

Studio preliminare sulla valutazione indiretta delle fibre inorganiche respirabili aerodisperse in Valle di Susa (Piemonte - Alpi Occidentali)

ELENA BELLUSO (*), (1), (2), (3), DONATA BELLIS (3), (4), BIAGIO MARIA BRUNI (6), SILVANA CAPELLA (1), (3), SERGIO COVERLIZZA (4), GIOVANNI FERRARIS (1), (2), (3), ELISA FORNERO (3), (5), LUIGI PAOLETTI (6) & CATERINA RINAUDO (3), (5)

RIASSUNTO

Le rocce serpentinitiche delle Alpi Occidentali sono matrici di diversi minerali fibrosi tra cui gli amianti tremolite, actinolite e crisotilo.

Questi minerali sono continuamente aerodispersi e costituiscono una porzione del fondo ambientale respirabile la cui probabilità di determinare l'insorgenza di patologie è attualmente oggetto di studio.

Il fondo ambientale rappresentato dalla frazione minerale fibrosa respirabile (fmfr) può essere valutato su popolazioni animali definite «sistemi sentinella animali» (SSA), evitando così variabili confondenti legate alle attività umane, quali l'esposizione occupazionale o il pendolarismo lavorativo.

Nel presente lavoro sono riportati dati su varietà e quantità di fibre inorganiche rilevate nei polmoni di animali della Valle di Susa e della provincia di Asti, la prima considerata zona geologicamente a rischio amianto, la seconda utilizzata come controllo.

I campioni sono stati opportunamente preparati e successivamente esaminati in microscopia ottica (MO) per il conteggio dei corpi ferruginosi (Cf) ed in SEM-EDS per l'identificazione e quantificazione delle differenti specie inorganiche fibrose.

Nelle aree della Valle di Susa esaminate, il fondo ambientale di fmfr risulta principalmente rappresentato da fibre di asbesto tremolite e actinolite, da sorgente naturale, in quantità confrontabili con quelle riportate da DUMORTIER *et alii* (2002) relativamente all'area nord-orientale della Corsica disseminata di rocce serpentinitiche affioranti e contenenti amianti tremolite e crisotilo.

I dati dimostrano che l'indagine sulla presenza di fmfr presenti nel tessuto polmonare di SSA può fornire indicazioni sul «fondo ambientale» locale in funzione delle caratteristiche topografiche, geologiche ed antropiche della zona.

Attualmente sono in corso prove sperimentali di rilevazione di fibre inorganiche presenti in tessuti polmonari tramite spettroscopia micro-Raman.

TERMINI CHIAVE: *Fibre inorganiche respirabili, asbesti, animali sentinella, fondo ambientale.*

ABSTRACT

Preliminary study on indirect assessment of airborne breathable inorganic fibres in Susa Valley (Piedmont Region - Western Alps).

The presence of asbestos in serpentinite rocks of the Western Alps has been known for a century. Further investigations have

revealed the presence of nine fibrous minerals, besides the asbestos tremolite, actinolite and chrysotile, some of them in high amount.

All these fibres are carried away over a long distance both by the wind and by human activities. Mineral fibres are therefore a constant component of environmental background; the potential effects on human health of this kind of exposition, generally at low dose, are currently investigated.

The assessment of the breathable fibrous minerals fraction (bfmf) can be done on animals called «animal sentinel system» (SSA) as an alternative to humans. Animal studies are free from some of the factors that blur the evidence (such as occupational risk factors and lifestyle) and yield information about environmental exposure only.

This study concerns the assessment of bmf in lungs of cattle from the Susa Valley, an area of the Piedmont Region (NW Italy) underlain by rocks bearing asbestos tremolite, actinolite and chrysotile. The data are compared with that of lungs of cattle from the Asti province, an area free of serpentinite, and therefore chosen as control case.

Samples have been suitably prepared and then examined by optical microscopy (OM) to detect ferruginous bodies (Fb) and by Scanning Electron Microscopy (SEM) with annexed Energy Dispersive Spectrometer (EDS) to identify and quantify inorganic fibres.

