

*Dott. PhD Antonio Mignosa*

*Proprietà dell'amianto presente in un materiale utilizzato negli impianti  
industriali della provincia di Siracusa.*

(estratto tesi di dottorato di ricerca 2005-2008)

## *Introduzione*

La presente tesi si inquadra all'interno dell'attività prevista dalla Legge 257/92 e succ. mod. che prevede il riconoscimento dei benefici previdenziali per esposizione professionale ad amianto a quei lavoratori che ne hanno fatto motivata richiesta, assegnando all'INAIL il compito di valutare e certificare l'esistenza del rischio specifico.

L'attività di riconoscimento del rischio professionale amianto avviene per quei lavoratori esposti ad una concentrazione annuale superiore a 0,1 fibre/cc come valore medio su otto ore giornaliere; nell'ambito di tale attività svolta dal sottoscritto come Geologo della Direzione Regionale INAIL Sicilia, è stata affiancata la presente ricerca ricostruendo dal punto di vista storico l'utilizzo passato di amianto negli impianti e nelle varie attività lavorative ed effettuando quindi indagini chimico-fisiche su campioni di materiale utilizzato contenente asbesto riproducendone le condizioni di esercizio, permettendo quindi di approfondire le problematiche presenti in un sito complesso come il polo Petrolchimico in provincia di Siracusa, uno dei più importanti Poli industriali d'Europa.

L'area industriale di Priolo-Augusta (Siracusa) insieme a quella di Gela (Caltanissetta) e Milazzo (Messina) è stata dichiarata dalla legislazione nazionale e regionale "area ad elevato rischio di crisi ambientale" in conformità alla legge 349 del 8/7/86; nel 1998 quest'area è stata anche inclusa tra i siti del programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale.



Nell'area di Priolo-Augusta si è osservato un eccesso di patologie tumorali sia negli uomini che nelle donne; l'analisi delle singole sedi tumorali ha mostrato negli uomini, una maggiore occorrenza di tumore del colon, del polmone e della pleura.

Tra le patologie non tumorali sono stati osservati, sia negli uomini che nelle donne, eccessi di ricoveri per malattie cardiovascolari e per malattie respiratorie; per le malattie respiratorie acute l'eccesso è evidente anche nella mortalità.

E' verosimile che gli eccessi di mortalità e morbosità osservati siano attribuibili ad esposizioni professionali ed ambientali legate ai numerosi impianti industriali ed al conseguente inquinamento delle matrici ambientali.

La tematica dei benefici previdenziali per i lavoratori esposti ad amianto è quindi particolarmente sentita considerando i numerosi risvolti sociali che essa comporta e le controversie legali con talvolta conseguenti ripercussioni penali; a tal proposito si ricorda che la Legge 257/92 prevede che ai fini del conseguimento delle prestazioni pensionistiche, i periodi di lavoro, soggetti all'assicurazione obbligatoria contro le malattie professionali derivanti dall'esposizione all'amianto gestita dall'INAIL quando supera i 10 anni, sono moltiplicati per il coefficiente 1,5 (dal 2003 il bonus, dimezzato, non vale più per il prepensionamento ma solo per la rivalutazione dell'assegno mensile).

L'accertamento del rischio e quindi la "verifica tecnica dei periodi di esposizione all'amianto di ogni singolo lavoratore che ne faccia motivata richiesta" è affidata all'INAIL ed in particolare ai geologi dell'INAIL; esso avviene attraverso l'analisi delle lavorazioni svolte per mansione e reparto, la caratterizzazione dei materiali contenenti amianto presenti nel ciclo produttivo e nell'ambiente di lavoro, la determinazione infine dell'eventuale esposizione sulla scorta delle notizie raccolte e della bibliografia di merito con l'ausilio talvolta di linee di indirizzo ministeriali.

A tale valutazione, supportata per le innumerevoli richieste nella provincia di Siracusa da una Task Force con Ispettorato del Lavoro e Prefettura, è stata affiancata quindi la presente ricerca scientifica che ha permesso la ricostruzione storica e il censimento dell'impiego di amianto negli impianti petrolchimici di Priolo e Augusta e nei Cantieri nautici di Augusta, la riproduzione in laboratorio delle temperature di esercizio di un materiale contenente amianto reperito da una Ditta di manutenzione dell'indotto oggi cessata, le osservazioni e le analisi chimico-mineralogiche al variare della temperatura mediante microscopia SEM e Diffrattometria a raggi X e la determinazione delle caratteristiche meccaniche tramite prove a trazione ricavando informazioni anche sulla capacità di rilascio fibre mediante prove a strappo in armonia con la norma UNI 10608.

L'indagine si è concentrata su campioni di telo in amianto largamente utilizzato e manipolato presso i cantieri nautici e gli impianti petrolchimici nelle operazioni di trattamento termico delle saldature, quale coibente avvolgendo prevalentemente tubazioni e come strumento di protezione antiscintilla.

## *Inquadramento dell'area*

Il territorio di Augusta-Priolo insiste su un'area costiera a morfologia pianeggiante ed ospita rilevanti insediamenti industriali; l'area, dichiarata ad "elevato rischio di crisi ambientale", comprende i seguenti comuni della provincia di Siracusa: Augusta, Priolo Gargallo, Melilli, Siracusa, Floridia e Solarino.

La cartografia tecnica ufficiale sia tematica che di base risulta oscurata in tutte le aree interessate dagli insediamenti petrolchimici per legittime ragioni di privacy industriale e a tutela di obiettivi strategici; è stato possibile tuttavia individuare con dettaglio e precisione l'intera zona industriale tramite il programma Google Earth gratuitamente usufruibile in rete.

Gli impianti petrolchimici oggi presenti sono la Raffineria Esso Italiana, la Sasol Italy S.p.a., la Syndial S.p.a., Erg Med Impianti Nord (ex Agip Petroli), Polimeri Europa, Erg Med Impianti Sud; oltre alla produzione dei prodotti chimici di base e alla raffinazione di petrolio greggio, nell'area incidono anche i cantieri nautici di Augusta, stabilimenti produttivi di cemento, di ossido di magnesio, attività estrattive, officine metalmeccaniche, discariche di rifiuti pericolosi e la fabbrica Eternit di Siracusa attiva fino al 1992.



L'analisi ambientale riportata nel "Piano di disinquinamento per il risanamento del territorio della Provincia di Siracusa – Sicilia Orientale", già evidenziava nel 1995, per quanto attiene lo stato dei suoli dell'area industriale di Augusta-Priolo, la presenza di tre discariche autorizzate di rifiuti all'interno dei siti industriali e di cinque siti potenzialmente contaminati. Sono inoltre presenti aree adibite all'estrazione non regolamentata di inerti, che finiscono spesso per divenire zone di deposito incontrollato di rifiuti e di progressivo dissesto idrogeologico localizzato.

Per quanto concerne le acque sotterranee, secondo quanto riportato nel piano, si evidenziava un elevato tenore di cloruri, soprattutto nelle aree costiere, riconducibile ad intrusione del cuneo salino, conseguente all'abbassamento della falda provocato dall'eccesso di prelievo per scopi industriali ed irrigui. La permeabilità dei terreni superficiali avrebbe inoltre favorito fenomeni di inquinamento localizzato della falda soprattutto in corrispondenza delle aree abitate, dei terreni agricoli sottoposti a fertilizzazione e trattamento con pesticidi, e degli allevamenti zootecnici. I corpi idrici superficiali presentano fenomeni di inquinamento di natura organica e, in corrispondenza della foce dove sono insediati gli stabilimenti industriali, fenomeni di inquinamento da parte di sostanze chimiche.

I principali fenomeni di inquinamento dell'ambiente marino si riscontrano nella rada di Augusta e nel contiguo seno di Priolo. Nella rada di Augusta i principali fenomeni di degrado sono l'inquinamento da petrolio, l'inquinamento termico e l'eutrofizzazione; si evidenzia inoltre una contaminazione dei sedimenti da metalli pesanti e da idrocarburi.

L'area di Augusta-Priolo sin dall'inizio degli anni '80 è stata oggetto di indagini sull'inquinamento ambientale, cui sono seguiti, fin dai primi anni '90, studi sui possibili effetti sulla salute della popolazione. La prima indagine epidemiologica a carattere generale risale al 1997, a cura dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), in risposta ad una richiesta del Ministero dell'Ambiente di una valutazione dello stato di salute delle popolazioni residenti nelle aree ad elevato rischio di crisi ambientale in Italia.

Nell'area di Augusta-Priolo si è osservato un eccesso di patologie tumorali sia negli uomini che nelle donne. I dati di mortalità e morbosità sono concordi nell'indicare che tale eccesso è legato in modo particolare ad un aumento del tumore del colon retto, del polmone e della pleura negli uomini; è probabile tuttavia un ruolo di esposizioni in ambito lavorativo per l'eccesso di tumori rilevato prevalentemente negli uomini, considerando la presenza di numerosi impianti industriali.

Fra i fattori di rischio occupazionali incidono l'esposizione ad asbesto, a fuliggine, agli olii minerali e a gas di combustione.

In particolare gli eccessi osservati per tumore del polmone e della pleura possono trovare spiegazione nella esposizione ad amianto in ambito lavorativo ed extra lavorativo; diversi studi hanno dimostrato un aumento di tumori polmonari e mesoteliomi tra i lavoratori addetti alle industrie del cemento-amianto e tra i lavoratori delle raffinerie.

Più complesso è l'esame della letteratura riguardo allo stato di salute di popolazioni residenti in prossimità di impianti industriali o in zone contaminate.

In una rassegna degli studi caso-controllo condotti tra il 1980 ed il 1997 sul rischio di tumore associato alla residenza in prossimità di siti industriali, Benedetti *et al.* riportano un aumento dei casi

di tumore polmonare nei residenti in prossimità di aree industriali complesse; per quanto riguarda il mesotelioma pleurico, sono numerose le evidenze sugli effetti della contaminazione da amianto sulla popolazione.

Le patologie non neoplastiche dell'apparato respiratorio costituiscono un importante effetto avverso delle esposizioni ambientali. Molti studi hanno valutato l'associazione tra esposizione cronica ad inquinanti e malattie o sintomi respiratori o funzione polmonare. Uno studio longitudinale recente ha riscontrato una diminuita crescita dei volumi polmonari per l'effetto della esposizione cronica a polveri ed a NO<sub>2</sub>. Sono stati associati in modo più frequente con l'inquinamento ambientale i segni di bronchite, come la tosse e il catarro cronico, mentre più controversi sono i risultati per quanto riguarda l'asma bronchiale; è chiaro tuttavia il ruolo degli inquinanti ambientali nelle riacutizzazioni asmatiche in pazienti affetti dalla malattia, specie in età pediatrica. Sono numerosi gli studi che hanno associato gli inquinanti ambientali con un aumento della mortalità e dei ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie acute. Alla luce di tali evidenze deve essere interpretato l'aumento nelle malattie respiratorie acute osservato nell'area.

Il riscontro di un aumento delle persone ricoverate per patologia renale nella popolazione dell'area di Augusta-Priolo è un dato che non era stato riscontrato in precedenza. Come nel caso della patologia neoplastica del polmone, l'esposizione in ambiente di lavoro può giocare un ruolo importante: sostanze nefrotossiche, in particolare metalli pesanti (arsenico, nickel, cromo e mercurio), sono di frequente riscontro in diversi processi lavorativi e possono entrare in gioco nella genesi delle malattie renali. D'altra parte, sono stati rilevati eccessi di mortalità e di morbosità per malattie renali in popolazioni che vivono in vicinanza di complessi industriali e anche in questo caso non si può escludere un ruolo della contaminazione ambientale.

## *Amianto: generalità*

Col termine amianto o asbesto (la prima dizione è maggiormente utilizzata nei paesi di lingua neolatina e dell'Europa meridionale, mentre la seconda nei paesi dell'Europa settentrionale e del nord America) vengono indicati numerosi silicati naturali fibrosi.

I due vocaboli derivano entrambi dal greco: amianto – incorruttibile, asbesto - inestinguibile.

In natura i silicati fibrosi sono numerosi, molti minerali della famiglia degli anfiboli, costituita da circa 40 membri, si presentano infatti in forma fibrosa. Sulla base della predetta definizione, gli amianti dovrebbero essere più numerosi di quanto l'igiene industriale ne prenda in realtà in considerazione; ai fini igienico-sanitari però col termine amianto si indicano solo sei silicati fibrosi di magnesio in associazione o meno ad altri cationi (calcio, ferro, sodio).

La normativa dei vari paesi industrializzati, quella italiana inclusa, considera amianto esclusivamente i silicati fibrosi indicati nella tabella sottostante. La terza colonna riporta il nome con cui è noto comunemente il silicato, nell'ultima è invece riportato il numero del Chemical Abstracts Service (CAS), il numero con cui viene assicurata la completa identificazione delle sostanze chimiche; nel caso specifico, trattandosi di sostanze naturali, la formula chimica riportata è da considerarsi una di quelle possibili.

Il crisotilo, che in greco significa fibra d'oro, viene normalmente chiamato “amianto di serpentino”; gli altri cinque termini “amianti” di anfibolo (dal latino amphibolus - ambiguo).

Le principali caratteristiche tecnologiche degli amianti sono la resistenza alla trazione, alla corrosione ed al fuoco; la flessibilità e la filabilità sono ottime nel crisotilo e buone nella crocidolite, scarse invece in tutti gli altri minerali d'anfibolo.

Nella tabella che segue vengono riportate le formule chimiche ed alcune caratteristiche di base dei singoli minerali.

Gruppo	Minerale	Definizione	Formula	Colore	Durezza (Mhos)	Punto di fusione °C	Numero CAS
Serpentino	Crisotilo	Crisotilo	$Mg_3 Si_2O_5(OH)_4$	Verdastro, bianco, grigio	2,5 – 4	1520	12001-78-4
Anfibolo	Riebeckite	Crocidolite	$Na_2(Mg,Fe)_6Si_8O_{22}(OH)_2$	Blu	5 – 6	1190	12001-78-4
Anfibolo	Grunerite	Amosite	$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$	Bruno-giallo, grigiastro	5,5 – 6	1400	12172-73-5
Anfibolo	Antofillite	Antofillite	$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$	Giallastro, verdastro, bianco	5,5 – 6	1470	77536-67-5
Anfibolo	Tremolite	Tremolite	$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$	Grigio, verdastro, giallastro	5,5 – 6	1360	77536-68-6
Anfibolo	Actinolite	Actinolite	$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	Verdastro	6	1390	77536-66-4

Le caratteristiche dell'amianto ed il basso costo di lavorazione ne hanno favorito l'impiego in numerosi campi e in oltre 3000 prodotti differenti. L'amianto è stato utilizzato massicciamente nell'industria, nell'edilizia e nei trasporti.

Nell'industria ha trovato impiego:

- come materia prima per produrre molti manufatti e oggetti;
- come isolante termico negli impianti (es. centrali termiche e termoelettriche, industria chimica, siderurgica, vetraria, ceramica e laterizi, alimentare, distillerie, zuccherifici, fonderie);
- come isolante termico negli impianti a bassa temperatura (es. impianti frigoriferi, impianti di condizionamento);
- come isolante termico e barriera antifiamma nelle condotte per impianti elettrici;
- come materiale fonoassorbente



Nel campo edile è stato impiegato nelle centrali termiche o nei garage degli edifici (anche di civili abitazioni) come materiale spruzzato su travi metalliche o in cemento armato, sui soffitti, come componente delle coppelle che ricoprono le tubazioni che trasportano fluidi caldi dalle caldaie (es: acqua di riscaldamento), nelle coperture di edifici industriali o civili sotto forma di lastre ondulate o piane in cemento-amianto (eternit), alle pareti divisorie o nei pannelli in cemento-amianto dei soffitti di edifici prefabbricati (es: scuole e ospedali), nelle canne fumarie in cemento-amianto, nei serbatoi e nelle condotte in cemento-amianto per l'acqua, nei pavimenti in vinyl-amianto (linoleum). Anche nei trasporti è stato utilizzato l'asbesto per rivestire come materiale isolante treni, navi e autobus, nei freni e nelle frizioni, negli schermi parafiamma, nelle guarnizioni, nelle vernici e mastici "antirombo".

Anche in ambiente domestico era possibile trovare amianto in alcuni elettrodomestici di vecchia produzione tipo asciugacapelli, forni, stufe, ferri da stiro, nelle prese e guanti da forno e nei teli da stiro, nei cartoni posti a protezione di stufe, caldaie, termosifoni, tubi di evacuazione fumi.

In Italia la produzione e l'uso di manufatti in amianto cessarono in seguito all'entrata in vigore della Legge 257/92, a causa della conclamata pericolosità per la salute dell'uomo delle fibre aerodisperse. L'amianto rappresenta infatti un pericolo a causa delle fibre di cui è costituito e che possono essere inalate in occasione di una loro manipolazione/lavorazione o spontaneamente, come nel caso di materiali friabili, usurati o sottoposti a vibrazioni, correnti d'aria, urti, ecc.

L'esposizione a fibre di amianto è associata a malattie dell'apparato respiratorio (asbestosi, carcinoma polmonare) e delle membrane sierose, principalmente la pleura (mesoteliomi). Esse insorgono dopo molti anni dall'esposizione: da 10 - 15 per l'asbestosi ad anche 20 - 40 per il carcinoma polmonare ed il mesotelioma.

L'asbestosi è una patologia cronica, ed è quella che per prima è stata correlata all'inalazione di amianto; essa consiste in una fibrosi con ispessimento ed indurimento del tessuto polmonare con conseguente difficile scambio di ossigeno tra aria inspirata e sangue; si manifesta per esposizioni medio-alte ed è, quindi, tipicamente una malattia professionale che, attualmente, è sempre più rara.

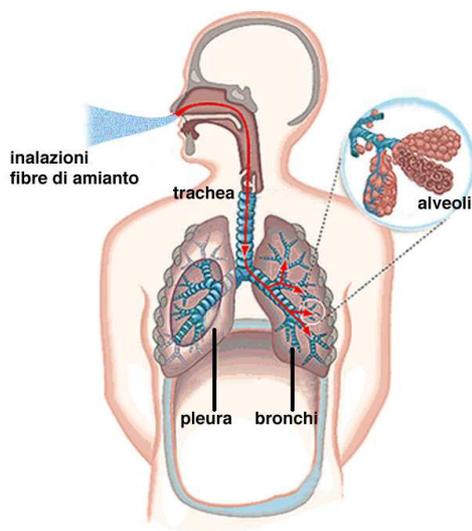
Il carcinoma polmonare si verifica anche per esposizioni a basse dosi; questa grave malattia è causata anche da: fumo di sigarette, cromo, nichel, materiali radioattivi, altri inquinanti ambientali (idrocarburi aromatici di provenienza industriale, derivati del catrame, gas di scarico dei motori); il fumo di sigarette potenzia enormemente l'effetto cancerogeno dell'amianto e quindi aumenta fortemente la probabilità di contrarre tale malattia.

Il mesotelioma è un tumore raro, della membrana di rivestimento del polmone (pleura) o dell'intestino (peritoneo), che è fortemente associato alla esposizione a fibre di amianto anche per basse dosi.

