpa erbivora	8	100	Crisotilo	21,1	1.800.000	36.000.000
Carpa regina	0	200	---	21,6	<310.000	---
Carpa breme	0	200	---	50,2	<270.000	---
Carpa a specchi	0	200	---	51,5	<130.000	---
Persico trota o boccalone	0	200	---	19,4	<350.000	---
Anguilla	1	200	Crisotilo	50,7	44.000	880.000
Pesce gatto americano	2	150	Crisotilo e crocidolite	53,1	110.000	2.200.000
Cozza d'acqua dolce*	1 fascio	*	Crisotilo	19,9	*	*
Trota iridea grande	0	200	---	49,8	<140.000	---
Trota iridea 1 (I) (pre-semi)	4	200	Crisotilo e crocidolite	51,3	170.000	3.400.000
Trota iridea 1 (II) (pre-semi)	2	200	Crisotilo e crocidolite	52,7	85.000	1.700.000
Trota iridea 2 (pre-semi)	16	200	Crisotilo, crocidolite e amosite	53,8	750.000	15.000.000
Trota iridea 3 (pre-semi)	4	200	Crisotilo e crocidolite	55,0	200.000	4.000.000
Trota iridea 4 (pre-semi)	1	200	Crisotilo	57,5	39.000	780.000
Trota iridea 5 (pre-semi)	3	200	Crisotilo, crocidolite e amosite	57,4	120.000	2.400.000
Trota iridea 1 (post-semi)	4	200	Crisotilo	50,9	180.000	3.600.000
Trota iridea 2 (post-semi)	1	200	Crisotilo	52,7	43.000	860.000
Trota iridea 3 (post-semi)	3	200	Crisotilo	50,7	130.000	2.600.000
Trota iridea 4 (post-semi)	1	200	Crisotilo	51,4	44.000	880.000
Trota iridea 5 (post-semi)	0	200	---	50,8	<130.000	---

amianto nelle trote. In particolare sono state prelevate 5 trote di origine incerta, fornite dall'associazione dei pescatori, e 5 trote pre-semi, prelevate direttamente dal camion dell'impianto di acquacoltura. In questi campionamenti sono stati riscontrati ossidi di metalli di origine minerale contenenti fibre di silicio-alluminio e titanio sia nel tessuto muscolare sia nel rene dei pesci (organo indicato in letteratura in grado di accumulare maggiormente l'amianto), ma non amianto.

Nel prelievo del mangime sono state invece riscontrate tracce di crocidolite. Un secondo prelievo è stato effettuato dopo che l'associazione dei pescatori aveva cambiato la tipologia del mangime somministrato saltuariamente ai pesci. Sono stati riscontrati

fasci di tremolite di amianto in tutte e quattro le aliquote analizzate (tabella 4).

Tabella 4 - Campionamenti di mangime completo per trote effettuati in data 07.09.17 e 22.09.17

Table 4 - Samples of complete feed for trout carried out on 07.09.17 and 22.09.17

Mangime completo per trote	Peso	Aliquota	Fibre di amianto
Mangime 1	c.a. 100 g	1	Tracce di crocidolite
Mangime 2	555 g	1	Fascetti di tremolite
Mangime 2	570 g	2	Fascetti di tremolite
Mangime 2	557 g	3	Fascetti di tremolite
Mangime 2	553 g	4	Fascetti di tremolite

Discussione

Il materiale di risulta nel laghetto è risultato contenere amianto e ha contaminato il fondale e l'ittiofauna stanziale, in particolare quella bentonica.

Le cave del Parco furono utilizzate per attività estrattive fino agli anni '60. Successivamente l'area fu progressivamente abbandonata e divenne una discarica abusiva. I sommozzatori della Polizia Municipale hanno perlustrato l'intero perimetro del bacino, rilevando la presenza di alcuni manufatti di cemento (inerti), due carcasse di ciclomotori e alcune attrezzature in ferro, probabilmente utilizzate nella precedente attività estrattiva. Inoltre, sul fondo è stata riscontrata la presenza di nove fusti metallici parzialmente corrosi. Non sono stati riscontrati altri materiali per i quali si è sospettata la presenza di amianto.