OM data show that Fb are present in both animal groups, but are more frequent in the one from Asti. The presence of inorganic fibres (mainly silicates) has been detected by SEM-EDS throughout the samples from the Susa Valley, as against only a few from Asti.

The set of data, though small, makes it clear that the Susa Valley samples mainly contain fibres from natural sources (tremolite and actinolite). Similar quantities of tremolite asbestos were met in NE Corsica (DUMORTIER *et alii*, 2002), an area with extensive outcrop of serpentinite bearing asbestos tremolite and chrysotile.

Our results show that bmf assessment in lung tissues of SSA can give information about the local environmental background (itself dependent on topographic, geological, climatic and anthropic characteristics). This method also highlights the geology dependent difference of mineralogical burden in geologically different areas. The two techniques provide useful information, both for health and environmental investigations.

Research aimed at identifying inorganic fibres in lungs by micro-Raman spectroscopy is currently under way.

KEY WORDS: *Breathable inorganic fibres, asbestos, sentinel animals, environmental background.*

INTRODUZIONE

La presenza di amianti nelle rocce serpentinitiche delle Alpi Occidentali, anche in arricchimenti o mineralizzazioni, è scientificamente nota da oltre un secolo. Il giacimento di crisotilo nel comune di Balangero (bassa Valle di Lanzo), per esempio, è stato scoperto nel 1908 e coltivato senza interruzioni dal 1918 al 1990. Alcune mineralizzazioni di amianto presenti nelle Valli di Lanzo, di Susa, d'Aosta sono invece state oggetto di saggi o solo occasionalmente sfruttate. La scoperta, nello stesso territorio di Balangero, dei due minerali asbestiformi carlosturanite (COMPAGNONI *et alii*, 1985) e balangeroite (COMPAGNONI *et alii*, 1983) ha dato

(*) Dipartimento di Scienze Mineralogiche e Petrologiche - Università degli Studi di Torino, via Valperga Caluso n. 35, 10125 Torino, elena.belluso@unito.it

(1) Dipartimento di Scienze Mineralogiche e Petrologiche - Università degli Studi di Torino.

(2) CNR Istituto di Geoscienze e Georisorse - Sezione di Torino.

(3) Centro Interdipartimentale per lo Studio degli Amianti e di altri Particolati Nocivi «G. Scansetti» - Università degli Studi di Torino.

(4) Servizio di Anatomia, Istologia Patologica e Citodiagnostica - ASL4 - Torino Nord Emergenza San Giovanni Bosco.

(5) Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Vita - Università del Piemonte Orientale - Alessandria.

(6) Istituto Superiore di Sanità - Roma.

l'avvio ad ulteriori indagini dalle quali è risultato che nelle rocce serpentinitiche affioranti sono diffusamente presenti 12 diversi minerali fibrosi, alcuni dei quali anche in elevate quantità. In ordine di frequenza decrescente essi sono: crisotilo (e serpentino poligonale), antigorite, tremolite (e actinolite), carlosturanite, balangeroite, diopside, sepiolite, olivina, brugnatellite, brucite (BELLUSO *et alii*, 1994). Tutti questi minerali sono continuamente aerodispersi poiché le rocce che li contengono subiscono un continuo disfacimento (disgregazione e alterazione fisico-meccanica, chimica e biologica) a causa sia di agenti naturali sia di eventi antropici (per esempio scavi per opere stradali). Analoghi destini hanno gli amianti utilizzati industrialmente e contenuti in manufatti tuttora in uso e diffusi sul territorio (PAOLETTI *et alii*, 1987). Le fibre minerali costituiscono quindi una normale componente del fondo ambientale. Per ogni area esiste una composizione del fondo ambientale che è funzione delle caratteristiche geologiche, topografiche, climatiche, anemometriche e antropiche. In particolare il fondo ambientale locale della frazione minerale fibrosa aerodispersa può essere costituito da fibre contenute soltanto nelle rocce locali (fibre definibili da sorgente naturale) e/o da fibre non contenute nelle rocce dell'area, ma relative a manufatti in uso nella stessa area (fibre definibili da sorgente antropica). Altra complicazione deriva dal fatto che la frazione fibrosa, per le sue caratteristiche di aerodinamicità e in condizioni di opportuno regime anemometrico, può essere trasportata, prima di depositarsi, anche a grandi distanze dalla sorgente. In linea di principio è comunque verosimile ritenere che il fondo ambientale locale contenga in maggior quantità le fibre le cui sorgenti sono presenti nell'area ed in minor quantità (se non assenti) quelle fibre le cui sorgenti si trovano in altre aree, limitrofe o anche distanti.