Sono state descritte, inoltre, patologie al tratto gastrointestinale e alla laringe per le quali l'associazione con l'asbesto è più debole e resta da stabilire in via definitiva una sicura dipendenza. Le esposizioni negli ambienti di vita, in generale, sono di molto inferiori a quelle professionali, pur tuttavia non sono da sottovalutare perchè l'effetto neoplastico non ha teoricamente valori di soglia.

La nuova Tabella delle malattie professionali D.M. 9 aprile 2008 nell'industria, di cui all'art. 3 del D.P.R. 1124/1965 e successive modificazioni ed integrazioni (ALL. N. 4 al D.P.R. 1124/1965) prevede oltre per che per l'Asbestosi, il riconoscimento e la conseguente indennizzabilità da parte dell'INAIL per le seguenti patologie da asbesto:

- a) placche e ispessimenti pleurici con o senza atelettasia rotonda
- b) mesotelioma pleurico
- c) mesotelioma pericardico
- d) mesotelioma peritoneale
- e) mesotelioma della tunica vaginale e del testicolo
- f) carcinoma polmonare.



Quando le fibre di amianto vengono inalate si attivano i nostri meccanismi endogeni di eliminazione, in primo luogo le cellule fagocitarie (i cosiddetti macrofagi) che tuttavia manifestano difficoltà ad inglobare fibre di lunghezza nettamente superiore alla propria.

In genere le particelle isometriche sono meno patogene delle fibre e fra queste quelle lunghe e sottili sono più patogene delle fibre corte; le fibre infatti devono avere dimensioni tali da essere inalabili

per raggiungere i polmoni e ivi depositarsi e persistere per un tempo sufficientemente lungo da esplicitare la loro azione patogena.

Secondo l'OMS infatti solo le fibre respirabili, particelle dotate di lunghezza  $> 5 \mu\text{m}$ , diametro  $< 3 \mu\text{m}$  e un rapporto lunghezza/diametro  $> 3:1$ , possono raggiungere i polmoni.

La pericolosità delle fibre è anche funzione della composizione chimica e della reattività di superficie legata ad esempio a ioni di metalli di transizione insaturi e sostanze adsorbite; la superficie delle fibre inoltre se fresca può presentare rischi maggiori rispetto a fibre che hanno subito un'esposizione prolungata ad agenti atmosferici.

La biodisponibilità è anch'essa un parametro che è funzione delle dimensioni della particella ed in particolare essa dipende dal diametro della fibra.

La concentrazione aerodispersa infine è anch'essa un elemento che riesce ad eludere i meccanismi di difesa dell'organismo, lasciando il campo all'insorgere delle malattie anche se una patologia neoplastica tipicamente legata ad esposizione ad amianto quale il mesotelioma pleurico, non è chiaramente dose correlata essendo attualmente impossibile definire la dose minima al di sopra della quale possa certamente insorgere il tumore.

## *Quadro normativo*

Quando la comunità scientifica accertò in modo conclusivo l'elevata pericolosità dell'impiego dell'amianto ed il potere cancerogeno diversamente evidente delle varie specie mineralogiche ad esso riferibili, erano percorribili in Italia due strade:

- 1) introdurre obblighi prevenzionali rigorosi che riducessero il rischio su livelli ritenuti accettabili;
- 2) vietare integralmente l'uso dell'amianto.

La legge 27 marzo 1992, n. 257 scelse la seconda strada, malgrado negli ultimi anni '80, le aziende che estraevano e utilizzavano l'amianto avessero talora raggiunto condizioni ambientali non disprezzabili.

Stabilito quindi di cessare l'estrazione, la produzione, la commercializzazione dell'amianto e dei manufatti che lo contengono, si pose il problema di predisporre misure a sostegno per i lavoratori ai quali questo provvedimento metteva in discussione le fonti di guadagno. Una delle misure individuate fu quella del pensionamento anticipato, concesso a coloro che fossero dipendenti da aziende del settore dell'amianto, impegnate in processi di ristrutturazione e riconversione (art. 13 della legge 257). Ai fini del prepensionamento i periodi di lavoro con esposizione all'amianto, se superiori ai 10 anni, erano moltiplicati per 1,5.

L'area di applicazione di questa provvidenza fu sensibilmente ampliata dalla legge 4 agosto 1993, n. 271, con la quale si eliminò ogni condizione di dipendenza da imprese con precise caratteristiche, per introdurre il principio che qualsiasi lavoratore, assicurato presso l'INAIL, che fosse stato comunque esposto all'amianto, potesse usufruirne.

Nasceva così la necessità di valutare le esposizioni mentre si palesava da subito evidente non essere possibile legare questo riconoscimento all'avvenuto pagamento del premio supplementare per l'assicurazione contro l'asbestosi da parte dei datori di lavoro che svolgevano lavorazioni comportanti il rischio di contrarre questa malattia (DPR 30 giugno 1965, n. 1124, art. 153); ciò per numerose ragioni, tra cui la principale quella che in passato i criteri di valutazione meno rigorosi potevano aver escluso quest'obbligo per lavoratori oggi considerati esposti. Ad essa andavano aggiunte la possibilità di imbattersi in casi di evasione, elusione o imposizione non dovuta e le difficoltà che potevano manifestarsi a livello organizzativo per discriminare il premio supplementare per asbestosi da quello per silicosi, che la norma sopra richiamata analogamente prevede.

Il Ministero del lavoro ha, per conseguenza, riconosciuto all'INAIL la capacità tecnica di decidere nel merito e, a seguito di ciò, fu predisposta una procedura che aveva lo scopo di pervenire all'emissione di certificazioni da parte delle Sedi territoriali dell'INAIL, che dovevano agire sulla

base degli elaborati tecnici preparati azienda per azienda, con la definizione delle esposizioni reparto per reparto, mansione per mansione, periodo per periodo.

Il fenomeno ha dunque assunto dimensioni di tutto rilievo, anche per le sue pesanti conseguenze economiche a carico dello stato. Ad esse vanno aggiunti costi ulteriori rappresentati dalla messa in circolazione di mano d'opera qualificata a spese dei disoccupati, specie giovani, ed il danno che le aziende ricevono nel momento in cui non possono più contare sui dipendenti meglio addestrati, con possibili cadute del livello tecnologico della produzione.

Per la valutazione dell'esposizione professionale, il Ministero del Lavoro ha quindi validato una nota tecnica del seguente tenore; le linee di condotta delle Consulenze Tecniche dell'INAIL (organismi composti da Geologi, Chimici, Ingegneri) in merito al problema della valutazione delle condizioni lavorative per l'applicazione a favore dei lavoratori delle disposizioni della Legge 271/93 sono riassumibili nel modo che segue: vengono raccolte tutte le documentazioni disponibili, che siano di fonte aziendale, sindacale, degli organi di controllo, dell'INAIL stesso, e così via, se ne esaminano i contenuti, si confrontano le eventuali discrepanze, si approfondisce nei casi necessari il livello di conoscenze e si determina un quadro il più possibile preciso della situazione dell'inquinamento da fibre, mansione per mansione, e tenendo conto dell'evoluzione della situazione ambientale e lavorativa nel corso del tempo.

Una volta disponibili tutte le conoscenze (ivi comprese quelle legate all'esecuzione di indagini mirate di igiene industriale), si procede al giudizio di valutazione tecnica, riconoscendo l'esposizione all'amianto per tutti i lavoratori che si vengono a trovare in una delle condizioni che seguono:

- a) abbiano svolto attività che comportano l'impiego di amianto come materia prima (estrazione dell'amianto; produzione di: manufatti in cemento-amianto; di freni e frizioni, di guarnizioni, di corde, di tessuti; posa in opera di coibentazioni per l'edilizia, per carrozze ferroviarie, per condotte di fluidi caldi, per caldaie; lavori di demolizione di coibentazioni nei settori edili ed industriali);
- b) abbiano svolto attività diverse da quanto sopra riportato, con esposizioni, anche saltuarie, all'amianto; sempre che si possa orientativamente ritenere che la concentrazione media annuale sia stata superiore a 0,1 fibre /cm<sup>3</sup> come valore medio su otto ore al giorno.

Questi criteri di giudizio sono sostanzialmente mutuati dai precetti contenuti nell'art. 24, comma 3 del D. Leg.vo 277/1991.

Questo modo di operare è svincolato, come già detto, dalla mera constatazione, di tipo amministrativo, dell'avvenuto o non avvenuto pagamento del premio supplementare ad opera del datore di lavoro.

Esso porta ad individuare, sulla base di sole considerazioni tecniche, per quali mansioni possa essere riconosciuto il diritto al beneficio previdenziale e per quali no, consentendo anche di delimitare nel tempo i periodi che comportano il beneficio da quelli che lo negano.

Il valore limite di 0,1 ff/cc o 100 ff/litro, considerato imprescindibile anche da sentenze della Cassazione Sezione Lavoro, è stato quindi fissato inequivocabilmente dall'art. 47 del decreto legge 269/03, convertito nella legge 326/03; in particolare, tale legge stabilisce che i benefici previdenziali *“sono concessi esclusivamente ai lavoratori che, per un periodo non inferiore a dieci anni, sono stati esposti all'amianto in concentrazione media annua non inferiore a 100 fibre/litro come valore medio su otto ore al giorno. I predetti limiti non si applicano ai lavoratori per i quali sia stata accertata una malattia professionale a causa dell'esposizione all'amianto, ai sensi del testo unico delle disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali, di cui al decreto del Presidente della Repubblica 30 giugno 1965, n. 1124.”*

## ***Insedimenti produttivi e presenza di amianto***

Gli ambiti lavorativi interessati dal fenomeno di esposizione professionale ad amianto nella provincia di Siracusa sono stati suddivisi, ai fini della ricerca del presente dottorato, in due grandi macroaree produttive: 1)Impianti del Polo petrolchimico di Priolo-Augusta, la cui attività è di produzione, trasformazione, stoccaggio e spedizione di prodotti petrolchimici; 2)Cantieristica navale di Augusta riguardanti invece prevalentemente la manutenzione e riparazione di mezzi navali.

L'accertamento del rischio di esposizione professionale ad amianto negli impianti industriali si è rivelato compito non facile a causa di dover determinare una concentrazione di fibre aerodisperse in ambienti e tempi passati; le valutazioni tecniche eseguite hanno tenuto conto di numerosi fattori tutti incidenti in maniera significativa quali notizie bibliografiche, ricostruzioni storiche sindacali ed aziendali sulle lavorazioni comportanti l'utilizzo di amianto, linee di indirizzo ministeriali, il tutto coordinato dalla Prefettura di Siracusa tramite una Task Force con Ispettorato del Lavoro e associazioni datoriali e sindacali.

I benefici previdenziali hanno quindi interessato i lavoratori che espletavano mansioni di coibentatori-scoibentatori e tutte le figure professionali impegnate in attività di manutenzione meccanica ed elettro-strumentale quale meccanici, saldatori, tubisti, motoristi, elettricisti.

Infatti l'adibizione diretta ad operazioni comportanti la manipolazione di manufatti contenenti amianto è avvenuta in particolar modo negli interventi di manutenzione ordinaria tramite rimozione di teli e trecce di amianto e guarnizioni o nell'applicazione di teli in amianto crisotilo nelle operazioni di saldatura; stesso discorso vale per la manutenzione di interruttori di motori a bassa e media tensione, componenti di apparecchiature e per la rimozione di teli e trecce su piping di vario diametro.

Si evidenziano le difficoltà intrinseche incontrate legate al reperimento di informazioni riguardanti lavorazioni svolte negli anni '60, '70 e '80, al fatto che molte ditte sono nel frattempo cessate o fallite e pertanto irreperibili, ai diversi cambi societari e cessazioni di rami d'azienda degli stabilimenti, alla normativa vigente che vietando l'uso di amianto ha fatto sì che esso sia stato smaltito, sostituito o incapsulato e agli aspetti delicati relativi a numerosi contenziosi e procedimenti anche di natura penale legati all'uso indiscriminato di asbesto e privo di protezione per i lavoratori che si è fatto nel passato.

Verranno di seguito illustrati gli impianti e i cicli produttivi degli stabilimenti afferenti alle due macroaree, indicando l'eventuale presenza e impiego di materiali contenenti amianto nonchè la loro funzione, così come emerso dalle indagini effettuate per la presente ricerca e dai pareri della Con.T.A.R.P. regionale dell'INAIL.

## IMPIANTI PETROLCHIMICI

### RAFFINERIA ESSO ITALIANA S.R.L.

L'amianto è stato utilizzato come materiale coibente sin dalla costruzione del primo nucleo di impianti della raffineria, avvenuta nel 1949. Lavori di bonifica dei manufatti contenenti amianto sono stati effettuati dal 1992; per quanto concerne strettamente gli impianti è stato rilevato quanto riportato nella seguente tabella.

IMPIANTO	AMIANTO	
	PRESENZA	PERIODO
FCCU (Complex A)	NON ACCERTATA	
VPS 2 (Complex A)	NON ACCERTATA	
SWS (Complex A)	NON ACCERTATA	
HF 1 (Complex A)	NO	
TOPPING 1	MOLTO PROBABILE	da inizio a fine esercizio (1950-Anni '60)
TOPPING 2	MOLTO PROBABILE	da inizio a fine esercizio (1950-Anni '60)
TOPPING 3	MOLTO PROBABILE	da inizio a fine esercizio (1950-Anni '60)
TOPPING 4 (Complex B)	ACCERTATA	da inizio esercizio
TOPPING 5 (Complex B)	ACCERTATA	da inizio esercizio
SULPHUR 1 (Complex B)	NON ACCERTATA	
SULPHUR 2 (Complex B)	NO	
ALKY (Complex C)	NON ACCERTATA	
PP SPLITTER (Complex C)	NO	
REFORMING 1	MOLTO PROBABILE	da inizio a fine esercizio (Anni '50-'60)
REFORMING 2	MOLTO PROBABILE	da inizio a fine esercizio (1954-Anni '60)
REFORMING 3	ACCERTATA	da inizio a fine esercizio (1956-1989)
REFORMING 4 (Complex D)	ACCERTATA	da inizio esercizio
REFORMING 5 (Complex D)	NO	

PSU (Complex D)	NO	
CTE	ACCERTATA	da inizio esercizio
VPS 1 (LUBE 1)	ACCERTATA	da inizio esercizio
DAU 1 (LUBE 1)	ACCERTATA	da inizio esercizio
EFU 1 (LUBE 1)	ACCERTATA	da inizio esercizio
PDU (LUBE 1)	ACCERTATA	da inizio esercizio
EFU (LUBE 2)	NON ACCERTATA	
DAU2 (LUBE 2)	NON ACCERTATA	
MEK (LUBE 2)	NON ACCERTATA	
O.M. & B.	ACCERTATA	da inizio esercizio
BIOX	NON ACCERTATA	
AVIO	NON ACCERTATA	
ESP	NO	
TGCU	NO	

Alcuni di questi impianti sono stati demoliti, ma ancora oggi ve ne sono diversi caratterizzati dalla presenza di amianto come coibente.

L'amianto veniva utilizzato nelle linee di processo di varie dimensioni, in scambiatori di calore, ricevitori, colonne. Inoltre, esso era impiegato fino agli inizi degli anni '90 nelle trecce e nelle guarnizioni di tenuta dei vari componenti di impianti ad alta temperatura.

Oltre che nei suddetti impianti il minerale era presente anche nel parco stoccaggio e movimentazione (area O.M. & B.), in alcune tubazioni per trasferimento e stoccaggio prodotti e vettoriamento vapore, interessanti tutta l'area della raffineria.

Alle suindicate zone vanno aggiunte anche le cooling towers (torri di raffreddamento), indicate nei documenti aziendali con la sigla CTW, in cui l'amianto si rinviene fino ad oggi nelle canalette delle celle.

Oggi, a seguito delle demolizioni e smantellamenti avvenuti in raffineria e dei lavori di bonifica effettuati a partire dal 1992, l'amianto è presente come componente di impianti in esercizio in Topping 4 e 5, Reforming 4, Lube 1 e CTE, nonchè nelle suindicate linee di O.M. & B. Le parti di tubazioni caratterizzate attualmente dalla presenza della sostanza nociva sono isolate per mezzo di un lamierino esterno di rivestimento.

Inoltre, l'amianto è stato utilizzato come parte costitutiva di ambienti o strutture, in particolare nelle

coperture o tettoie in varie aree della raffineria, come rilevato in:

- FCCU (Complesso A);
- Alky, Butamer, PPS (Complesso C);
- Reforming 3;
- Lube 1 e 2;
- CTE;
- Warehouse e Shipping (Magazzini).

Venivano, infine, utilizzati indumenti protettivi (tute, scarponi e guanti) in amianto per la protezione dal calore in occasione di interventi, operazioni e manovre su zone di impianti ad alta temperatura.

### **SASOL ITALY S.P.A**

Per ciò che concerne l'amianto, esso è stato utilizzato nello stabilimento di Augusta sin dall'inizio dell'attività avvenuta nel 1970; l'amianto si poteva riscontrare nei materiali indicati nella seguente tabella.

<b>PRESENZA DI AMIANTO</b>	<b>PERIODO DI IMPIEGO</b>	
1. Tubazioni calde di piccolo diametro diffuse in vari punti degli impianti di produzione e servizi.	Dal 1971	al Maggio 2003
2. Coibente, in ciclo chiuso, nell'impianto produzione azoto	DAL 1975	a tutt'oggi
3. Copertura dei fabbricati di stabilimento	Dal 1971	al Giugno 2000
4. Trecce e fogli per guarnizioni di impianti di produzione e servizi	Dal 1971	al Dicembre 1989
5. Guanti di protezione termica a disposizione del personale di manutenzione, Antincendio e Fuochisti di impianti di produzione e servizi	Dal 1971	al Dicembre 1985
6. Teli di protezione antiscintille in utilizzo alla manutenzione	Dal 1971	al Dicembre 1982
7. Tute di avvicinamento al fuoco in utilizzo al rep. Antincendio	Dal 1971	al Dicembre 1982
8. Protezione lance vapore in utilizzo in impianti di produzione e servizi	Dal 1971	al Dicembre 1987

Per quanto concerne specificatamente la presenza di amianto in parti costitutive di impianti, a seguito dei censimenti effettuati a partire dal 1999 nello stabilimento di Augusta, è stata accertata la presenza del minerale fibroso nelle aree/linee di produzione indicati nella successiva tabella.