Le analisi delle acque non hanno evidenziato la presenza di fibre di amianto. Ciò sembra indicare che le lastre del materiale e i sedimenti contaminati

non siano stati in grado di inquinare l'acqua del laghetto. La stessa affiora da una risorgiva e risulta a decorso lento o stagnante, pertanto non si verificano movimenti o rimescolamenti dei fondali tali da provocare una risospensione delle fibre di amianto nell'acqua.

Frammenti di materiale contenente amianto (MCA) e concentrazioni di fibre libere oltre i limiti di legge sono state riscontrate nei sedimenti prevalentemente in direzione sud-ovest rispetto alla posizione del cumulo del materiale (figura 2 e tabella 5). Il riscontro di amianto sotto forma di fibre libere indica l'avanzato stato di degrado del materiale gettato, con il conseguente aumento del rischio di esposizione per l'ittiofauna bentonica che vive a stretto contatto con i fondali del laghetto.

Sono state riscontrate fibre di amianto nelle carni di carpa erbivora (*Ctenopharyngodon idella*), pesce gatto americano (*Ictalurus punctatus*), anguilla (*Anguilla anguilla*), e cozza di acqua dolce (*Anodonta cygnea*). In letteratura sono stati trovati dati per un

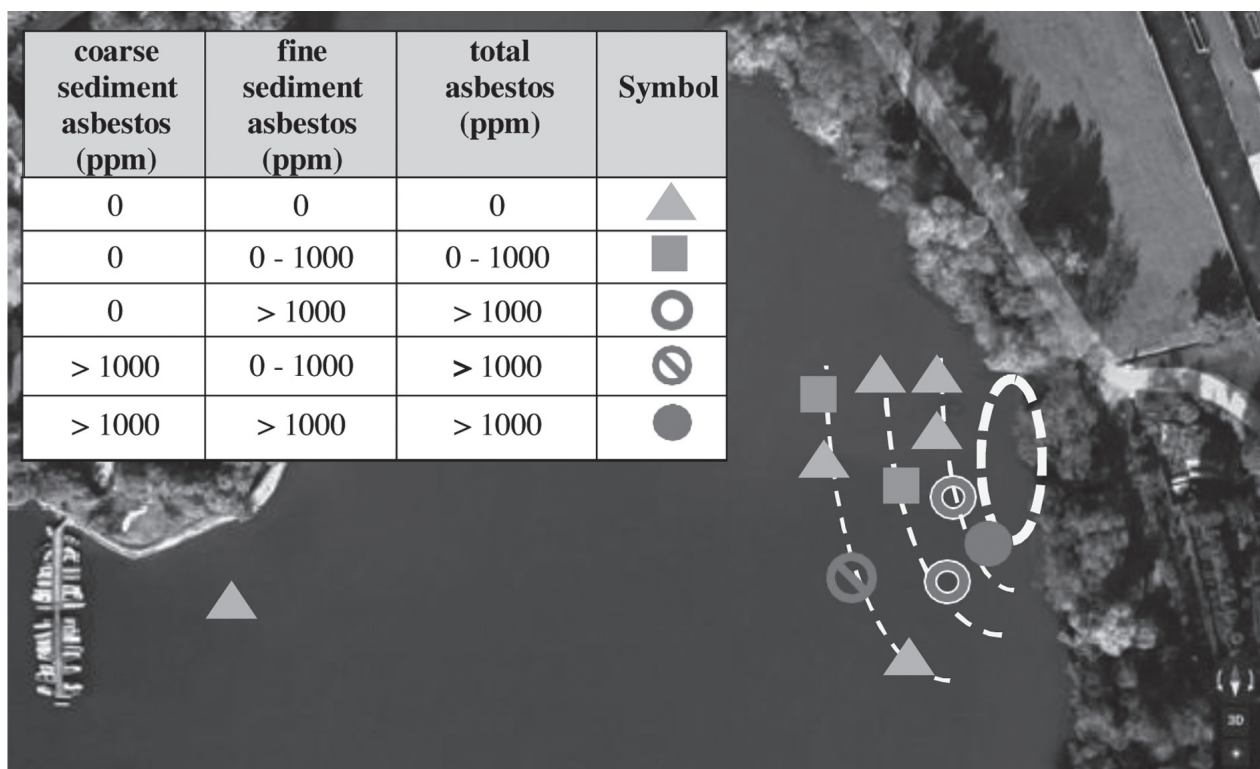


Figura 2 - Tipologia di inquinamento nei punti di prelievo dei sedimenti
Figure 2 - Type of pollution at sediment sampling points