Comunque non tutte le fibre aerodisperse hanno caratteristiche di respirabilità, secondo i criteri previsti dall'OMS e recepiti dalla normativa italiana (D.Lgs. 277/1991). La possibilità che l'esposizione continua della popolazione cosiddetta generale alle dosi presenti nel fondo ambientale (definibili basse) della frazione respirabile sia di minerali fibrosi in generale, sia di amianti in particolare (frazione minerale fibrosa respirabile: fmfr), possa determinare l'insorgenza di patologie, è allo studio soltanto da pochi anni. Gli effetti sulla salute umana sono, infatti, di difficile interpretazione per la presenza di numerose variabili quali, per esempio, l'abitudine al fumo di sigaretta, la predisposizione individuale e lo stato di salute generale dell'individuo (BROWNE & WAGNER, 2001).

In anni recenti si è riscontrato che l'identificazione ed il monitoraggio di un'ampia varietà di inquinanti ambientali pericolosi per la salute umana può essere effettuata tramite indagini su popolazioni animali definite «sistemi sentinella animali» (SSA) (VAN DER SHALIE *et alii*, 1999; BELLIS *et alii*, 2005). Lo studio di tessuti polmonari di animali di allevamenti stanziali può consentire la valutazione del fondo ambientale locale della fmfr e quindi il carico mineralogico fibroso tipico di esposizioni a basse concentrazioni di minerali aerodispersi (caratteristico di ambienti «naturali») (BELLIS *et alii*, 2005).

Per quanto riguarda l'esposizione a fibre minerali contenute nel fondo ambientale (esposizione di tipo ambientale naturale), in letteratura è riportato solamente uno studio effettuato su capre della Corsica (DUMORTIER *et alii*, 2005). Più numerose sono invece le indagini relative ad esposizioni ambientali antropiche quali il riscontro dell'anomalo aumento del tasso di mesoteliomi nella popolazione umana di

determinate aree. Rientrano in questo ambito i casi della Cappadocia (Turchia) e di Biancavilla (Sicilia) dove la popolazione residente è stata soggetta ad esposizione continuativa di fibre minerali, rispettivamente erionite ed anfiboli fibrosi non classificati amianto. L'origine dell'aerodispersione delle fibre è sia ad attività antropiche quali estrazione ed utilizzo del materiale inorganico per l'edilizia locale, costruzione di edifici, sistemazione di fondi stradali e campi da gioco, sia a fenomeni naturali quale il vento che hanno mobilizzato le fibre presenti nei suoli (PAOLETTI *et alii*, 2000; DERBYSHIRE *et alii*, 2005).

Il presente studio riguarda un'indagine su presenza e tipologie di fibre inorganiche respirate, presenti in tessuto polmonare di animali allevati in Valle di Susa. Questa zona è definibile geologicamente a rischio amianto e fibre minerali in quanto in essa sono presenti rocce serpentinitiche contenenti gli amianti tremolite, actinolite e crisotilo e vari altri minerali fibrosi (BELLUSO *et alii*, 1994). La Valle di Susa è inoltre una zona intensamente antropizzata e, particolarmente nella parte bassa, sono abbondanti e diffusi i manufatti contenenti gli amianti crisotilo, crocidolite e grunerite d'amianto (gli ultimi 2 non contenuti nelle rocce dell'area e pertanto definibili da sorgente antropica).

La quantificazione delle diverse specie fibrose, benché attualmente basata su un ridotto numero di campioni, ha permesso di effettuare una prima valutazione della locale fmfr.

Da ricordare che in Italia, in seguito al recepimento della direttiva CE 18/2003, a partire da aprile del 2006 il nome degli amianti di anfibolo, esclusa la crocidolite, deve essere modificato in: antofillite d'amianto, actinolite d'amianto, tremolite d'amianto, grunerite d'amianto. La stessa direttiva indica inoltre che per gli asbesti è necessaria una nuova definizione mineralogica e a questo proposito la comunità mineralogica auspica di essere ufficialmente coinvolta da parte degli organi preposti.