AREA/LINEA PRODUZIONE	IMPIANTO	UBICAZIONE AMIANTO	NUM. PUNTI	DATA RIMOZIONE
PARAFFINE	ISOSIV 1 E BIS	rack, valvole, forni, colonne, coibentazioni, pompe, ecc...	68	antecedente al 2001
	ISOSIV 2	rack centrale, rack, pompe, valvole, colonne, forni, ecc...	1905	giugno 2002
	ISOSIV 4	rack centrale, rack, forni, colonne, motori elettrici, motopompe, ecc..	966	giugno 2002
OLEFINE	PACOL 1/2	stazioni condensini, stazione tracciamento, tracciamenti, rack centrale, forni, ecc..	96	dal 06.07.01 al maggio 2002
	PACOL 4/5	livelli fondo colonne, linee riscaldamento, forni, rack, pompe, ecc...	460	dal 21.09.01 all'aprile 2002
ALCOLI	OXO	linee primarie e varie, di scarico condense e di dreno, linee di aspirazione e mandata pompe, prese manometriche, tracciamenti, valvole di intercetto, di aspirazione e dreno, stazioni condense, valvole, motopompe, forni, colonne, zona reattori, ecc....	1236	dal 12.06.01 al maggio 2002
STOCCAGGIO		tubazioni di serbatoi, ecc.....	386	giugno 2002
SERVIZI AUSILIARI		serbatoi, caldaie, interruttori di potenza di cabine elettriche, interno involucro cold box (impianto produzione azoto)	266	luglio 2002
IMPIANTO PILOTA		presso batteria Pacol 2	30	maggio 2002
LABORATORIO		locale condizionatori	70	aprile 2003

Riguardo ai quantitativi di amianto rimosso in occasione delle bonifiche su parti di impianti eseguite nello stabilimento di Augusta, si riporta la seguente tabella di sintesi:

TIPOLOGIA AMIANTO	QUANTITATIVO AMIANTO (tonnellate)	ANNO RIMOZIONE
materiale contenente amianto in magazzino (imballaggi nuovi)	5,5	1996
materiale isolante contenente amianto (trecce coibenti)	0,4	1998
materiale isolante contenente amianto (trecce coibenti)	16,64	1999

materiale isolante contenente amianto (treccie coibenti)	18,09	2000
materiale isolante contenente amianto (treccie coibenti)	1,42	2001
materiale isolante contenente amianto (treccie coibenti)	4,86	2002
materiale isolante contenente amianto (treccie coibenti)	0,12	2003

Come evidenziato, è stato utilizzato amianto per la realizzazione di parti di ambienti o strutture, in particolare nelle coperture o tettoie in eternit in varie aree dello stabilimento, il cui smantellamento è iniziato nel 1998. Relativamente a questa tipologia di manufatti, in occasione del censimento effettuato nel 1998 dalla CONDEA AUGUSTA è stata appurata la presenza di cemento amianto negli ambienti indicati nella successiva tabella. In essa vengono riportati anche i quantitativi di materiale da costruzione contenente amianto rimosso:

IMPIANTO/AREA	QUANTITATIVI ETERNIT RIMOSI		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• SALA CONTROLLO ISOSIV 1-1 BIS</li> <li>• SALA COMPRESSORE ISOSIV 1</li> <li>• SALA COMPRESSORE ISOSIV 1 BIS</li> <li>• CABINE ELETTRICA N. 6</li> <li>• SERVIZIO SANITARIO</li> <li>• PALAZZINA PRODUZIONE</li> <li>• LABORATORIO</li> <li>• CABINA 1</li> <li>• SALA COMPRESSORI SERVIZI 1</li> <li>• MAGAZZINO MATERIE PRIME AREA 8</li> <li>• MAGAZZINI RICERCA</li> <li>• SALA CONTROLLO PACOL HF OLEX</li> <li>• SALA COMPRESSORI PACOL HF</li> <li>• SOTTOSTAZIONE CABINA 7</li> <li>• SALA CONTROLLO OXO</li> <li>• MAGAZZINO DISMISSIONE AREA 9</li> <li>• PUNTO APPOGGIO DITTE (CICLAT)</li> <li>• MOTOPOMPA ANTINCENDIO LATO NORD</li> <li>• CABINA QUADRI COMBUSTORE TERMICO</li> <li>• PALAZZINA PERSONALE E MENSA</li> <li>• SPACCIO</li> <li>• ZONA DEPOSITO BOMBOLE</li> <li>• LOCALE ADIAC. ZONA DEPOSITO BOMBOLE</li> <li>• MOTOPOMPA LATO SUD</li> <li>• PONTILE UFFICI EX FINANZA</li> </ul>	4,94 tonnellate  anno 1998	122,32 tonnellate  anno 1999	82,82 tonnellate  anno 2000

Venivano, infine, utilizzati indumenti protettivi (guanti) in amianto per la protezione dal calore in occasione di interventi, operazioni e manovre su zone di impianti ad alta temperatura da parte di manutentori, addetti antincendio o operatori di impianti di produzione e servizi, nonché altri manufatti in amianto in dotazione al personale di manutenzione (teli di protezione antiscintille in occasione di lavori a fuoco) o al personale antincendio (tute di avvicinamento al fuoco) o ancora utilizzati in impianti di produzione e servizi (protezione lance vapore).

### **SYNDIAL S.P.A.**

Lo stabilimento industriale è nato con l'insediamento della società SINCAT S.p.A. a metà degli anni '50; gradualmente all'epoca si sono anche insediati la Celene S.p.A. e la Augusta Petrolchimica S.p.A., incorporati successivamente dalla SINCAT.

Dal 01/11/1972 la SINCAT fu incorporata dalla Montedison S.p.A., che rimase l'unica società all'epoca presente nel sito industriale; dal 15/12/1976 si insediò anche la società ICAM (Impresa Congiunta Anic Montedison) che, acquisito il suolo ed iniziò la costruzione dell'impianto per la produzione di etilene.

Dalla Montedison, per cessioni di ramo d'azienda, si sono costituite le seguenti società appartenenti al medesimo gruppo industriale: la Montedipe S.p.A. come "azienda petrolchimica", la Fertimont S.p.A. come "azienda fertilizzanti" divenuta poi dal 01/06/1986 Agrimont S.p.A.

La società Montedipe S.p.A. in data 17/03/1983 conferì il ramo d'azienda di parte di prodotti petrolchimici di base, cosiddetti "polimeri", al gruppo ENI, in particolare alla società Riveda S.r.l. poi incorporata nella EniChem Polimeri in data 01/01/1985; quest'ultima fu poi conferita alla Enichem Base S.p.A. il 01/10/1986, così come avvenne in pari data anche per la Società ICAM. La Società EniChem Base S.p.A. fu incorporata nella EniChem Anic S.p.A. (sempre del gruppo ENI) dal 01/11/1987.

La Montedipe S.p.A. in data 01/01/1985 conferì il ramo d'azienda "raffineria petrolifera e produzione aromatici" alla Società SELM S.p.A., anch'essa di proprietà del gruppo Montedison. Con la costituzione della joint venture paritetica tra ENI e Montedison, denominata Enimont, a far data dal 01/07/1989 e fino al 26/11/1990 la proprietà degli impianti del sito di Priolo è appartenuta a società il cui capitale azionario è stato totalmente detenuto dal Gruppo Enimont.

Con decorrenza 27/11/1990 e per effetto dello scioglimento della Enimont S.p.A., gli impianti del sito di Priolo sono stati integralmente acquisiti da società del gruppo ENI.

In particolare, per quanto riguarda i mutamenti societari succedutesi nel tempo nel sito di Priolo, si evidenzia che:

- in data 02.06.1989 la Montedipe S.p.A. conferì il ramo di azienda chimica alla Montedipe S.r.l.;
- in data 28/05/1991 la Montedipe S.r.l. cambiò denominazione sociale in ECP EniChem Polimeri S.r.l., comparto chimico del gruppo ENI;
- in data 01/11/1991 l'Agrimont S.p.A. fu incorporata in EniChem Agricoltura S.p.A., poi divenuta in data 01/12/1994 Agricoltura S.p.A., posta in Liquidazione dal 22/12/1994 ed infine in data 01/12/2001 incorporata in EniChem S.p.A.;
- in data 01/08/1993 l'ECP EniChem Polimeri S.r.l. venne incorporata in Enichem S.p.A.;
- in data 01/08/1993 l'EniChem S.p.A. incorporò inoltre anche l'EniChem Anic S.r.l., proprietaria del ramo d'azienda "aromatici" conferito all'EniChem Anic S.r.l. in data 01/03/1993 dalla Società SELM S.p.A.

Dal 1995 in avanti l' EniChem S.p.A. ha ceduto i seguenti rami d'azienda: "polimeri", "servizi tecnici" ed "etilene ed aromatici" alla Polimeri Europa S.r.l., "poliuretani" alla Dow Poliuretani Italia S.r.l.. Va inoltre evidenziato che la EniChem in data 01/05/2003 ha cambiato la denominazione sociale in Syndial S.p.A. - Attività Diversificate e che la stessa, oltre alla proprietà degli impianti attualmente in produzione, esclusi quelli alienati per cessione di ramo d'azienda citati in precedenza, è stata proprietaria in passato dei seguenti impianti/reparti, da tempo integralmente bonificati e parzialmente demoliti, anche a seguito dell'acquisizione della ex Agricoltura S.p.A.; in particolare:

- il reparto AC19 "produzione acetaldeide", fermato nel Dicembre 2000, attualmente in attesa di essere demolito;
- il reparto AM10 "produzione acrilonitrile", impianto già fermo (1983/84) all'atto dell'acquisizione, demolito nell'anno 1996.

Tutti gli impianti di proprietà della ex società Agricoltura S.p.A., eccezion fatta per il reparto AM 21 " produzione urea", definitivamente inattivo dal 1983 e demolito nel 1999, hanno cessato l'attività produttiva nel 1992 e sono stati demoliti nel corso degli anni 1995/2000.

Gli impianti e i cespiti relativi ai reparti SG25 e SG26 sono stati ceduti alla società ME.IN. Megara Intermodale S.r.l. nel 1998.

Relativamente all'amianto, esso veniva utilizzato fino al 1992 quale guanti protettivi, guarnizioni di accoppiamenti flangiati su linee e apparecchiature, coibentazioni, teli e coperture in eternit.

Successivamente al 1992 non è più stato acquistato materiale contenente amianto e che, da tale data, è iniziato un processo graduale di bonifica e di rimozione dei manufatti in cui era presente la sostanza nociva.

Specificatamente alla presenza di amianto in parti costitutive di impianti, a seguito dei censimenti effettuati dalla direzione aziendale è stata accertata la presenza del minerale fibroso nelle aree/linee di produzione indicati nella successiva tabella.

Area o Linea di Produzione	Impianto	Tipologia, Ubicazione, Quantità Amianto	Anno Cens.	Anno Rimoz.
CLS	CS 5	coibente in tubazione freon presso capannone liquefazione cloro (15 mq)	2003	non rimosso
		coibente in locale liquefazione cloro (125 mq)	2004	non rimosso
	NON PRECISATO	coibente in linea aerea esterna (250 mq)	2003	non rimosso
CCA	CS 7 Na	rivestimenti isolanti di tubi e caldaie dell'impianto concentraz. Soda presso capannone impianto	1997	2002
		coibente in linea vapore (3 mq)	2003	non rimosso
		coibente in stacco vapore da D135 (2,5 mq)	2003	non rimosso
		treccia in linea vapore (15 m)	2003	non rimosso
		tessuto per treccia e guarnizioni in camino caldaia	2003	non rimosso
	CS 7 K	coibente in tratti di tubazione 5 ATE (2 mq)	2003	non rimosso
		treccia presso serbatoio D35 e su valvola SV (7 m)	2003	non rimosso
	CS 7	coibente su tubazioni ed apparecchiature (111 mc)	1997	2001-2002
	NON PRECISATO	tubazione vapore 5 ATE DN 80 (40 m)	1997	2001-2003
		tubazione vapore 18 ATE DN 150 (100 m)	1997	2001-2003
		tubazione dowtherm DN 125 (300 m)	1997	2001-2003
ADC	AC 19	treccia (10 m)	2003	non rimosso
	NON PRECISATO	coibente in linea di ritorno condense (16 mq)	2003	non rimosso
PO		tubazione di linea vapore 5 ATE DN 200 (80 m)	2003	non rimosso
		tubazione di linea vapore 5 ATE DN 200 (150 m)	1996	2003
		tubazione di linea vapore 18 ATE DN 100 (200 m)	1996	2003
		tubazione di linea recupero condense DN 150 (200 m)	1996	1999-2003

		coibente tubazione di linea condensa da officina meccanica a cabina K3 (50 mq)	2003	non rimosso
		coibente tubazione di linee aeree strada 21 e interno impianto (1450 mq)	2003	non rimosso
		coibente tubazione di linea recupero condensa E618 al piano primo (1,5 mq)	2003	non rimosso
		cuscini al piano terra (n. 6)	2003	non rimosso
		treccia al piano primo (30 m)	2003	non rimosso
		pannelli in torri di raffreddamento (2000 mq)	2004	non rimosso
ALTRE LINEE AEREE DI INTERCONNESSIONE		coibente in linee strada A (680 mq)	2003	non rimosso
		coibente in linee strada B (150 mq)	2003	non rimosso
		coibente in linee vapore 5 ATE strada 3-strada F (460 mq)	2003	non rimosso
		coibente in linee strada 4 presso SA11/2 compressore idrogeno (2 mq)	2003	non rimosso
		coibente in linee vapore 5 ATE strada 5 (950 mq)	2003	non rimosso
		coibente in linee vapore 5 ATE esterne a CS3 (250 mq)	2003	non rimosso
		residui coibentazione area di stoccaggio provvisorio ex OXO	2003	2004
		treccia in apparecchiatura presso strada A (20 m)	2003	non rimosso
		cuscini in stacchi linee vapore presso strada A (n. 6)	2003	non rimosso
SERVIZI	OFFICINA MECCANICA CLA/AC19	trecce e guarnizioni	2003	non rimosso
	OFFICINA MECCANICA 3	coibente in canale di condizionamento (15 mq)	2003	non rimosso
	SG2 LABORATOR.	coibentazione in palazzina servizi generali al piano interrato (8 mq)	2003	non rimosso
		pannello in locale ex laboratorio (0,2 mq)	2003	non rimosso
	SG5 MAGAZZINO CENTRALE	Guarnizioni	2003	non rimosso
	MENSA	coibente in centrale termica zona ovest locale (40 mq)	2003	2004
	PALAZZINA DIREZIONE	coibente esterno palazzina	2003	non rimosso

E' stato, inoltre, utilizzato amianto per la realizzazione di parti di ambienti o strutture, in particolare nelle coperture o tettoie in eternit in varie aree dello stabilimento, il cui smantellamento è iniziato nel 1999 e non è stato ancora ultimato. Relativamente a questa tipologia di manufatti, in occasione dei vari censimenti effettuati a partire dal 1996, è stata appurata la presenza di cemento amianto negli ambienti di seguito indicati:

AREA	UBICAZIONE
CLS	magazzino cloruro potassico, saturazione cloruro potassico, magazzino anodi, sala celle, capannone compressore Demag (CS 5), liquefazione (CS 5), piano filtri Kelly potassico (CS 3), passacavi capannone liquefazione cloro (CS 5), locale saturazione EK.
CCA	cabina quadro CS 6, magazzino filtri alcali, capannone CS7K, capannone CS7Na, vassoi passacavi CS7K, vassoi passacavi CS7Na, uffici CS6, pannelli CS7Na, posto fumo
ADC	capannone compressori AC19, posto fumo presso sala quadri
PO	zona E501, zona bombole esterno sala quadri, batteria calce, capannone stoccaggio calce
AREE COMUNI	pensiline strada B. tettoia area ex OXO, parete strada A
SG 2	area ex deposito bombole, casotto
SERVIZI VARI	uffici gestione CLA, magazzino CLA/MAN, officina elettrica CLA, officina manutenzione CLA/AC19, magazzino CLA/AC19, magazzino ex CLA/DL1, officina meccanica 3, magazzini area imprese presso offic. meccan., officina meccanica 1 e imprese, zona imprese, box bombole, ex magazzino agricoltura, box presso deposito provvisorio S. Lucia, mensa

### **ERG MED IMPIANTI NORD**

Le vicissitudini societarie ricalcano quelle descritte precedentemente eccetto per i seguenti passaggi: in data 01.07.1989 la Selm S.p.A. conferì il ramo di azienda "raffineria petrolifera e produzione aromatici" alla Praoil S.p.A., successivamente la Praoil S.p.A. conferì il ramo "aromatici" alla l'EniChem Anic S.r.l., gestendo a partire da questa data esclusivamente la raffineria cedendola il 01/01/1995 alla società Agip Petroli S.p.A.

La società ERG MED nel 2002 ha acquisito dall'Agip Petroli la raffineria denominandola ERG MED Impianti Nord distinguendoli da ERG MED Impianti Sud (ex Erg Petroli – ISAB).

La società ERG MED in data 01.01.05 ha trasferito il ramo d'azienda "centrali termoelettriche CTE-SA1N, trattamento acque e distribuzione energia elettrica" alla società ERG NUCE;

In definitiva, considerando esclusivamente la raffineria di Priolo ERG MED Nord, l'evoluzione degli assetti societari nella gestione dei relativi impianti petroliferi è così sintetizzata:

<b>Periodo</b>	<b>Denominazione sociale</b>
dal 1959 al 31.10.1972	SINCAT SpA
dal 01.11.1972 al 31.12.1980	MONTEDISON SpA
dal 01.01.1981 al 31.12.1984	MONTEDIPE SpA (Gruppo Montedison)
dal 01.01.1985 al 30.06.1989	SELM SpA
dal 01.07.1989 al 31.12.1994	PRAOIL SpA
dal 01.01.1995 al 30.09.2002	AGIP PETROLI SpA
dal 01.10.2002 ad oggi	ERG MED (Impianti Nord)

Per quel che concerne le linee di produzione della raffineria, l'amianto è stato presente sin dall'inizio dell'attività delle stesse, avvenuto nel 1959. L'amianto era presente come coibente in tratti di tubazioni e in strumentazioni, come guarnizioni, all'interno di caldaie di centrali termoelettriche e nelle coperture in eternit.

Successivamente al 1992 non è più stato acquistato materiale contenente amianto e dal 1994 è iniziato un processo graduale di rimozione dei manufatti in cui era presente la sostanza nociva, consistito prima del 1998 nella eliminazione di materiali contenenti amianto di piccole dimensioni nell'ambito della manutenzione ordinaria e dal 1998 in specifici lavori di bonifica di parti più o meno estese di impianti o ambienti.

In occasione del censimento dell'amianto in raffineria, iniziato nell'ottobre 2000 e completato nel dicembre 2001 si è appurato che vi era ancora presenza di asbesto in parti di impianti.

Nella tabella successiva si riportano, per ciascun impianto, i quantitativi e lo stato di conservazione dell'amianto in matrice friabile censito.