Tabella 5 - Quantitativi di amianto nel sopravaglio, sottovaglio e amianto totale (ppm)
Table 5 - Quantities of asbestos in oversize, undersize and total asbestos (ppm)

Amianto sottovaglio	Amianto sopravaglio (ppm)	Amianto totale (ppm)	Simbolo (ppm)	Tipologia di inquinamento
0	0	0	▲	Assenza
0	0-1000	0-1000	■	Moderato frammenti MCA
0	>1000	>1000	○	Non conforme frammenti MCA
>1000	0-1000	>1000	⊘	Non conforme frammenti MCA e fibre libere
>1000	>1000	>1000	●	Non conforme

confronto solamente con il pesce gatto (*Ictalurus lacustris*), che in una simulazione di laboratorio ha presentato valori di 4.040.000 ff/100 g umido, contro i 2.200.000 ff/100 g umido riscontrati nel pesce gatto americano campionato nel presente lavoro (4).

In letteratura è stata riportata la capacità di alghe (21, 22), macrofite (25), micro- crostacei (29), molluschi (5, 6, 8, 33) e pesci di accumulare amianto sul campo o in laboratorio.

L'amianto è stato riscontrato nelle specie bentoniche, abituate a vivere a stretto contatto con il fondale, dove trovano il loro nutrimento contaminato.

L'assenza di amianto nell'acqua del Parco delle Cave porta a ritenere che la via principale di esposizione per i pesci sia quella alimentare; nel laghetto, infatti, l'amianto è stato rilevato nei sedimenti.

Le analisi non hanno rilevato fibre di amianto nella carpa a specchi, carpa comune (*Cyprinus carpio*), carpa breme (*Abramis brama*) e nel persico trota o boccalone (*Micropterus salmoides*). Si tratta di specie più giovani, con breve permanenza nel laghetto e di conseguenza meno esposte al bioaccumulo.

In letteratura è riportato che con elevate concentrazioni di amianto nell'acqua anche le specie carnivore, che non vivono a stretto contatto con i fondali, risultano in grado di accumulare amianto nel tessuto muscolare. Nelle acque di Libby (Montana, USA), laghetto posto in prossimità di una miniera in cui veniva estratta vermiculite, sono state riscontrate fibre di anfibolo comprese tra 5 e 50 milioni di fibre/

litro (MFL). Le stesse sono state rinvenute anche nel tessuto muscolare delle trote in concentrazioni variabili da 940.000 a 640.000.000 ff/100 g umido (concentrazione media di 120.000.000 ff/100 g umido) (30, 31).

In Canada, salmerini di lago (*Salvelinus namaycush*) hanno accumulato fibre di amianto presenti nelle acque del Grande Lago Superiore (concentrazione media di 100 MFL di anfibolo) e nelle acque della Deception Bay (concentrazioni massime di 500 MFL di crisotilo) (4). Pesci medaka (*Oryzias latipes*) esposti a 100 MFL di amianto in laboratorio hanno accumulato circa 500.000 ff/g dopo 3 mesi (9).

Nelle trote esaminate in questo studio è stata riscontrata la presenza di amianto sia pur in concentrazioni nettamente inferiori a quanto riscontrato nelle trote del Montana (fino a 640.000.000 ff/100 g di tessuto umido contro il valore massimo di 15.000.000 ff/100 g di tessuto umido riscontrato in questo studio). Va osservato, tuttavia, che nel lago del Montana erano contaminati sia i fondali sia le acque, e che la contaminazione delle acque è risultata molto elevata (>di 5.000.000 ff/L) (30, 31).

Fibre di amianto sono state rilevate sia nelle trote pre-semine che in quelle post-semine; anzi le concentrazioni medie delle prime sono risultate 3 volte maggiori di quelle post-semine.

I risultati suggeriscono che la contaminazione delle trote sia da imputarsi all'allevamento di origine, in quanto:

- la trota è una specie che viene immessa periodicamente nel laghetto (con frequenza quasi mensile in alcuni periodi dell'anno);
- l'amianto è stato riscontrato sul fondale e la trota non è una specie bentonica;
- le concentrazioni medie pre-semina sono risultate 3 volte maggiori rispetto a quelle post-semina.