MATERIALI E METODI

Sono stati reperiti 20 campioni di tessuto polmonare di bovini allevati in Valle di Susa e parallelamente 12 campioni di tessuto polmonare di bovini allevati in provincia di Asti, questi ultimi utilizzati come gruppo di controllo in quanto vissuti in un'area geologicamente definibile non a rischio amianto.

I campioni sono stati preparati per le indagini sia in microscopia ottica (MO), sia in microscopia elettronica in scansione (SEM) con annesso microanalizzatore in spettrometria di dispersione di energia (EDS). Secondo la procedura descritta in BELLUSO *et alii* (2006), i campioni sono stati digeriti chimicamente. Per le osservazioni in MO, il materiale digerito è stato filtrato su membrane di esteri di cellulosa con porosità di 3 µm e successivamente i filtri sono stati fatti aderire su vetrini portaoggetti. L'intera membrana è stata esaminata a 400 ingrandimenti per rilevare l'eventuale presenza di corpi ferruginosi (Cf). L'esposizione a minerali fibrosi, tra cui gli asbesti, prima ancora di provocare danni tessutali determina, principalmente nel polmone, la formazione di Cf (fibre minerali ricoperte da ferro e materiale proteico) che rappresentano un valido indicatore biologico di esposizione *l.s.*. In base a precise caratteristiche chimico-morfologiche, i Cf possono essere distinti in due tipi: corpuscoli tipici dell'asbesto (CdA) se il core è un asbesto; pseudocorpuscoli

TABELLA 1

Concentrazione di fibre inorganiche nei polmoni dei bovini di alta e bassa Valle di Susa, identificate mediante SEM-EDS, classificate secondo la direttiva CE 18/2003 e raggruppate in cinque tipologie. AVS: Alta Valle di Susa; BVS: bassa Valle di Susa; ff/gps: fibre per grammo di tessuto polmonare secco; in corsivo le specie asbesto.
 – *Inorganic fibres concentration in cow lungs from high and low Susa Valley, as identified by SEM-EDS, classified in accordance with EC directive CE 18/2003 and grouped in five tipologies; asbestos minerals in italics.*

campione	<i>grunerite d'asbesto – crocidolite</i> (ff/gps)	<i>tremolite d'asbesto – actinolite d'asbesto</i> (ff/gps)	<i>crisotilo</i> (ff/gps)	<i>crisotilo/antigorite</i> (ff/gps)	fibre non asbesto (ff/gps)
VS34 AVS	0	12580	46286	0	62900
VS36 AVS	0	0	0	20967	41934
VS39 AVS	0	50320	0	0	25160
VS40 AVS	0	0	0	0	41934
VS45 AVS	0	62900	0	0	167733
VS58 AVS	0	6040	0	0	39240
VS62 AVS	0	0	0	0	16778
VS64 AVS	0	12580	0	0	201280
VS65 AVS	0	0	0	0	37740
VS66 AVS	0	0	0	0	18875
VS67 AVS	0	0	0	0	15725
Totale	0	144420	46286	20967	669299
VS01 BVS	0	1756	0	1756	26337
VS02 BVS	0	9321	0	0	37284
VS08 BVS	28929	5876	0	11571	0
VS11 BVS	0	15100	0	7550	37750
VS14 BVS	0	83040	0	5190	15570
VS15 BVS	15725	125800	0	15725	110075
VS21 BVS	0	271800	0	0	151000
VS22 BVS	0	21571	0	4314	73342
VS72 BVS	0	16200	0	0	27000
Totale	44654	550464	0	46106	478358

(PCdA) se il core è un'altra specie mineralogica, anche non fibrosa (CHURG & WARNOCK, 1981).