<b>AREA/IMPIANTI</b>	<b>QUANTITA' AMIANTO FRIABILE CENSITO (KG)</b>					
	Rivestim. isol. Tubaz. e caldaie		Impasti gessosi e spruzzo		Corde e Nastri	
	Buono	Cattivo	Buono	Cattivo	Buono	Cattivo
<b>AREA A</b>						

CR 30		840				33
CR 27	3.200	7.075				21
CR 26	3.700				39	78
CR 20		2.800				75
CR 33		1.050				22
SPLITTER						44
PR 1		2.600				
CR 31		280				
Totale Area A	6.900	14.645			39	273
<b>AREA B</b>						
CTE (1° Gruppo)	17.559	51.125				126
CTE (2° Gruppo)	23.360	70.840				466
CTE (3° Gruppo)	1.300	295				
CTE (Varie)		3.080				
Totale Area B	42.219	125.340				592
<b>AREA C</b>						
SA1/N (1° Gruppo)	60.430	31.286				285
SA1/N (2° Gruppo)		1.850				248
SA1/N (3° Gruppo)				10.000		287
SA1/N (Varie)		1.640				
Totale Area C	60.430	34.776		10.000	1,5	820
<b>AREA D</b> (Areco: Aree Comuni)						
Areco 1		87.650				
Areco 2		122.460				
Areco 3		52.330				
Areco 4		59.900				
Areco 5	17.500					
Totale Area D	17.500	322.340				
<b>AREA E</b>						
SG 10		7.304				150
CR ¾		920				4
CR 10						20
CR 5		5.900				
Totale Area E		14.124				174
<b>AREA F</b> (REPARTI VARI: CABINE ENEL, LABORATORIO)		306				1
<b>TOTALE AREE A, B, C, D, E, F</b>	127.049	511.531		10.000	40,5	1.860
<b>QUANTITA' TOTALE AMIANTO FRIABILE</b>	<b>QUANTITA' TOTALE AMIANTO FRIABILE IN CATTIVO STATO DI CONSERVAZIONE</b>					
<b>650.480,5 kg</b>	<b>523.391 kg (80,5%)</b>					

Come si evince dalla tabella, il censimento evidenzia una presenza diffusa dell'amianto negli impianti della raffineria, con situazioni di rilievo riguardo anche lo stato di conservazione dei manufatti, soprattutto nella CTE (1° e 2° Gruppo), SA1/N (1° Gruppo) e in Area D (Areco). Nel censimento emerge che sono costituiti di asbesto, oltre ai materiali riportati nella tabella, anche i manufatti elencati di seguito, la cui quantità è stimata in circa 500 kg:

- guarnizioni di accoppiamenti flangiati e dei bruciatori dei forni, e dei portelli di ispezione di forni e serbatoi;
- baderne, corde e altro materiale similare;
- nastro nei punti di giunzione delle lamiere e delle condotte fumi di forni e caldaie;
- coibentazioni delle camere morte delle caldaie e dei cassonetti aria comburente dei bruciatori;
- pannelli e altro materiale fibroso di rivestimento di apparecchiature elettriche sotto tensione.

Nella raffineria, inoltre, è stato utilizzato amianto per la realizzazione di parti di ambienti o strutture, in particolare nelle coperture o tettoie in eternit in varie aree della raffineria, il cui smantellamento è iniziato nel 1998.

Sempre in occasione del censimento dell'amianto in raffineria effettuato dall'ottobre 2000 al dicembre 2001 è stata appurata la presenza di manufatti in amianto in matrice compatta nei seguenti impianti:

AREA	IMPIANTI	QUANTITA' AMIANTO COMPATTO CENSITO (KG)					
		Coperture in eternit		Canne fumarie e comignoli		Cassoni idrici e pluviali	
		Buono	Cattivo	Buono	Cattivo	Buono	Cattivo
A	CR 28, CR 33, CR 1/2, SPLITTER, PR 1		980				
B	CTE (1°, 2°, 3° Gruppo e varie)		3.462				
C	SA1/N (1°, 2°, 3° Gruppo e varie)		739				
E	SG 10, AFI, CR 10, CR 5, SG 13		2.324				
F	REPARTI VARI		6.960		204		275
TOTALI			14.465		204		275

### **POLIMERI EUROPA S.P.A.**

Le vicissitudini societarie ricalcano quelle descritte per la Syndial S.p.a. fino al 1995 da quando l' EniChem S.p.A. (va ricordato che la EniChem in data 01/05/2003 ha cambiato la denominazione sociale in Syndial S.p.A.) ha ceduto i seguenti rami d'azienda:

- "polimeri" in data 01/04/1995 alla Polimeri Europa S.r.l.;
- "poliuretani" in data 01/05/2001 alla Dow Poliuretani Italia S.r.l.;
- "etilene ed aromatici" in data 01/01/2002 alla Polimeri Europa S.r.l.;
- "servizi tecnici" in data 01/06/2003 alla Polimeri Europa S.r.l.

In definitiva, considerando esclusivamente le linee di produzione esistenti nell'attuale stabilimento della Polimeri Europa S.p.A. (Linea Aromatici, Polietilene ed Etilene), si riporta l'evoluzione storica degli assetti societari nella gestione di tali impianti:

<b>PERIODO</b>	<b>DENOMINAZIONE SOCIALE</b>
<b><i>LINEA AROMATICI</i></b>	
Dal 1964 al 31.10.1972	SINCAT SpA
Dal 01.11.1972 al 31.12.1980	MONTEDISON SpA
Dal 01.01.1981 al 31.12.1984	MONTEDIPE SpA
Dal 01.01.1985 al 30.06.1989	SELM SpA
Dal 01.07.1989 al 28.02.1993	PRAOIL SpA
Dal 01.03.1993 al 31.07.1993	ENICHEM ANIC srl
Dal 01.08.1993 al 31.12.2001	ENICHEM SpA
Dal 01.01.2002 ad oggi	POLIMERI EUROPA SpA
<b><i>LINEA POLIETILENE</i></b>	
Dal 1959 al 13.09.1968	CELENE
Dal 14.09.1968 al 31.10.1972	SINCAT SpA

Dal 01.11.1972 al 31.12.1980	MONTEDISON SpA
Dal 01.01.1981 al 16.03.1983	MONTEDIPE SpA
Dal 17.03.1983 al 31.12.1984	POLIMERI RIVEDA srl
Dal 01.01.1985 al 30.09.1986	ENICHEM POLIMERI SpA
Dal 01.10.1986 al 31.10.1987	ENICHEM BASE SpA
Dal 01.11.1987 al 31.07.1993	ENICHEM ANIC SpA/srl
Dal 01.08.1993 al 31.03.1995	ENICHEM SpA
Dal 01.04.1995 ad oggi	POLIMERI EUROPA SpA
<b><i>LINEA ETILENE</i></b>	
Dal 1960 al 31.10.1972	SINCAT SpA
Dal 01.11.1972 al 14.12.1976	MONTEDISON SpA
Dal 15.12.1976 al 30.09.1986	ICAM (Impresa Congiunta Anic Montedison) SpA
Dal 01.10.1986 al 31.10.1987	ENICHEM BASE SpA
Dal 01.11.1987 al 31.07.1993	ENICHEM ANIC SpA/srl
Dal 01.08.1993 al 31.12.2001	ENICHEM SpA
Dal 01.01.2002 ad oggi	POLIMERI EUROPA SpA

Per quel che concerne gli impianti e reparti, vi sarebbe stata presenza di amianto sin dall'avvio delle varie linee di produzione presenti oggi nello stabilimento di Priolo Gargallo; l'amianto è stato utilizzato per la realizzazione dei materiali di seguito indicati:

- guarnizioni di accoppiamenti flangiati su linee e apparecchiature;
- coibentazioni;
- teli ignifughi;
- refrattari forni;
- fire proofing;
- coperture in eternit.

A partire dal 1992 sono stati effettuati da ditte esterne specializzate lavori di bonifica e di rimozione dei manufatti in cui era presente la sostanza nociva.

### **ERG PETROLI**

Relativamente all'amianto, esso è stato utilizzato come parte costitutiva di impianti sin dall'inizio dell'attività della raffineria nel 1975; a seguito del censimento effettuato dalla direzione aziendale nel 1998 nello stabilimento di Priolo Gargallo, è stata accertata la presenza di amianto nelle coibentazioni in brevi tratti di tubazioni, sotto forma di treccia (fino al 1998) o gesso-amianto (fino al 2002), parzialmente nelle coibentazioni delle caldaie della CTE come miscela di cemento amianto (fino al 1999), nonché nelle guarnizioni di tenuta dei vari componenti di impianti ad alta temperatura.

Si riporta nella tabella seguente un quadro di sintesi:

IMPIANTO/AMBIENTE	AMIANTO RILEVATO			
	TIPOLOGIA	LUNGHEZZA (METRI)	SUPERFICIE (METRI QUADRI)	VOLUME (METRI CUBI)
100 (Topping)	treccia	253	22.30	1.49
200 (Desolforazione e Splitter Naphta)	treccia	123.5	10.28	0.64
600 (Vacuum)	treccia	478.7	40.75	2.83
900 (Frazionamento Benzine Leggere)	treccia	18.0	1.44	0.085
1600 (Visbreaking)	treccia	453.4	35.22	3.39
300 (Desolforazione Kerosene)	treccia	66.5	7.39	0.66
	guarnizioni	12.8		
400 (Desolforazione Gasolio)	treccia	199.0	18.65	11.36
500 (Powerformer)	treccia	156.5	18.20	1.73
1000 (Isomerizzazione)	treccia	62.5	7.54	0.76
1600 A (Thermal Cracking)	treccia	15.0	1.25	0.08
	guarnizioni	331.2		
700 A (Splitting Gofinato)	treccia	148.0	17.6	1.55
700 (Gofiner)	treccia	450.5	42.2	3.03
800 (Produzione Idrogeno)	treccia	218.5	21.73	1.89
1100 (Rigenerazione MEA)	treccia	5.0	0.55	0.06
1200 (Produzione/Stoccaggio Zolfo)	treccia	97.5	10.53	0.93
1400 (Strippaggio Acque Calde)	treccia	19.5	1.94	0.16
Blending	treccia	176.5	19.35	1.61
2000 (CTE)	treccia	8.2	1.56	0.29
	guarnizioni	351.0		

	miscela c.a.		45.00	
2300 (Distribuzione Aria Strumenti)	treccia	1.0	0.08	0.0043
2400 (Distribuzione Olio/Gas Comb.)	treccia	6.0	0.36	0.02
Area Magazzini	guarnizioni	4.0		
Officina Strumenti	coibente tubazioni in gesso amianto	165.0*		2.689*

\* il valore costituisce la somma dei dati relativi a ciascuna delle tubazioni in cui è stata rilevata la presenza di coibente in gesso amianto.

Come si evince dalla tabella, dal punto di vista quantitativo la situazione più diffusa era quella della coibentazione in treccia di amianto che veniva utilizzata in piccoli tratti, essenzialmente by-pass di valvole e batterie di condense. Questa tipologia di amianto comportava anche le maggiori problematiche relativamente al monitoraggio dello stato di conservazione, a causa della presenza del minerale diffusa, seppur in tratti limitati, in numerosi impianti. Per tale motivo fu decisa la rimozione totale di tali manufatti e la loro sostituzione con materiali alternativi.

L'amianto è stato utilizzato, inoltre, come parte costitutiva di ambienti o strutture, in particolare nelle coperture o tettoie in eternit in varie aree della raffineria, il cui smantellamento è iniziato nel 1999.

Relativamente a questa tipologia di manufatti, in occasione del censimento effettuato nel 1998 dalla ERG Petroli è stata appurata la presenza di cemento amianto negli ambienti riportati nella seguente tabella; per ciascun impianto/area si riporta lo sviluppo complessivo dei manufatti in cemento amianto risultante dal censimento.

IMPIANTO/AREA	SVILUPPO* MANUFATTI CENSITI (MQ)
1200A	6,9
2600 TAS	151
500	2.227
100	744
2000	427
800	715
Area ditte esterne	15
1200	50
700	779
Magazzini	21.259
200	35
Blending	2.376
1000	797

300	18,5
400	871
900	38
1600	662
2600DEMI	93,8
Pontile	52,5
Esterno	21

\* lo sviluppo è calcolato aggiungendo alla superficie effettiva il 25% di incidenza dell'ondulazione ed il 10% di sovrapposizione tra i pannelli.

Riassumendo quindi l'aspetto del rischio amianto per i lavoratori degli stabilimenti descritti nei precedenti paragrafi, si può affermare quindi che le attività relative alle linee di produzione non hanno comportato l'utilizzo di amianto come materia prima; tuttavia poiché il minerale è stato utilizzato come componente di impianti, alcune figure professionali, adibite a lavorazioni complementari all'attività di produzione, potevano in passato venire a contatto con materiali contenenti la sostanza nociva.

Tra queste vi erano le figure manutentive adibite alle seguenti operazioni:

- ribadernatura delle tenute;
- realizzazione e sostituzione delle guarnizioni su accoppiamenti flangiati;
- rimozione e rifacimento coibentazione;
- manutenzione quadri elettrici.

Il personale manutentivo poteva manipolare direttamente manufatti contenenti amianto in occasione di operazioni di manutenzione e riparazione su parti di impianto. Gli interventi potenzialmente più pericolosi erano quelli comportanti la disgregazione di manufatti contenenti amianto con conseguente liberazione di fibre, eseguiti direttamente dalle figure professionali che hanno rivestito un ruolo operativo fino agli inizi degli anni '90.

Sulla scorta di informazioni tratte dalla letteratura e da banche dati relative alle lavorazioni in oggetto ed esposizioni professionali ad amianto è stato ritenuto quindi verosimile che i manutentori delle specializzazioni meccanica, elettrica e strumentale, sia dipendenti dello stabilimento che appartenenti a Ditte dell'indotto, direttamente adibiti ad operazioni su parti di impianto ove era presente amianto, possano essere stati esposti fino al 1992 in misura significativa alle fibre del minerale, ipotizzando pertanto plausibile una concentrazione annuale superiore a 0,1 fibre/cc per otto ore giornaliere lavorative.

## *CANTIERI NAVALI di Augusta (SR)*

I Cantieri navali di Augusta hanno operato ed operano tuttora nel campo della manutenzione e riparazione navale di navi galleggianti di qualsiasi stazza e a secco in bacino di imbarcazioni fino a circa 8.000 tonnellate di dislocamento, attraverso le seguenti specializzazioni:

-riparazione di sistemi e macchinari di coperta quali salpancore, verricelli, pompe carico, valvole, motori termici, ventilatori, motori elettrici, scambiatori di calore

-rinnovo tubi e lamiere

Le Ditte hanno effettuato interventi su navi suddivise per tipologia in naviglio militare e naviglio armatori privato.

Il naviglio militare appartiene alle varie marinerie (Inglese, U.S.A., Italiana), mentre quello privato è più vasto in quanto comprende tutte le navi che toccano il porto di Augusta e quindi secondo una varietà multinazionale.

Circa il rischio amianto nei cantieri navali si osserva che esso è stato impiegato nelle imbarcazioni principalmente per rendere il più possibile incombustibili e resistenti al calore strutture ed arredi, nonché come isolante termoacustico; ne è stato fatto pertanto largo uso come coibente nelle paratie e porte tagliafuoco, in cabine e alloggi, nei soffitti dei locali garage, nei pavimenti, ciminiere e nelle sale macchine (tubazioni, guarnizioni, caldaie e collettori di scarico).

Veniva utilizzato sia amianto spruzzato che legato (cemento-amianto), sotto forma di pannelli (marinite) o come costituente dei materassini per l'isolamento delle tubazioni per le quali si impiegavano anche corde e nastri, nonché fogli di amianto pressato per ricavare guarnizioni per l'accoppiamento di tubazioni e condotte.

L'impiego dell'amianto nella cantieristica navale in costruzione si è ridimensionato nel tempo a partire dagli anni '60 con una forte accentuazione quanto meno dalla metà degli anni '70 fino alla scomparsa nel corso dei primi anni '80, almeno nella grande cantieristica.

Relativamente ai cantieri in cui si effettuavano ristrutturazioni e riparazioni di natanti è invece ipotizzabile che tali interventi possano aver interessato navi contenenti più o meno consistenti quantità di amianto fino al 1991; va evidenziato che dal 1991 le operazioni potenzialmente a rischio avrebbero dovuto, comunque, essere condotte adottando particolari accorgimenti e cautele secondo quanto previsto dal Dlgs 277/91.

L'esposizione all'amianto nel settore in esame ha certamente interessato i lavoratori che espletavano mansioni di coibentatori-scoibentatori (tra cui in alcune realtà aziendali anche i manovali), ma per motivi "ambientali" anche altre categorie di operai a bordo delle navi fra cui carpentieri, saldatori,

tubisti, elettricisti, impiantisti ed altri lavoratori che operavano sui natanti (ad esempio aggiustatori, meccanici di bordo e falegnami).

Tale affermazione deriva dalla consapevolezza che gli ambienti confinati come quelli a bordo delle navi facilitano il persistere del particolato aerodisperso e, di conseguenza, degli inquinanti in esso presenti, come le fibre di asbesto generate dalle operazioni di coibentazione e scoibentazione e/o da altre attività comportanti interventi su materiali contenenti amianto.

L'organizzazione del lavoro nell'ambito sia delle costruzioni che delle riparazioni prevedeva in passato la contemporanea presenza delle diverse categorie di lavoratori negli stessi ambienti/locali della nave, spesso angusti, dove si provvedeva alla installazione e posa in opera di isolamenti e coibentazioni termoacustiche con materiale amiantifero spruzzato, movimentato, manipolato, adattato, segato, tagliato.

Inoltre a coibentazione conclusa altre maestranze tornavano a lavorare sulle superfici precedentemente trattate con amianto per liberare spazi, realizzare canalette necessarie per l'installazione e posizionamento di reti elettriche, condotte di fluidi, basamenti ed altri impianti.

A causa quindi del diffuso impiego nel passato di amianto a bordo delle navi come materiale isolante e coibente, appare verosimile un'esposizione ambientale al pulviscolo prodotto durante gli interventi di riparazione in cui il materiale nocivo era movimentato, manipolato, adattato, tagliato e segato; tale rischio era particolarmente presente negli ambienti a bordo nave a causa dell'esistenza di spazi confinati tali da non permettere un agevole ricambio d'aria utile per diluire ed allontanare gli inquinanti, per cui è plausibile un'esposizione ad amianto ai fini dei benefici previdenziali, con concentrazione di fibre di asbesto superiore a 0,1 fibre/cc intesa come esposizione media giornaliera, per tutte le figure professionali impegnate nei lavori di riparazione che hanno svolto la loro attività lavorativa prevalentemente a bordo nave.