Non sono stati identificati i fattori causa principale del ritrovamento delle fibre di amianto nel tessuto muscolare delle trote, che potrebbe imputarsi sia all'acqua sia alle fonti del loro nutrimento, compresi i mangimi somministrati. In letteratura le fibre riscontrate nei pesci sono state rilevate sia nell'acqua (30), sia in micro animali o vegetali, come microcrostacei o plancton potenziale fonte del loro nutrimento (29, 1).

Nelle trote di origine incerta e in quelle prelevate dal camion dell'impianto di acquacoltura del fornitore sono stati riscontrati ossidi di metalli contenenti fibre di silicio-alluminio e titanio non presenti nelle trote contaminate da amianto. Ciò suggerisce una loro diversa provenienza: o da un altro fornitore oppure dallo stesso fornitore ma da linee di produzione (vasche) diverse.

Le dosi di amianto ingerite dall'uomo consumando i pesci sono state confrontate con gli studi del *National Toxicology Program* (23) nei quali è stato somministrato 1% di amianto nella dieta di ratti per tutta la vita, evidenziando polipi adenomatosi intestinali non di natura preneoplastica. Tale riferimento è stato utilizzato anche dalla *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) (1) per stimare la dose di amianto ingerita dagli abitanti di Port Heiden (Alaska) attraverso il consumo di vongole contaminate.

La dose di 1% di amianto rispetto alla dieta dei ratti è stata stimata essere di circa 150 mg. Per pesare le fibre di amianto è stato utilizzato il fattore di conversione indicato dall'US EPA, ossia 100 ff ~ 1ng, ritenuto congruo in relazione alle dimensioni delle fibrille rilevate dal laboratorio (diametro tra 0,08 µm e 0,3 µm, e lunghezza da 1 µm a 3 µm).

Considerando le trote del Parco delle Cave e la contaminazione massima rilevata, ossia 15.000.000 ff/100 g di tessuto umido, per ingerire 150 mg di amianto l'uomo dovrebbe consumare 2 porzioni al

giorno da circa 50 kg di trote iridee. Considerando invece le trote del Montana ed il valore massimo riscontrato di 640.000.000 ff/100 g di tessuto umido, sarebbero invece sufficienti 2 porzioni da circa 1 kg, ipotizzando fibrille di pari dimensioni.

Nel primo campionamento dei mangimi sono state rilevate fibre di crocidolite, risultate presenti anche nelle carni dei pesci (con crisotilo e amosite). Nel secondo campionamento sono state invece riscontrate fibre di tremolite. Va specificato che le analisi sono state condotte verificando solo la presenza/assenza di amianto nelle aliquote dei mangimi. L'ipotesi che l'inquinamento da amianto delle trote sia originata dal mangime immesso nel laghetto appare poco probabile, data la modesta frequenza e quantità di mangime che viene somministrato. Tuttavia gli stessi mangimi potrebbero essere utilizzati dai trotilcoltori fornitori anche nel corso delle diverse fasi della produzione. Ciò potrebbe comportare sia una possibile esposizione dei lavoratori addetti alla produzione dei mangimi, sia la contaminazione delle specie ittiche di largo consumo. Il Registro Nazionale Mesoteliomi ha segnalato che in passato le polveri della cava di Balangero contenenti fibre di amianto potrebbero essere state utilizzate dai mangimifici per l'alimentazione di pollami (16). La Regione Lombardia, con DGR n. 8/6777 del 12.03.2008 ha riportato tra le attività che in passato potevano comportare esposizione ad amianto il suo impiego per la produzione di mangimi per animali da cortile. Inoltre, ha segnalato le caldaie, le condotte per fluidi caldi e i filtri dei mangimifici come possibile fonte di inquinamento ambientale.

CONCLUSIONI

Nel territorio lombardo sono numerose le realtà simili a quella oggetto del presente studio. Solo nella provincia di Milano i laghetti di pesca sportiva risultano più di 30. Sarebbe necessario sensibilizzare le istituzioni e intraprendere una campagna di monitoraggio per conoscerne le condizioni di contaminazione e quindi di possibile esposizione umana.