Per le indagini al SEM-EDS, la sospensione del materiale digerito è stata filtrata su membrane di esteri di cellulosa con porosità di 0,45 µm le quali sono state fatte aderire su portacampioni in alluminio (stub) e successivamente metallizzate a C. Sono state identificate e conteggiate le particelle inorganiche rilevate aventi rapporto lunghezza/diametro ≥ 3, osservando 800 campi microscopici a 2000 ingrandimenti.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Le osservazioni in MO hanno mostrato che i Cf sono presenti in entrambi i gruppi di campioni, ma sono più frequenti nei campioni prelevati in provincia di Asti, costituenti i campioni di controllo (50% contro 20%).

Dall'esame in SEM-EDS è risultato che le particelle inorganiche fibrose sono prevalentemente silicatiche; esse sono presenti in quasi tutti i campioni di tessuto polmonare di bovini provenienti dalla Valle di Susa (in 19 su 20) e meno frequenti in quelli di controllo (in 7 su 12). Poiché crisotilo ed antigorite fibrosa non sempre sono univocamente identificabili mediante SEM-EDS (tranne nei casi di morfologia flessuosa pertinente soltanto al crisotilo), le fibre aventi composizione chimica riferibile alla famiglia del serpentino sono state classificate come gruppo a parte crisotilo/antigorite.

In Valle di Susa le specie fibrose silicatiche più frequenti e abbondanti sono, in ordine decrescente, tremolite e actinolite d'amianto e quelle del gruppo crisotilo/antigorite.

Nei campioni di tessuto polmonare dei bovini della Valle di Susa, area con frequenti ed abbondanti affiora-

TABELLA 2

Concentrazione di fibre inorganiche nei polmoni dei bovini di controllo di Asti, identificate mediante SEM-EDS. ff/gps: fibre per grammo di tessuto polmonare secco; in corsivo le specie asbesto.
 – *Inorganic fibres concentration in control cow lungs from Asti, as identified by SEM-EDS. ff/gps: fibres per dried lung tissue gram; asbestos minerals in italics.*

campione	<i>tremolite d'asbesto</i> (ff/gps)	fibre non asbesto (ff/gps)
1	0	3390
2	2857	0
3	0	2740
4	0	0
5	0	5334
6	0	0
7	0	0
8	0	3571
9	0	0
10	0	4348

menti di serpentiniti contenenti minerali fibrosi (BELLUSO *et alii*, 1994), la concentrazione di fibre di asbesto da sorgente naturale (tremolite ed actinolite) è nettamente superiore alla concentrazione degli stessi minerali rilevata nei campioni della popolazione di bovini di controllo di Asti (tabb. 1 e 2). Nei campioni della Bassa Valle di Susa (BVS) la concentrazione totale di fibre è nettamente supe-

TABELLA 3

– Confronto tra le concentrazioni medie (e range in parentesi quadra) di fibre di asbesto da sorgente naturale negli animali della Valle di Susa (tremolite ed actinolite), della Corsica (tremolite: DUMORTIER *et alii*, 2002) e di Asti (tremolite).
 – Comparison between the average concentrations (with ranges in brackets) of asbestos fibres from natural source in animals from Susa Valley (tremolite and actinolite), Corsica (tremolite: DUMORTIER *et alii*, 2002) and Asti (tremolite).

	Alta Valle di Susa (10 ⁶ ff/gps)	Bassa Valle di Susa (10 ⁶ ff/gps)	Corsica (10 ⁶ ff/gps)	Asti (10 ⁶ ff/gps)
<i>Tremolite d'asbesto</i>	0,007 [0-0,06]	0,05 [0-0,3]	0,04 [0-0,15]	0,0003
<i>Tremolite d'asbesto – actinolite d'asbesto</i>	0,01 [0-0,06]	0,06 [0,002-0,3]		

riore che in quelli dell'Alta Valle di Susa (AVS); essa è rappresentata da fibre non asbesto e da fibre di amianto da sorgente naturale in quantità quasi 10 volte superiore alle fibre di asbesto da sorgente antropica.