### ***Attività di laboratorio***

Il progetto di ricerca si è concentrato su campioni di teli in amianto (riusciti a reperire da lavoratori di Ditta fallita dell'indotto) largamente utilizzati e manipolati presso gli impianti petrolchimici

- nelle operazioni di trattamento termico delle saldature
- quale coibente avvolgendo prevalentemente tubazioni
- protezione antiscintilla

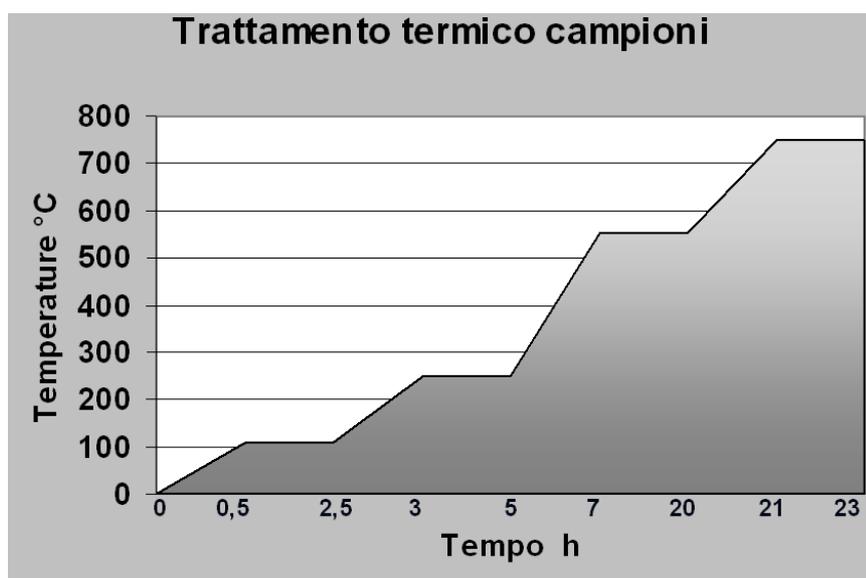
Sulla base quindi delle temperature raggiunte durante le condizioni di esercizio dai teli in amianto utilizzati, sono stati individuati i seguenti intervalli di temperatura 110° - 250° - 750° aggiungendo anche l'intervallo di 550°, temperatura nota in letteratura come possibile inizio di trasformazione dei minerali d'amianto a causa del mutamento del loro stato fisico e microcristallino; i campioni di telo d'amianto presenti sono stati quindi sottoposti in muffola alle temperature determinate:

110° - un campione è stato preliminarmente ridotto in polvere al fine di ottenere dal punto di vista cinetico condizioni il più verosimile vicine a quelle di esercizio nelle tubazioni degli impianti attorno alle quali i teli venivano avvolti e lasciati nel tempo;

250° - un campione è stato tagliato in dimensioni di circa 4 x 8 cm e sottoposto alla temperatura raggiunta dai teli impiegati nelle officine durante le operazioni di preriscaldamento delle tubazioni saldate;

550° - un campione è stato tagliato in dimensioni di circa 4 x 8 cm e sottoposto alla temperatura in cui i minerali di amianto inizierebbero a perdere le caratteristiche fibrose trasformandosi in nuove fasi;

750° - un campione è stato tagliato in dimensioni di circa 4 x 8 cm e sottoposto alla temperatura ultima raggiunta durante le operazioni dei trattamenti termici delle saldature.



*Prova a strappo:*

E' stato effettuato un tentativo di valutare il variare di un parametro da correlare al "potenziale di cessione fibre" al variare della temperatura attraverso un metodo sperimentale utilizzando il mulinetto per la frantumazione del campione da sottoporre a DRX impiegando solo sei cilindretti di agata in maniera tale da conferire una cinetica maggiore; tale metodo assolutamente sperimentale è stato tentato in analogia con quanto avviene per la determinazione dell'Indice di rilascio per la classificazione dei materiali da costruzione contenenti amianto secondo il DM n.248 del 29/072004, ma si è rivelato non adatto; il materiale così trattato è risultato estremamente friabile riducendosi in brevissimo tempo (5 minuti) in poltiglia, non fornendo indicazioni utili a determinare un qualsiasi parametro, implicando una resistenza elastica ma tendente a sfaldarsi in fibre sottilissime e allungate se sottoposto a vibrazioni.

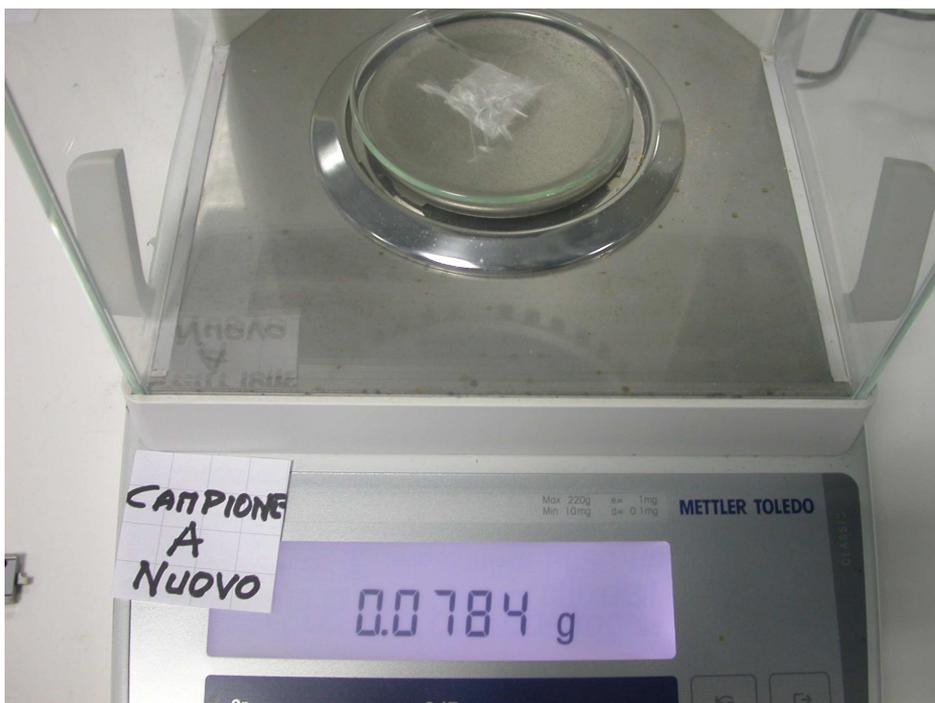
Si è allora proceduto adottando il metodo normato dalla UNI 10608, definito "a strappo", che consente di misurare la quantità di fibre di amianto libere o facilmente liberabili presenti sulla superficie di lastre ondulate o piane; si tratta di un metodo pratico ed oggettivo per la valutazione dello stato di degrado della superficie delle lastre ondulate e piane di fibrocemento contenente amianto, fabbricate inglobando fibre di amianto in una matrice cementizia.

Lo stato di degrado si valuta pesando la quantità di materiale (fibre e matrice) che rimane aderente ad un nastro adesivo standardizzato che si applica alla superficie in esame (un nastro comunemente reperibile, adatto agli scopi della norma, è il nastro 3M 396 della 3M Italia).

Pur essendo la norma UNI 10608 attuata per determinare la capacità di rilascio fibre delle lastre ondulate o piane, è stata nel caso in esame implementata sui campioni di telo in amianto pretrattati termicamente e si è osservato l'andamento dello stato di degrado dei materiali correlandolo linearmente al crescere della temperatura.

Si è proceduto quindi alle prove fissando i campioni di telo in amianto su una superficie piana, applicando tratti di nastro 3M 396 opportunamente ritagliati su ciascun provino ed effettuando quindi lo strappo; la misura dei pesi di ciascun nastro, attraverso una bilancia analitica, prima e dopo lo strappo ha fornito la quantità di materiale e fibre distaccate.

Si illustrano in seguito per ciascun campione le foto che illustrano il peso del nastro con le fibre inglobate dopo lo strappo e il peso del provino prima dello strappo; viene successivamente riportata la tabella con indicati misure e valori ottenuti in laboratorio.



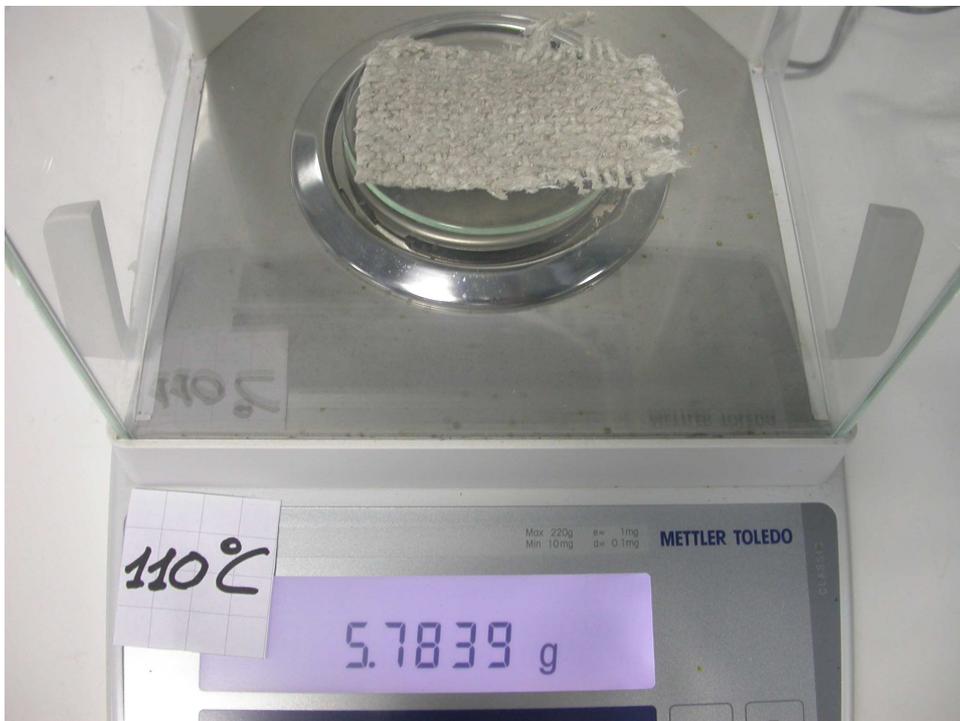
**Peso del nastro con fibre dopo lo strappo**



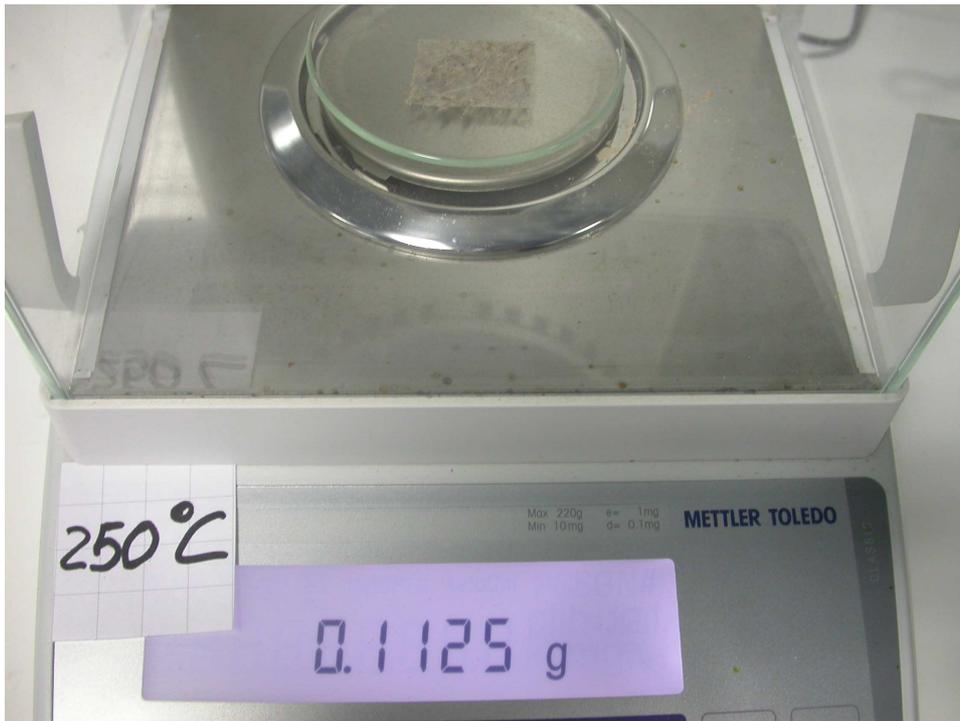
**Peso del provino prima dello strappo**



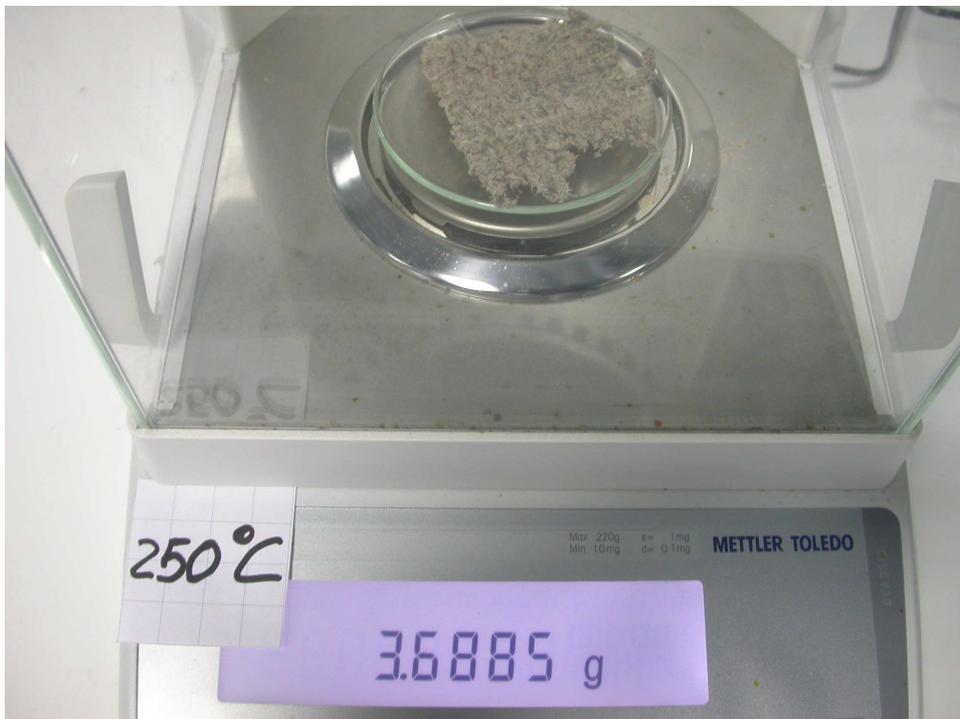
**Peso del nastro con fibre dopo lo strappo**



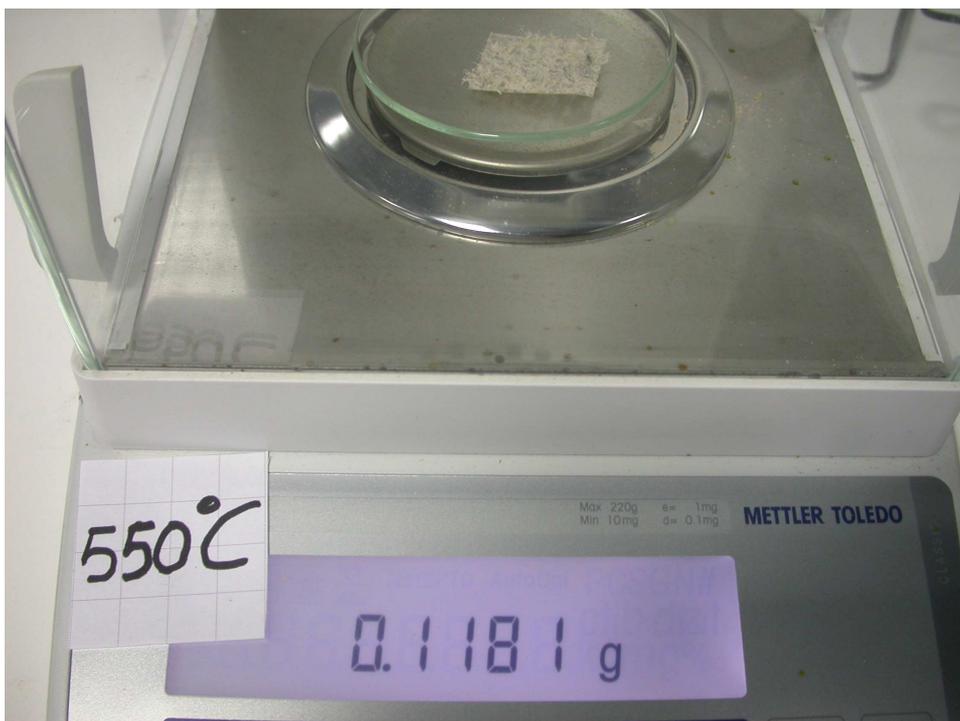
**Peso del provino prima dello strappo**



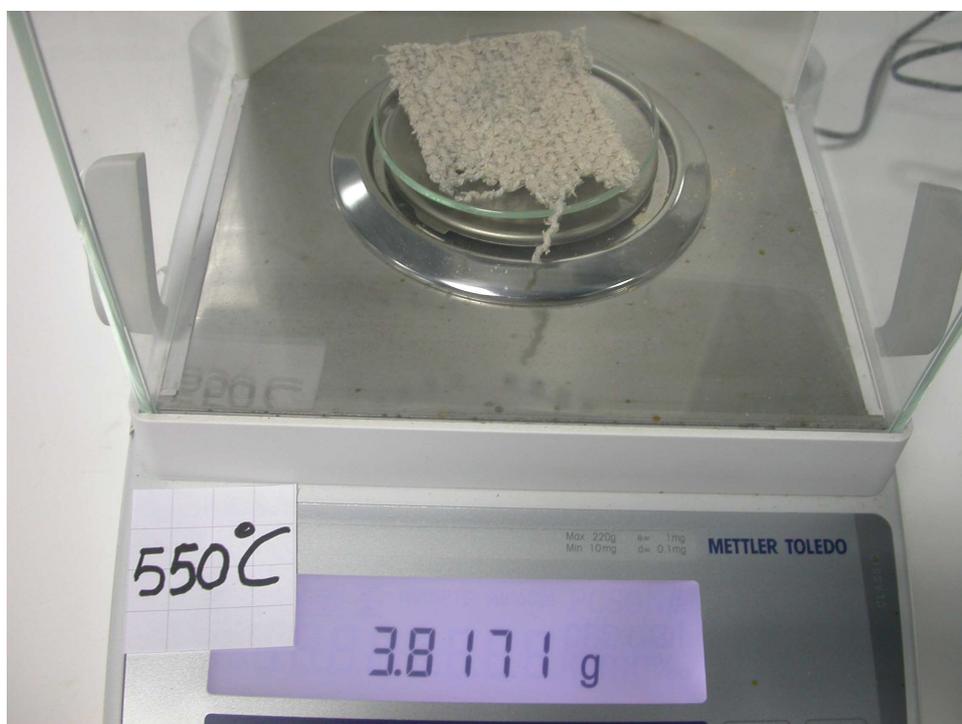
**Peso del nastro con fibre dopo lo strappo**