Nel laghetto esaminato la presenza di amianto nelle trote dichiarate pre-semina e il ridotto tempo di permanenza delle stesse nelle acque della cava suggeriscono una contaminazione avvenuta all'ori-

gine, ossia nell'impianto di trocoltura. Tuttavia la ricostruzione del canale commerciale non è semplice, in quanto l'azienda d'origine potrebbe produrre direttamente le trote o rifornirsi da altri impianti del settore.

Il nostro studio ha inoltre accertato che le stesse aziende che forniscono i laghetti di pesca sportiva riforniscono anche i supermercati. In caso di contaminazioni da amianto all'origine, gli esposti potrebbero comprendere anche fasce più ampie di popolazione.

Per accertare la provenienza delle trote contaminate dal "materiale estraneo" amianto è necessaria un'indagine a vasto raggio dato che gli impianti di trocoltura possibili fornitori possono essere dislocati in un ampio territorio che coinvolge diverse regioni.

La 'soglia di effetto' di 150 mg di amianto non è risultata raggiungibile con il consumo di normali quantitativi di trote e altri pesci considerati nel presente lavoro. Tuttavia, anche altri alimenti e le acque destinate al consumo umano indiretto potrebbero aumentare la dose di amianto complessivamente ingerita dall'uomo. A causa del basso costo del materiale, l'amianto viene prevalentemente utilizzato in polvere per adulterare il cibo, soprattutto nei paesi in via di sviluppo come l'India: qui esistono prove che la polvere di amianto mescolata con talco sia utilizzata per risciacquare il riso, al fine di renderlo più attraente per il consumatore (27). La globalizzazione ha causato l'intensificazione degli scambi commerciali e la velocizzazione della circolazione delle merci, con la conseguenza che alimenti prodotti nei paesi emergenti, poco sensibili al problema amianto, potrebbero arrivare sulle nostre tavole.

Per quanto riguarda la presenza di amianto nell'acqua potabile l'analisi della letteratura consente di affermare che si tratta di un problema che richiede attenzione, ma che non deve essere percepito come un rischio di danno incombente per la salute pubblica (10).

Le campagne di monitoraggio condotte finora sono state limitate, tuttavia i risultati giustificano attenzione. Di recente in Piemonte e Toscana sono stati riscontrati valori rispettivamente di oltre 300.000 ff/L e di 700.000 ff/L (2, 3). Si tratta di concentrazioni inferiori al valore limite indicato ne-

gli USA dall'EPA (7 milioni ff/L), mentre in Italia non esiste alcuna soglia di riferimento.

In Italia sono stati stimati circa 80.000 km di tubature per l'acqua in cemento amianto. La Legge n. 257/92 ha vietato l'utilizzo del cemento-amianto per le nuove tubature e i cassoni dell'acqua potabile, senza prevedere l'obbligo di rimozione di quelli esistenti. L'aggressività dell'acqua può determinare il rilascio delle fibre di amianto dalle strutture.

Ad oggi non risulta che sia stato previsto un piano di monitoraggio per la ricerca di amianto nelle acque destinate al consumo umano, negli alimenti e mangimi, al fine di effettuare una valutazione accurata della possibile esposizione dell'uomo attraverso la via digerente. Un progetto specifico potrebbe costituire un apposito capitolo del Piano Nazionale Amianto.

GLI AUTORI NON HANNO DICHIARATO ALCUN POTENZIALE CONFLITTO DI INTERESSE IN RELAZIONE ALLE MATERIE TRATTATE NELL'ARTICOLO

BIBLIOGRAFIA

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Public Health Consultation: Potential Exposure to Asbestos in Clams – Port Heiden (Alaska); 2014. Disponibile online: https://www.atsdr.cdc.gov/HAC/pha/PotentialExposuretoAsbestos/Revisions%2020_20_2014Public%20Health%20Consultation%20Port%20Heiden%20Clams%20FN3%205_201.pdf (ultimo accesso il 02.05.2018)
2. ARPA Piemonte: rapporti di prova acque sotterranee deposito DP93 loc. Cascina Clara e Buona (AL); 2017. Disponibile online http://www.alessandrianews.it/documenti/file/6_RdP-piezometri-13-12-16-amianto.pdf (ultimo accesso 03.05.2018)
3. Autorità Idrica Toscana: risultati delle analisi per la ricerca di fibre di amianto - dati al 31 dicembre 2017. Disponibile online: <http://www.autoritaidrica.toscana.it/focus-sugli-acquedotti-in-amianto/monitoraggio-della-presenza-di-fibre-di-cemento-amianto-nell2019acqua-ad-uso-potabile/risultati-delle-analisi-per-la-ricerca-di-fibre-di-amianto-su-campioni-prelevati-fra-novembre-2014-e-agosto-2015/view> (ultimo accesso 03.05.2018)
4. Batterman AR, Cook PM: Determination of Mineral Fiber Concentrations in Fish Tissues. *Can J Fish Aquat Sci* 1981; 38: 952-959
5. Belanger SE, Cherry DS, Cairns J Jr: Uptake of Chrysotile Asbestos Fibers Alters Growth and Reproduction of Asiatic Clams. *Can J Fish Aquat Sci* 1985; 43: 43-52