Dal confronto tra le concentrazioni medie e i range di fibre di asbesto da sorgente naturale negli animali di AVS e BVS, della Corsica (DUMORTIER *et alii*, 2005) e di Asti (tab. 3), risulta evidente che: *a*) anche in aree in cui non sono presenti litologie contenenti tremolite d'amianto questa specie può essere presente, ma in quantità estremamente basse e verosimilmente aerotrasportata da sorgenti lontane; *b*) la concentrazione media delle fibre di tremolite negli animali dell'AVS è più bassa (0,007 10⁶ ff/gps) di quella negli animali della Corsica (0,04 10⁶ ff/gps); *c*) i range di tali concentrazioni negli animali dell'AVS (0-0,06 × 10⁶ ff/gps) sono nettamente più bassi di quelli negli animali della Corsica (0-0,15 10⁶ ff/gps); *d*) la concentrazione media di tremolite negli animali della BVS (0,05 10⁶ ff/gps) risulta simile a quella negli animali della Corsica (0,04 10⁶ ff/gps).

Benché sulla base di un ridotto numero di campioni, risulta comunque evidente che in Valle di Susa fibre di varia natura costituiscono un normale fondo ambientale, rappresentato in netta prevalenza da fibre di asbesto da sorgente naturale (tremolite e actinolite d'asbesto), verosimilmente aerodisperse dalle rocce serpentinitiche affioranti. Fibre da sorgente antropica (grunerite d'asbesto e crocidolite) non risultano ubiquitarie, bensì limitate all'area maggiormente antropizzata corrispondente alla BVS. In BVS risultano nettamente più abbondanti le fibre definibili da sorgente naturale rispetto a quelle da sorgente antropica, mentre in AVS queste ultime sono assenti. Molto abbondanti sia in AVS sia in BVS sono le fibre non classificate asbesto.

CONCLUSIONI

I dati ottenuti dimostrano che l'indagine sulla presenza di fibre inorganiche respirate, presenti nel tessuto polmonare di SSA (in questo caso della Valle di Susa) può fornire indicazioni sul «fondo ambientale», cioè sul livello medio della fmf presente nell'atmosfera di determinate aree, in funzione delle caratteristiche topografiche, geologiche, climatiche, anemometriche ed antropiche delle aree stesse. Il metodo proposto, infatti, nel caso specifico, ha permesso di rivelare una differenza nel carico delle fibre di amianto nei polmoni; esso è risultato basso nella popolazione animale che vive in un'area geologicamente non a

rischio amianto (Asti) e alto in una popolazione animale vivente in un ambiente a rischio ambientale naturale da amianto (Valle di Susa).

In base alle diverse specie fibrose che si rinvenivano è anche possibile distinguere tra fondo ambientale contenente fibre da sorgente naturale e da sorgente antropica, ovviamente avendo conoscenza delle litologie presenti nell'area in esame, non dimenticando tuttavia che la presenza di alcune fibre non è distintiva delle due provenienze (per esempio nel caso del crisotilo che, nelle aree esaminate, può essere aerodisperso sia da rocce serpentinitiche sia da manufatti contenenti amianto).

Inoltre l'utilizzo degli SSA permette di escludere alcune variabili (quali per esempio l'esposizione occupazionale occulta o il pendolarismo lavorativo che possono alterare il dato sull'esposizione) e di fornire quindi dati relativi esclusivamente all'esposizione ambientale.

Lo studio effettuato ha confermato che l'utilizzo della MO per la rilevazione ed il conteggio dei Cf è un metodo relativamente facile, veloce e poco costoso. L'individuazione dei Cf è stata sino ad ora considerata un efficace indicatore di esposizione ad amianto, ma è ora accertato che i Cf si formano non solo intorno alle fibre di asbesto, ma possono ricoprire qualunque tipo di fibra inorganica, quali per esempio quelle di biossido di titanio (LAURIA *et alii*, 2005) e pertanto è necessario poter identificare la natura del nucleo dei Cf o quella delle fibre presenti. Tuttavia, tra i metodi definibili routinari, solamente il SEM-EDS (dato il suo elevato potere risolutivo e la possibilità di ottenere elevati ingrandimenti) permette di rilevare anche fibre non ricoperte, di larghezza sub-micrometrica (che per lo più non sono visibili al MO), di misurarne le dimensioni e di identificarne la natura mineralogica. È importante sottolineare che la quantità dei Cf rilevata in MO non è correlabile alla concentrazione delle diverse specie fibrose inorganiche rilevate al SEM-EDS nello stesso campione. Le indagini mediante MO e SEM-EDS sopra descritte si devono quindi considerare complementari in quanto in grado di fornire diversi tipi di informazioni, utili per indagini sia sanitarie, sia ambientali.