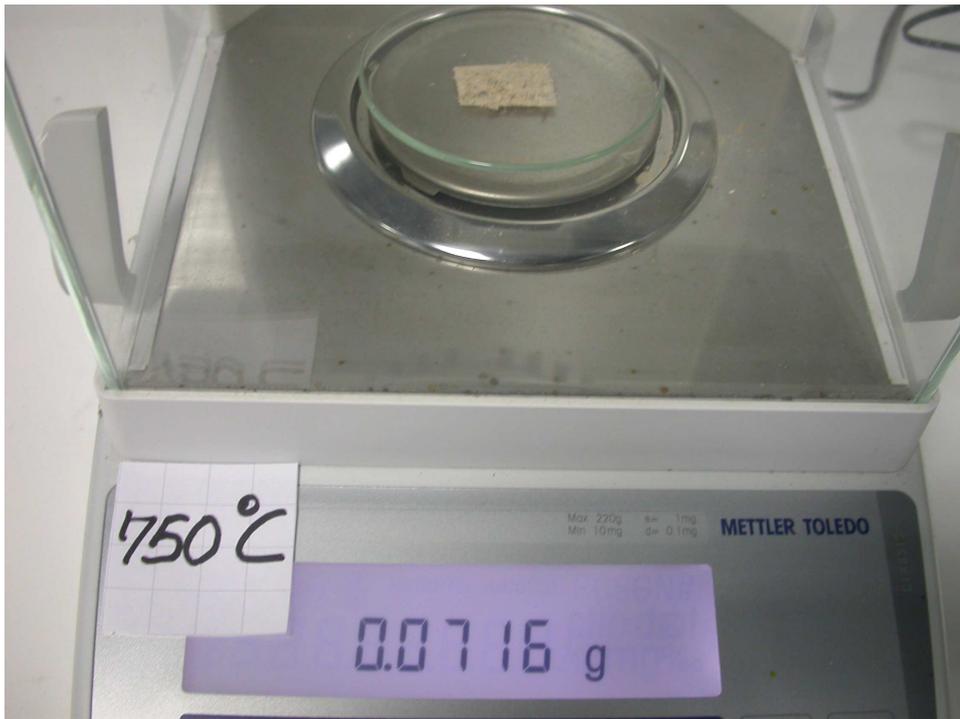
**Peso del provino prima dello strappo**



**Peso del nastro con fibre dopo lo strappo**



**Peso del provino prima dello strappo**



**Peso del nastro con fibre dopo lo strappo**



**Peso del provino prima dello strappo**

Valutazione del degrado superficiale. Metodo pratico a strappo UNI 10608:1997										
Provino		(n)	(a)	(b)	(c)	(d)	(e) = (a - c)	(f) = (d - e)	(g) = (n * b)	(h) = (e/g)
[N°]	°C	Larghezza del nastro [cm]	Peso del provino prima dello strappo [mg]	Lunghezza del nastro [cm]	Peso del provino dopo lo strappo [mg]	Peso del nastro con fibre [mg]	Peso delle fibre [mg]	Peso del nastro [mg]	Superficie del nastro [cm <sup>2</sup> ]	Massa del materiale distaccato [mg/cm <sup>2</sup> ]
1	Nuovo	2,56	4209,8	2,37	4203,6	78,4	6,2	72,2	6,1	1,0
2	110	2,56	5783,9	3,88	5764,8	141,2	19,1	122,1	9,9	1,9
3	250	2,56	3688,5	3,04	3670,7	112,5	17,8	94,7	7,8	2,3
4	550	2,56	3842,2	3,04	3817,1	118,1	25,1	93,0	7,8	3,2
5	750	2,56	1075,1	1,55	1050,7	71,6	24,4	47,2	4,0	6,1

E' stato infine ricavato lo stato di degrado dei campioni di telo attraverso la correlazione con la massa del materiale distaccato, secondo la tabella sottostante contenuta nella norma UNI in questione:

mg / cm <sup>2</sup>	Stato della superficie
0 - 0,5	Ottimo
0,51- 1,00	Buono
1,01 - 2,0	Scadente
> 2,01	Pessimo

Le prove eseguite hanno quindi evidenziato un'applicabilità e una buona estensibilità della norma UNI 10608 anche per i teli in amianto rimarcando una linearità di risultati e rilevando quindi nel caso oggetto della presente ricerca le seguenti condizioni:

- campione nuovo con massa distaccata pari a 1,0 mg/cm<sup>2</sup> : buono stato
- campione trattato a 110° con massa distaccata pari a 1,9 mg/cm<sup>2</sup>: stato scadente
- campione trattato a 250° con massa distaccata pari a 2,3 mg/cm<sup>2</sup>: stato pessimo
- campione trattato a 550° con massa distaccata pari a 3,2 mg/cm<sup>2</sup>: stato pessimo
- campione trattato a 750° con massa distaccata pari a 6,1 mg/cm<sup>2</sup>: stato pessimo

La capacità di rilascio fibre cresce quindi sensibilmente e proporzionalmente con la temperatura di trattamento dei materiali innalzando quindi i valori di concentrazione di esposizione a fibre aerodisperse in quei lavoratori che manipolavano tali prodotti durante l'espletamento delle mansioni cui essi erano addetti; le lavorazioni che comportavano quindi l'impiego di materiali contenenti amianto quali i teli esaminati e largamente utilizzati nelle operazioni di manutenzione degli impianti petrolchimici, esponevano i lavoratori a rischi di inalazione a fibre di amianto aerodisperse sensibilmente maggiori quando tali prodotti erano sottoposti a temperature elevate.

### *Prova a trazione*

In collaborazione con la Sidercem di Misterbianco (CT) che opera quale laboratorio accreditato nell'ambito della certificazione di qualità dei materiali, sono state determinate sui differenti campioni diversamente trattati termicamente le relative resistenze a trazione.

E' stata quindi implementata sui campioni di telo in amianto la norma UNI EN 12311/2, inerente però la "Determinazione delle proprietà a trazione" delle membrane di materiale plastico e di gomma, ottenendo nel caso specifico un buon risultato di applicabilità.

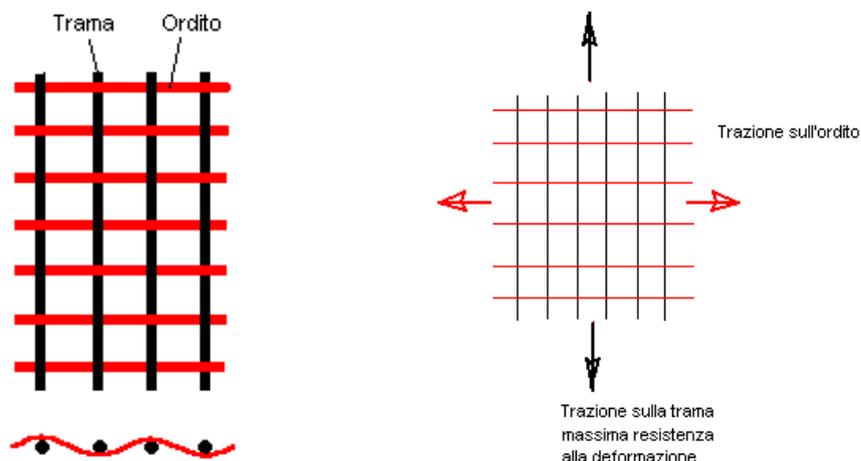
Il principio consiste nell'allungare ogni provino a velocità costante finché non si rompe, registrando continuamente durante tutta la prova la forza applicata e l'allungamento.

Il provino viene serrato strettamente nei morsetti della macchina per la prova di trazione facendo attenzione che il suo asse longitudinale, l'asse della macchina e dei morsetti siano correttamente allineati; vengono determinati quindi il carico di rottura la resistenza a trazione e l'allungamento.

Ogni campione di telo in amianto è stato quindi sottoposto alla prova a trazione suddetta mediante la macchina GALDABINI SUN 2500, classe di precisione 1.



Per motivi di opportunità (la resistenza alla trazione è maggiore lungo la trama), i provini di telo in amianto sono stati orientati con l'asse di trama parallelo alla tensione applicata, ottenendo quindi valori omogenei e tra di loro confrontabili:



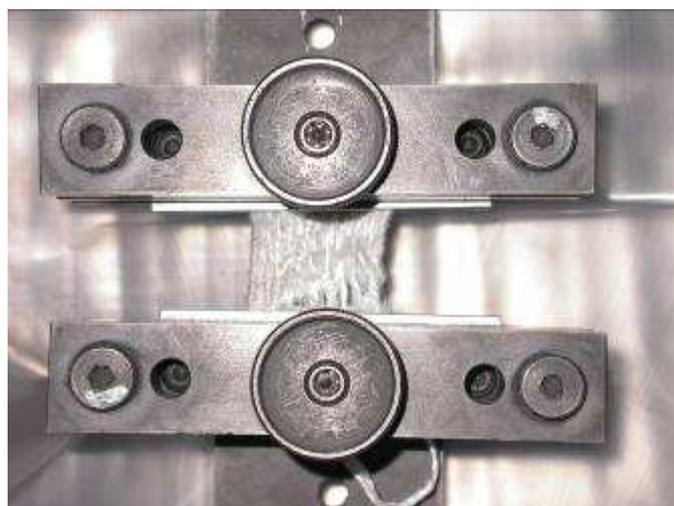
Si illustrano di seguito per ciascun campione le immagini dei passaggi salienti delle prove suddette:



**Campione di telo in amianto nuovo; prima della prova**



**Campione di telo in amianto nuovo; prova a trazione**



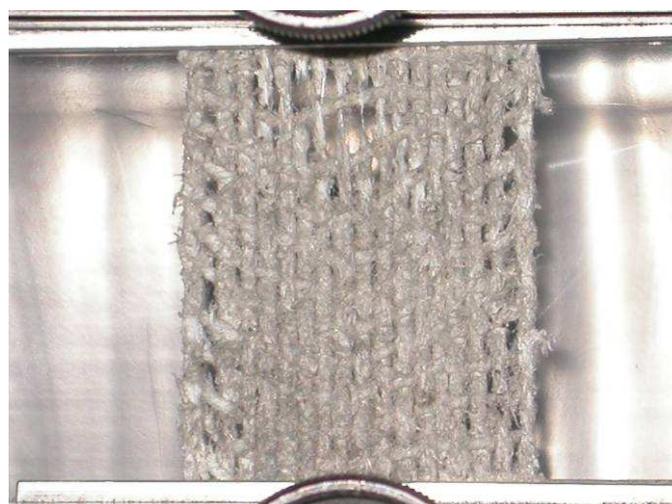
**Campione di telo in amianto nuovo; punto di rottura**



**Campione di telo in amianto (110°); prima della prova**



**Campione di telo in amianto (110°); prova a trazione**



**Campione di telo in amianto (110°); punto di rottura**



**Campione di telo in amianto (250°); prima della prova**



**Campione di telo in amianto (250°); prova a trazione**



**Campione di telo in amianto (250°); punto di rottura**



**Campione di telo in amianto (550°); prima della prova**



**Campione di telo in amianto (550°); prova a trazione**



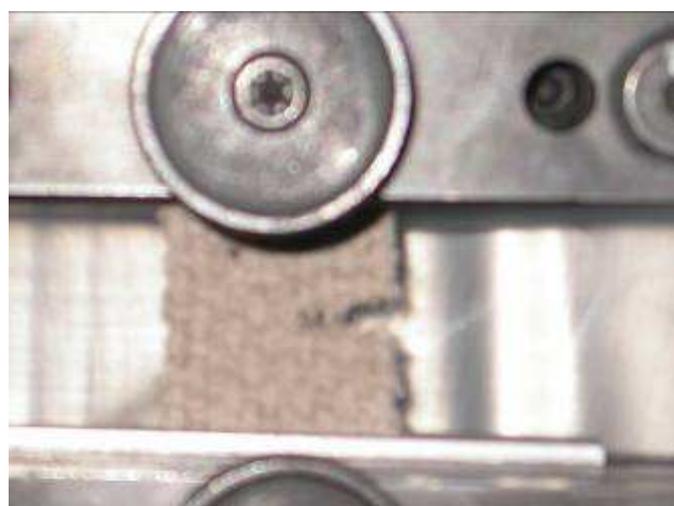
**Campione di telo in amianto (550°); punto di rottura**



**Campione di telo in amianto (750°); prima della prova**



**Campione di telo in amianto (750°); prova a trazione**



**Campione di telo in amianto (750°); punto di rottura**

timbro a secco

Foglio 1/1

**Certificato N°**

**MCC 007 518**    7-apr-08

Protocollo n. MCA 000 979  
 Data accettazione: 26/03/2008  
 Data prova: 04/04/2008  
 Materiale: Teli in amianto

**Luogo Emissione:** Laboratorio di Misterbianco  
 Via Agnelli 22  
**Luogo prova:** Laboratorio di Caltaquamatta  
 C.da Calderaro - Zona Ind.le  
**Divisione** Controllo Qualità  
**Settore** Tecnologia dei materiali

**Committente:** Consorzio Ferrara Ricerche  
 Via Saragat - Blocco B - 44100 Ferrara

**Oggetto:** *Area Petrochimica di Siracusa - Ditta di manutenzione (anni '80)*  
 Caratterizzazione meccanica di teli di amianto impiegati per la coibentazione di tubazioni ed operazioni di trattamento termico delle saldatura

**Ente Appaltante:** Consorzio Ferrara Ricerche

- (1) La provenienza e le caratteristiche del prelievo sono dichiarate e sottoscritte dalla Direzione dei Lavori e dal Committente
- (2) Il Campione è stato portato dal dott. Antonio Mignosa (Dottorando di Ricerca).
- (3) Il presente certificato viene autenticato dalla SIDERCEM S.r.l. di Misterbianco mediante l'apposizione su ciascun foglio del timbro a secco visibile in alto a destra. **In assenza del timbro a secco il certificato è da ritenersi contraffatto.**
- (4) Le copie vengono autenticate dalla SIDERCEM S.r.l. di Misterbianco mediante l'apposizione su ciascun foglio del timbro a secco visibile in alto a destra. **In assenza del timbro a secco la copia è da ritenersi contraffatta.**

**CERTIFICATO DI PROVA**  
**RESISTENZA A TRAZIONE**  
**UNI EN 12311/2**

N° Provino	Temperatura di trattamento termico [°C]	Direzione	a [mm]	b [mm]	S [mm <sup>2</sup> ]	F [N]	$s_T$ [N/mm <sup>2</sup> ]	A [%]
A - 1	-----	Longitudinale	3,80	45,00	171,00	4513,50	<b>26,39</b>	<b>45,0</b>
A - 2	110	Longitudinale	3,20	52,00	166,40	710,00	<b>4,27</b>	<b>45,1</b>
A - 3	250	Longitudinale	3,40	48,00	163,20	147,13	<b>0,90</b>	<b>31,8</b>
A - 4	550	Longitudinale	3,20	55,00	176,00	61,50	<b>0,35</b>	<b>22,1</b>
A - 5	750	Longitudinale	3,20	37,00	118,40	3,50	<b>0,03</b>	<b>4,60</b>

**Legenda**

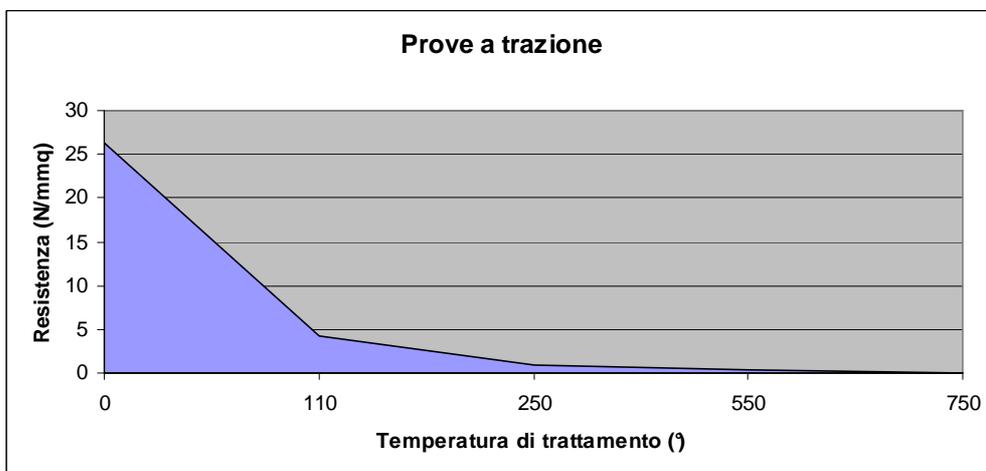
a : spessore; b : larghezza; S : sezione resistente; F : carico di rottura;  $s_T$  = Resistenza a trazione; A: allungamento.

Lo Sperimentatore  
 dott. ing. Paolo Longo

Il Direttore di Laboratorio  
 dott. ing. Vincenzo Venturi

**Copia del Certificato di prova di resistenza a trazione**

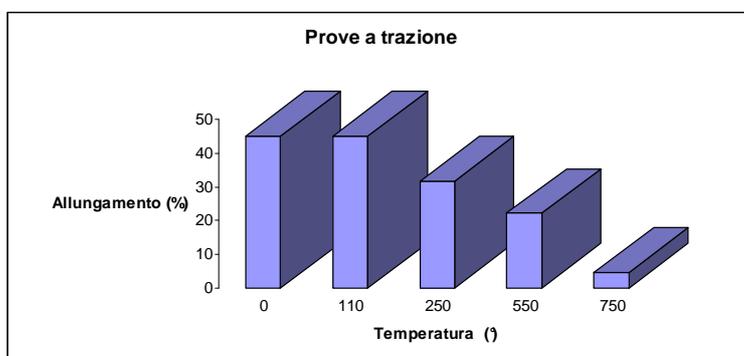
Le prove condotte sui provini hanno permesso quindi di determinare i carichi di rottura dei teli in amianto denotando un decremento esponenziale della resistenza alla trazione al crescere della temperatura di trattamento termico, come indicato nel grafico riportato nella pagina seguente:



La resistenza alla trazione inizialmente mostra valori soddisfacenti indicando buone caratteristiche meccaniche del campione di telo nuovo ma si riduce drasticamente da 26,39 N/mm<sup>2</sup> a 4,27 N/mm<sup>2</sup> nel campione trattato a 110° C, fino a ridursi a 0,03 N/mm<sup>2</sup> circa mille volte inferiore al valore in origine.

Meritevole di attenzione è l'evoluzione dell'allungamento espresso in percentuale, prodotto dai diversi campioni sottoposti a prova a trazione: nel provino di telo nuovo ed in quello trattato a 110° C l'allungamento è pari a circa il 45 % riducendosi nei provini trattati a 250° C e 550° C rispettivamente a circa 31% e 22% mostrando una buona elasticità iniziale decrescente al crescere della temperatura di trattamento termico; una diminuzione radicale nell'elasticità del materiale si ha invece nel campione sottoposto a 750° C.

Tale fenomeno è probabilmente imputabile alla perdita quasi totale dell'acqua presente nel campione attraverso la liberazione di ossidrile OH<sup>-</sup> nel passaggio tra i 550 e 750 ° C dai reticoli cristallini delle forme minerali presenti.



## ***Analisi chimico-mineralogiche: indagini SEM***

Sono state effettuate indagini di microscopia elettronica a scansione (SEM) e analisi diffrattometriche a raggi X sui diversi campioni di telo in amianto trattati termicamente a steps di temperatura crescenti (110°, 250°, 550°, 750°) in modo da verificare quali possibili trasformazioni mineralogiche potessero intervenire alle temperature di esercizio, riscontrate negli impianti del polo petrolchimico di Priolo – Augusta in provincia di Siracusa.