6. Belanger SE, Cherry DS, Cairns J Jr: Seasonal, behavioral and growth changes of juvenile *Corbicula fluminea* exposed to chrysotile asbestos. *Pergamon Journals Ltd, Wat Res* 1986; 20: 1243-1250
7. Belanger SE, Schurr K, Allen DJ, Gohara AF: Effects of Chrysotile Asbestos on Coho Salmon and Green Sunfish: Evidence of Behavioral and Pathological Stress. *Environ Res* 1986; 39: 74-85
8. Belanger SE, Cherry DS, Cairns J Jr, McGuire MJ: Using Asiatic Clams as a Biomonitor for Chrysotile Asbestos in Public Water Supplies. *Journal AWWA Research and Technology* 1987; 69-74
9. Belanger SE, Cherry DS, Cairns J Jr: Functional and pathological impairment of Japanese Medaka (*Oryzias latipes*) by long-term asbestos exposure. *Aquat Toxicol* 1990; 17: 133-154
10. Bruni MA, Cerroni M, Comba L, et al. (Istituto Superiore Sanità), Tubazioni e amianto – La valutazione del rischio. *Ecoscienza* 2016; 6: 61-65
11. Cook PM, Olson GF: Ingested mineral fibers: elimination in human urine. *Science* 1979; 204: 195-198
12. Cook PM: Review of Published Studies on Gut Penetration by Ingested Asbestos Fibers. *Environ Health Perspect* 1983; 53: 121-130
13. Cunningham HM, Moodie CA, Lawrence GA, Pontefract RD: Chronic effects of ingested asbestos in rats. *Arch Environ Contam Toxicol* 1977; 6: 507-513
14. Di Ciaula A: Asbestos ingestion and gastrointestinal cancer: a possible underestimated hazard. *Expert Rev Gastroenterol Hepatol* 2017; 11:419-425
15. IARC. Monographs on Evaluation Carcinogenic Risks to Humans, Volume 100C. Arsenic, metals, fibres, and dusts. Asbestos (Chrysotile, Amosite, Crocidolite, Tremolite, Actinolite and Anthophyllite), 2012, Disponibile online: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100C-11.pdf> (ultimo accesso 09.01.2019)
16. INAIL, Quinto rapporto – Il Registro Nazionale dei Mesoteliomi, Edizioni 2015. Disponibile online: https://www.inail.it/cs/internet/docs/ucm_207055.pdf (ultimo accesso 02.05.2018)
17. Institute of Medicine of the National Academy of Science, Asbestos: Selected Cancers (2006). Disponibile online: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK20332/pdf/Bookshelf_NBK20332.pdf (ultimo accesso 09.01.2019)
18. Jacobs R, Humphrys J, Dodgson KS, Richards RJ: Light and electron microscope studies of the rat digestive tract following prolonged and short-term ingestion of chrysotile asbestos. *Br J Exp Path* 1978; 59: 443-453
19. Kobayashi H, Ming ZW, Watanabe H, Ohnishi Y: A quantitative study on the distribution of asbestos bodies in extrapulmonary organs. *Acta Pathol Jpn* 1987; 37: 375-383
20. Kohyama N, Suzuki Y: Analysis of asbestos fibers in lung parenchyma, pleural plaques, and mesothelioma tissues of North American insulation workers. *Ann N Y Ac Sci* 1991; 643: 27-52
21. Lauth J, Schurr K: Some effects of chrysotile asbestos on a planktonic algae (*Cryptomonas erosa*). *Micron* 1983; 14: 93-94
22. Lauth J, Schurr K: Entry of chrysotile asbestos fibers from water into the planktonic alga. *Cryptomonas erosa*. *Micron and Microscopica Acta* 1984; 15: 113-114
23. National Toxicology Programme, NTP Toxicology and Carcinogenesis Studies of Chrysotile Asbestos CAS No. 12001-29-5) in F344/N Rats (Feed Studies). *Tech Rep Ser* 1985; 295: 1-390
24. Pesatori AC: Esposizione occupazionale ad amianto e rischio di colangiocarcinoma: una nuova ipotesi dalla ricerca epidemiologica. *Med Lav* 2017; 108: 495
25. Pfister RM: Biocleansing with aquatic weeds: a means of removing asbestiform fibers from water. Ohio State University Water Resources Center 1980, Report no.712431
26. Regione Lombardia, Deliberazione Giunta Regionale 22 maggio 1998, n. 6/36262. Approvazione delle linee guida per la gestione del rischio amianto emanate dalla Regione Lombardia (pubblicata su Bollettino Uff. Reg. 3° Suppl. Straord. n° 25 del 25.06.1998). http://www.assoamianto.it/linee_guida_Lombardia.htm (ultimo accesso 13.11.2018)
27. Roy A, Khanra K, Bhattacharyya N: Asbestos: a potential food contaminant and associated safety risks to consumers. *J Sci* 2013; 3: 241-243
28. Sebastien P, Masse R, Bignon J: Recovery of ingested asbestos fibers from the gastrointestinal lymph in rats. *Environ Res* 1980; 22: 201-216
29. Stewart S, Schurr K: Effects of asbestos on *Artemia* survival. In Persoone G., Sorgeloos P., Roels O., Jaspers E. (Eds.): *The brine shrimp Artemia*. Volume I: Morphology, genetics, radiobiology, toxicology. Universa Press, Wetteren. Belgium 1980;1, 234-251
30. U.S. Environmental Protection Agency Region 8, CDM Federal Programs Corporation, Data Summary Report: Fish and Game Tissue Assessment Libby Asbestos Superfund Site Libby (Montana); 2013: 1-29. Disponibile online: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/libby-asbestos-ou4-response-action-qapp-rev4-4-2-2014.pdf> (ultimo accesso il 02.05.2018)
31. U.S. Environmental Protection Agency Region 8, SRC Inc. and CDM Federal Programs Corporation Site-wide Baseline Ecological Risk Assessment - Libby Asbestos Superfund Site Libby (Montana); 2014:1-422. Dispo-