Attualmente sono in corso prove sperimentali di rilevazione di fibre inorganiche presenti in tessuti polmonari tramite spettroscopia micro-Raman.

RINGRAZIAMENTI

Lo studio presentato è stato finanziato con fondi PRIN 2004 e dell'Assessorato all'Ambiente della Regione Piemonte.

BIBLIOGRAFIA

- BELLIS D., BELLUSO E., CAPELLA S., COVERLIZZA S., FERRARIS G., GRAZIANO E., COLZANI A., GOBETTO M., CURTI P.C. & DEMATEIS A. (2005) - *Dati preliminari sul carico mineralogico nei polmoni di differenti specie animali per la mappatura delle aree a rischio ambientale da amianto*. Il progresso veterinario, anno LX, **1**, 9-15.
- BELLUSO E., BELLIS D., FORNERO E., CAPELLA S., FERRARIS G. & COVERLIZZA S. (2006) - *Assessment of inorganic fibre burden in biological samples by SEM-EDS*. Microchimica Acta, **155**, 95-100; DOI 10.1007/s00604-006-0524-y.
- BELLUSO E., COMPAGNONI R. & FERRARIS G. (1994) - *Occurrence of asbestiform minerals in the serpentinites of the Piemonte Zone, Western Alps*. In: Politecnico di Torino Ed. Giornata di studio in ricordo del prof. Stefano Zucchetti, 57-66, Torino.
- BROWNE K. & WAGNER J.C. (2001) - *Environmental exposure to amphibole asbestos and mesotelioma*. In: The health effects of chrysotile asbestos. Contribution of science to risk-management decision., Can. Mineral. Spec. Publ., **5**, 21-28.
- CHURG A.M. & WARNOCK M.L. (1981) - *Asbestos and other ferruginous bodies*. A.J.P., **102**, 447-456.
- COMPAGNONI R., FERRARIS G. & FIORA L. (1983) - *Balangeroite, a new fibrous silicate related to gageite from Balangero, Italy*. Amer. Mineral., **68**, 214-219.
- COMPAGNONI R., FERRARIS G. & MELLINI M. (1985) - *Carlosturanite, a new asbestiform rock-forming silicate from Val Varaita, Italy*. Amer. Mineral., **70**, 767-772.
- DERBYSHIRE E. (2005) - *Natural aerosolic mineral dusts and human health*. In: Essentials of Medical Geology, Impacts of the Natural Environment on Public Health, 459-480. Elsevier, Burlington, USA.
- DUMORTIER P., REY F., VIALLAT J.R., BROUCKE I., BOUTIN C. & DE VUYST P. (2002) - *Chrysotile and tremolite asbestos fibres in the lungs and parietal pleura of Corsican goats*. Occupational and Environmental Medicine, **59**, 643-646.
- PAOLETTI L., BATISTI D., BRUNO C., DI PAOLA M., GIANFAGNA A., MASTRANTONIO M., NESTI M. & COMBA P. (2000) - *Unusually high incidence of malignant pleural mesotelioma in a town of eastern Sicily: an epidemiological and environmental study*. Archives Environ. Health, **55**, 392-398.
- PAOLETTI L., BATISTI D., CAIAZZA S., PETRELLI M.G., TAGGI F., DEZORZI L., DINA M.A. & DONELLI G. (1987) - *Mineral particles in the lungs of subjects resident in the Rome area and not occupationally exposed to mineral dust*. Environ. Res., **44**, 18-28.
- VAN DER SHALIE W.H., GARDNER H.S., BANTLE J.A., DE ROSA C.T., FINCH R.A., REIF J.S., REUTER R.H., BACKER L.C., BURGER J., FOLMAR L.C. & STOKES W.S. (1999) - *Animals as Sentinel of Human Health Hazards of Environmental Chemicals*. Environmental Health Perspectives, **107** (4), 309-315.

Manoscritto pervenuto il 15 Maggio 2006; testo approvato per la stampa il 13 Luglio 2006; ultime bozze restituite il 13 Ottobre 2006.