Il SEM fornisce gli aspetti morfologici e microstrutturali, con dettagli e particolarità della superficie delle fibre (ad es. distacchi di fibrille, concrescimenti, microfratture ecc.) e consente l'analisi composizionale qualitativa delle fibre.

La metodologia analitica in un microscopio elettronico a scansione prevede una sorgente di illuminazione costituita da un cannone elettronico per effetto termoionico; gli elettroni emessi in tutte le direzioni vengono costretti dal campo elettrico di un elettrodo di controllo a convergere in una regione (cross-over) ove si forma l'immagine della sorgente; un elettrodo circolare (anodo) cui è applicata una tensione positiva provvede ad accelerare gli elettroni. Un sistema di lenti elettromagnetiche fornisce sul piano del campione un'immagine rimpicciolita del cross-over ed un diaframma finale definisce l'apertura angolare del fascio sul campione.

I segnali utilizzati nel SEM per ottenere informazioni strutturali ed analitiche sono generati dall'interazione fra elettroni del fascio e campione stesso. Quando un elettrone con energia tipicamente compresa tra 20 e 30 keV interagisce con gli atomi del campione, può cedere parte o tutta la sua energia e può essere diffuso a vari angoli.

In seguito a questi eventi si originano vari segnali:

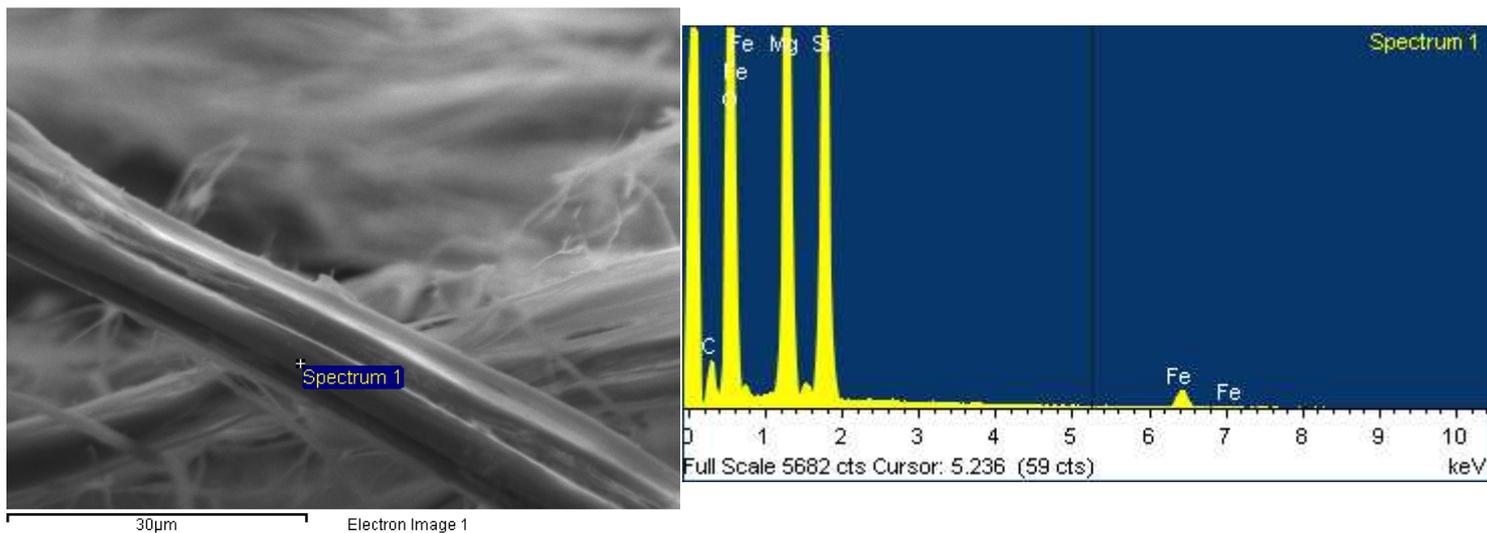
- elettroni secondari (con spettro di energia continuo compreso approssimativamente tra 0 e 50 eV);
- elettroni Auger (il cui spettro di energia presenta righe, caratteristiche degli elementi del campione, nel range dalle decine alle migliaia di eV).
- elettroni retrodiffusi (il cui spettro di energia, continuo, presenta nel caso di elementi pesanti, un massimo intorno ad 80-90% dell'energia dell'elettrone incidente);
- raggi X caratteristici generati dalla ionizzazione delle parti atomiche più interne;
- raggi X con spettro continuo, generati dal frenamento degli elettroni nell'interazione con i nuclei degli atomi del campione.

La base del SEM consiste in un fascio di elettroni generato da un cannone elettronico (catodo) situato sulla sommità della colonna, il fascio è attratto verso l'anodo, condensato da lenti collimatrici e focalizzato sul campione attraverso lenti obiettivo. Il fascio elettronico colpisce il campione, producendo tra l'altro, elettroni secondari e retrodiffusi. Questi elettroni sono raccolti da un detector

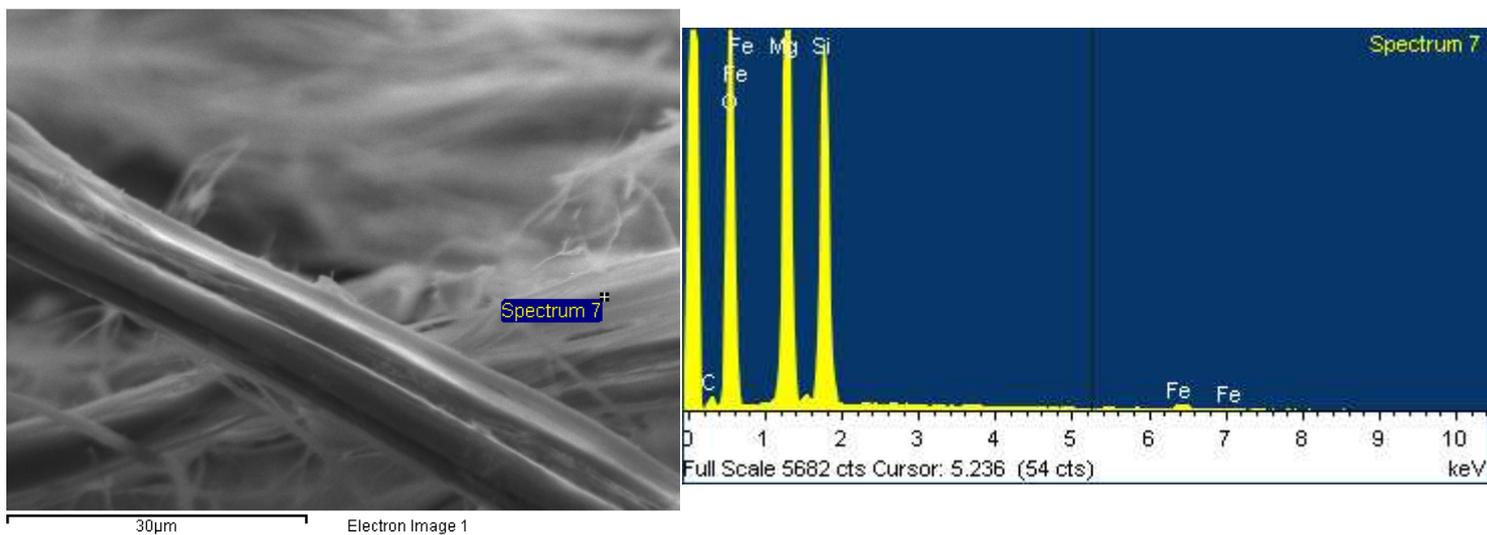
per elettroni secondari ed uno per elettroni retrodiffusi, convertiti in segnali elettrici che amplificati vengono convertiti in pixels ed elaborati da un sistema computer.

Le osservazioni al SEM hanno evidenziato la presenza di strutture fibrose che tendono a permanere nei campioni sottoposti a trattamento termico crescente. Le fasi osservate sono prevalentemente silicati di magnesio anche se si osservano subordinate fasi derivanti da impurità che nei campioni di bassa temperatura sono carbonati, minerali argillosi e quarzo. Ai fini di una migliore descrizione i campioni vengono descritti sulla base del regime termico a cui sono stati sottoposti.

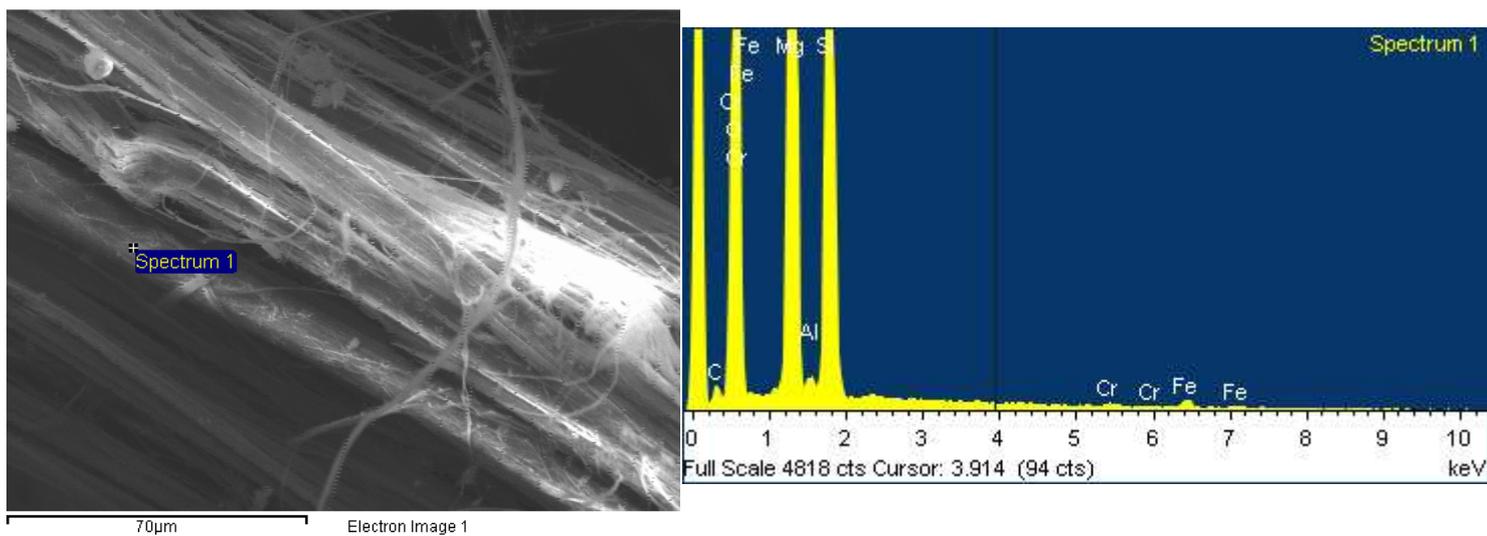
Si riportano di seguito le immagini maggiormente significative fra le circa duecento ricavate nell'indagine con i relativi spettri e a seguire le osservazioni dedotte per ciascun step di trattamento termico.



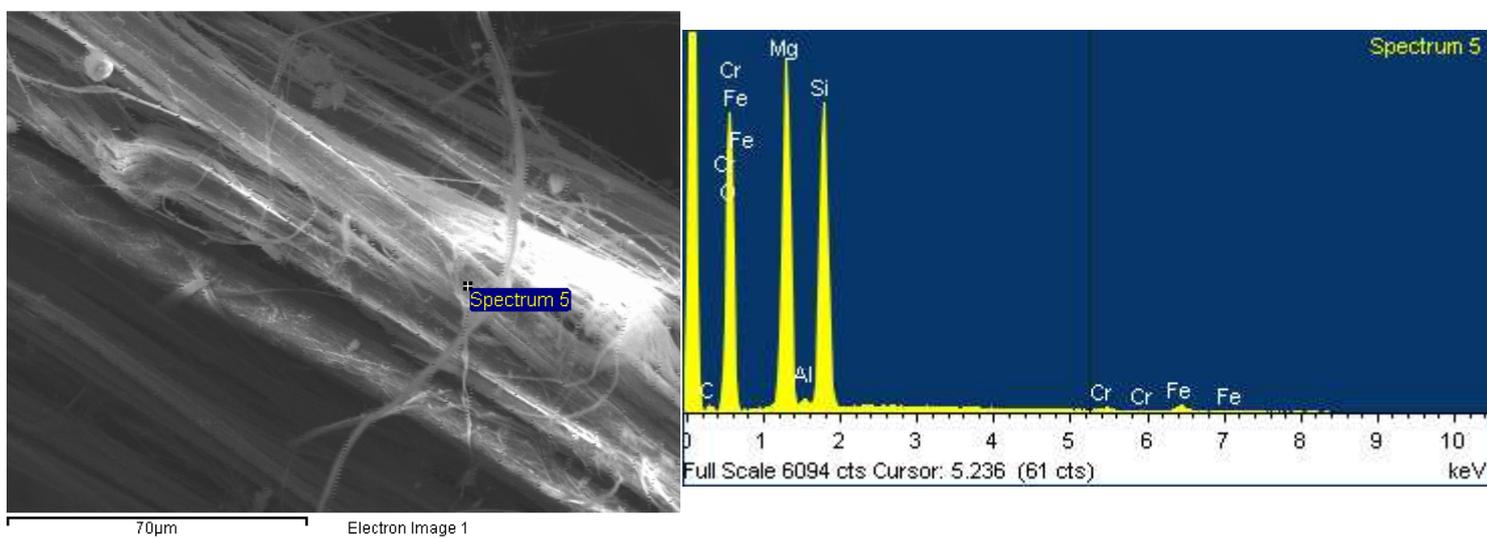
(Fig.1; Rif. int. doc29 Selez.1 – 110)



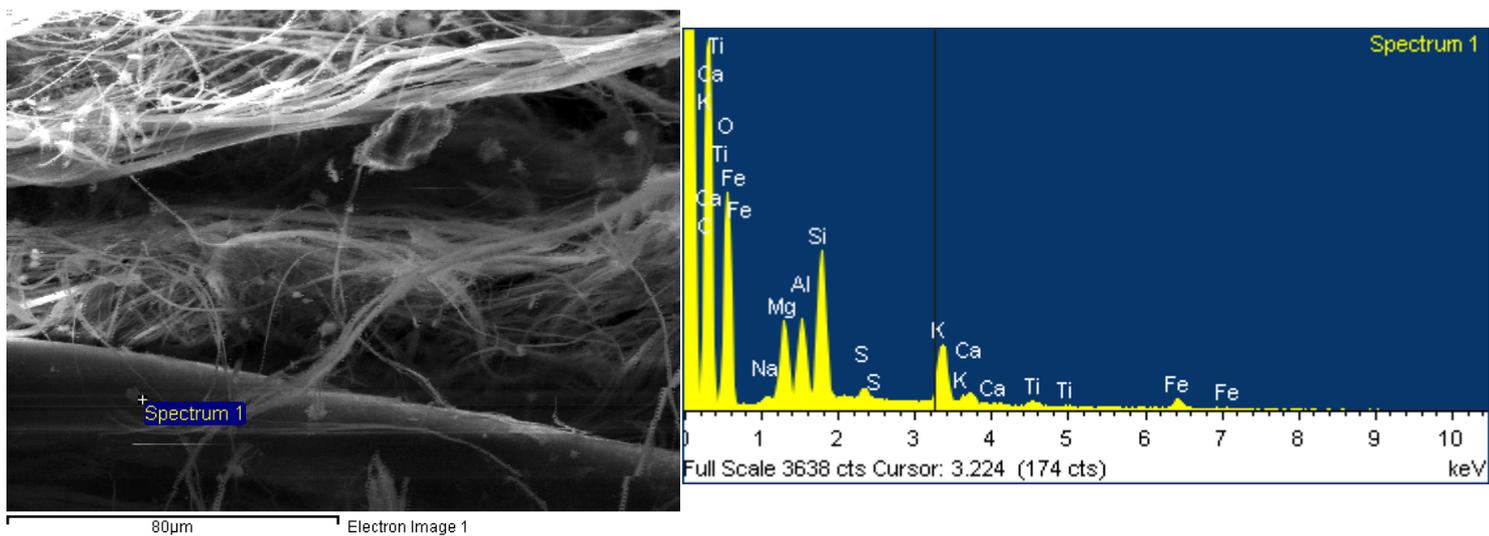
(Fig.2; Rif. int. doc35 Selez.1 – 110)



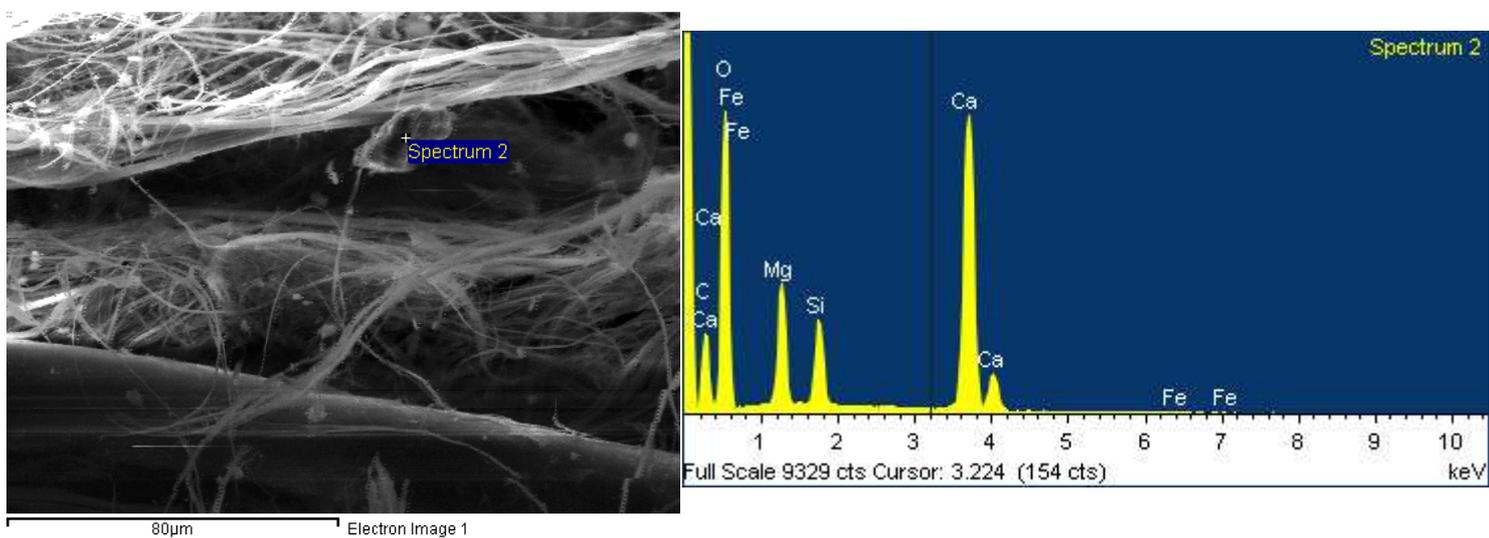
(Fig.3; Rif. int. doc21 Selez.2 – 110)