nibile online: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/libby-asbestos-ou7-final-report-9-5-2014.pdf> (ultimo accesso il 02.05.2018)

32. West RL, Metsker HE: Asbestos investigations in fish and wildlife in the upper Yukon River Region (Alaska), US Fish and Wildlife Service – Anchorage (Alaska), (1977-1982). Disponibile on line: <https://catalog.data.gov/dataset/asbestos-investigations-in-fish-and-wildlife-in-the-upper-yukon-river-region-alaska-1977-1> (ultimo accesso il 02.05.2018)

gov/dataset/asbestos-investigations-in-fish-and-wildlife-in-the-upper-yukon-river-region-alaska-1977-1 (ultimo accesso il 02.05.2018)

33. Woodhead AD, Setlow RB, Pond V: The effects of chronic exposure to asbestos fibers in the Amazon molly *Poecilia Formosa*. *Environ Int* 1983; 9: 173-176

Si ringraziano per il contributo fornito allo svolgimento dell'indagine:

FABIO CALVISI¹, GIORGIO CICONALI², CLAUDIO MONACI³, DIEGO RIZZO⁴, ANNA SOMIGLIANA⁵, SONIA VITALITI¹

¹ ATS Milano Città Metropolitana, Laboratorio di Prevenzione

² ATS Milano Città Metropolitana, Dipartimento Prevenzione Medica

³ ATS Milano Città Metropolitana, Dipartimento Veterinario

⁴ Università degli Studi di Milano - Corso di laurea in Scienze e Sicurezza Chimico-Tossicologiche dell'Ambiente

⁵ ARPA Lombardia



5X10000

**Per la prevenzione della salute
e la tutela dei lavoratori**

C.F.: 80023950928

SIML