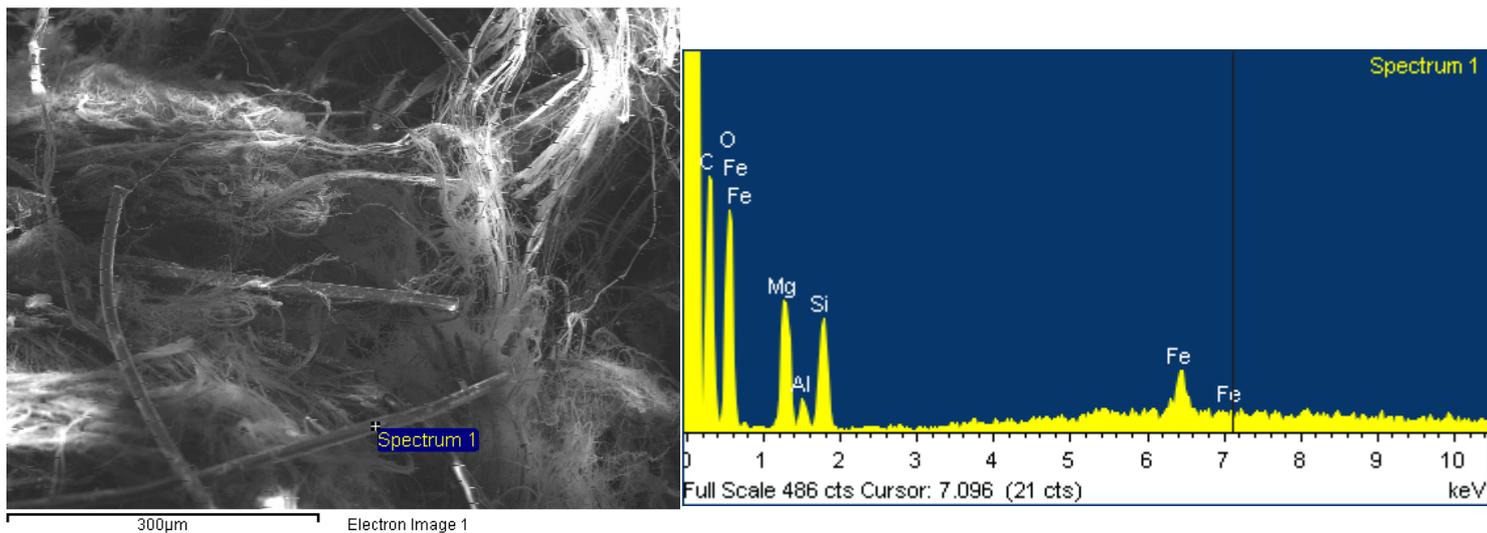
(Fig.4; Rif. int. doc25 Selez.2 – 110)



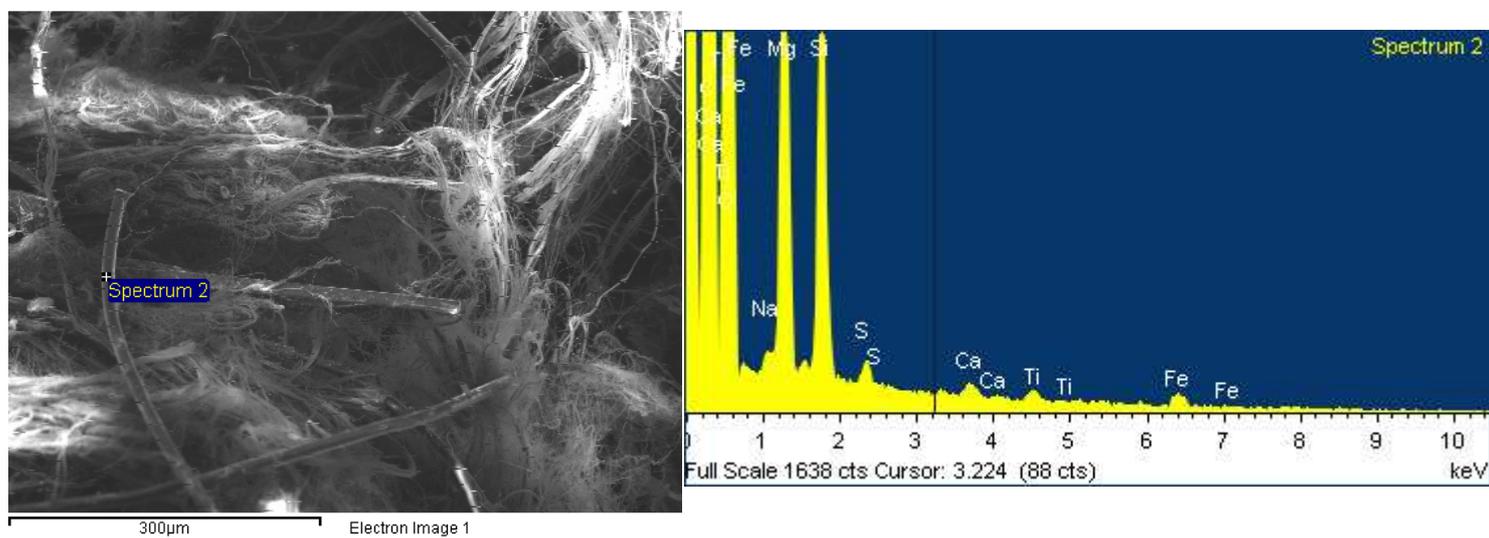
(Fig.5; Rif. int. doc4 Selez.3 – 110)



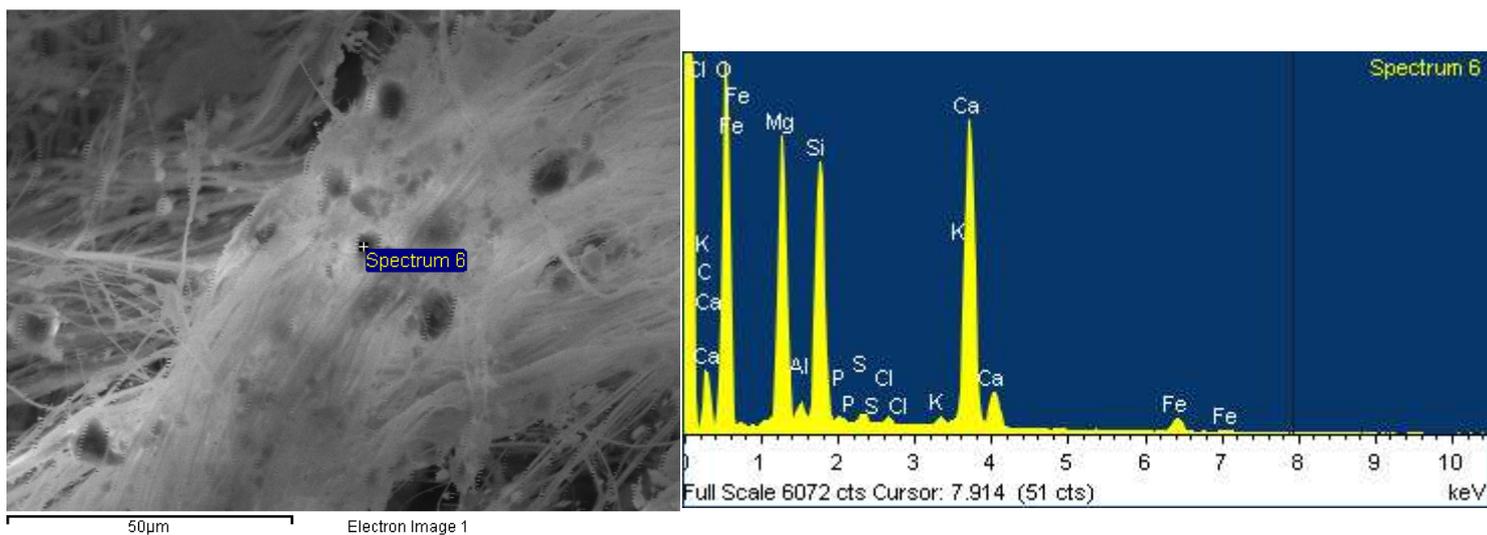
(Fig.6; Rif. int. doc5 Selez.3 – 110)



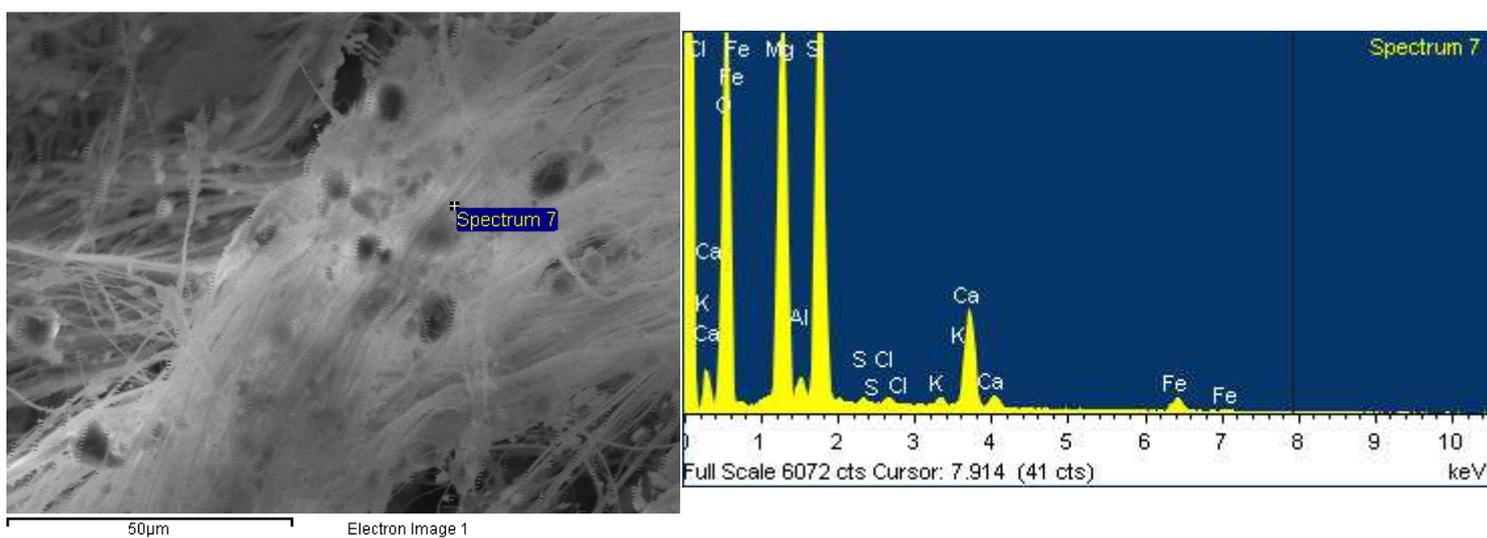
(Fig.7; Rif. int. doc1 Selez.4 – 110)



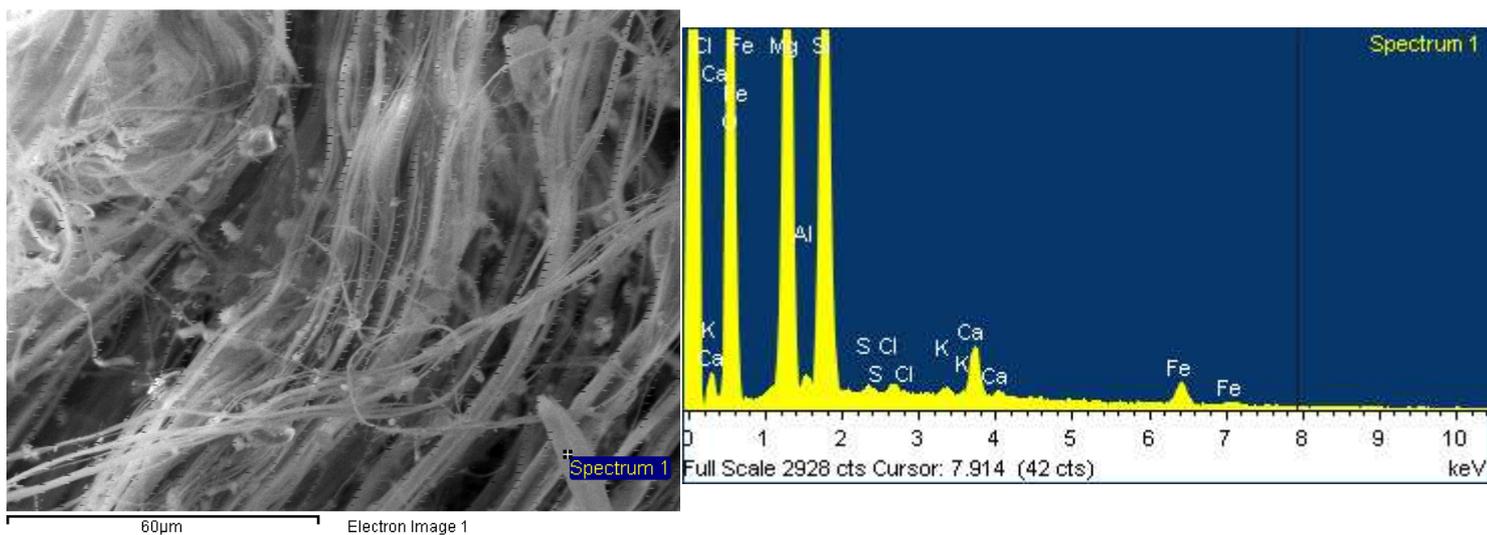
(Fig.8; Rif. int. doc2 Selez.4 – 110)



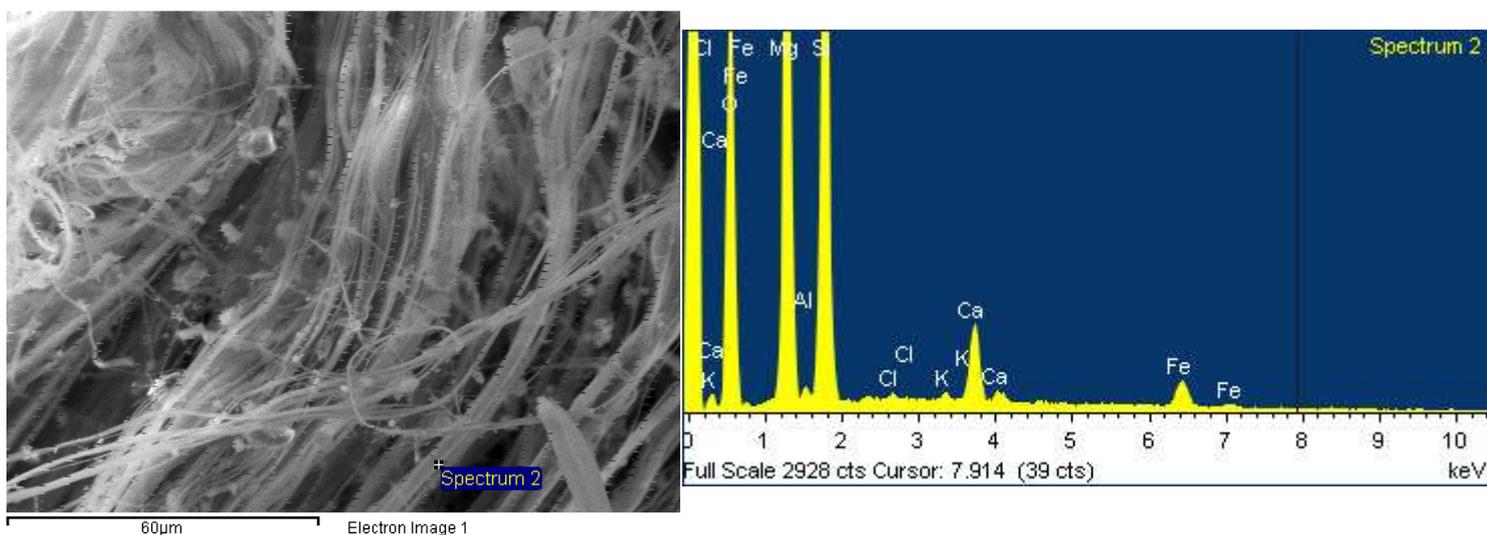
(Fig.9; Rif. int. doc82 Selez.1 – 250)



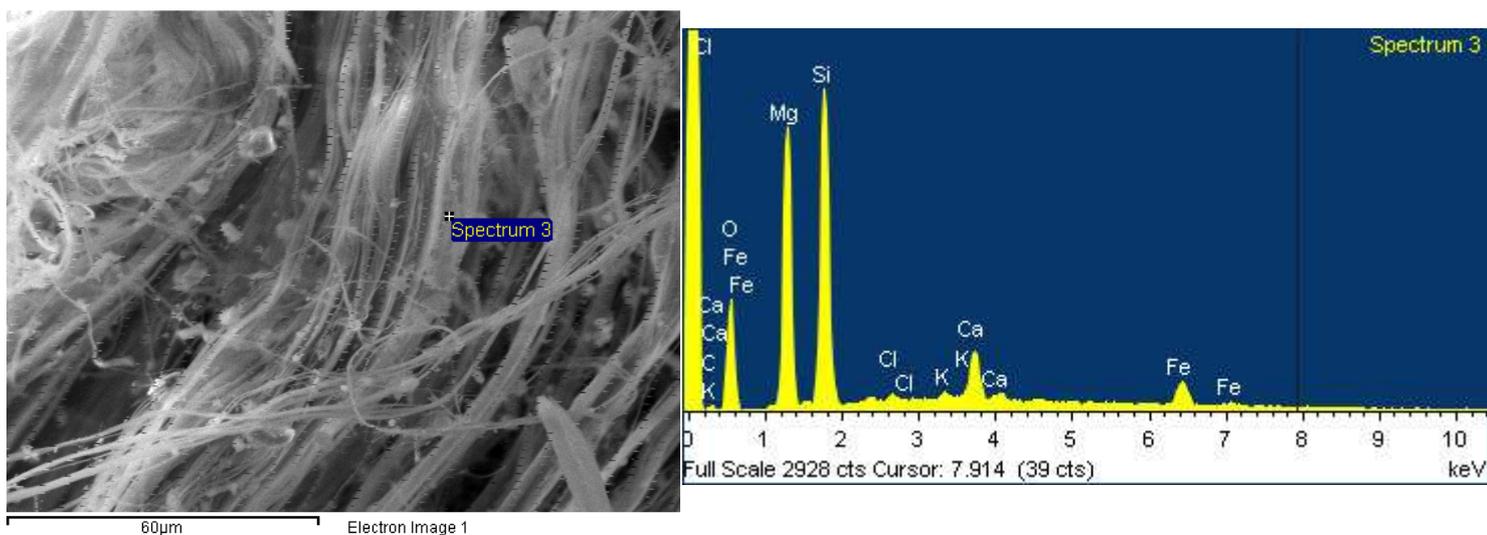
(Fig.10; Rif. int. doc83 Selez.1 – 250)



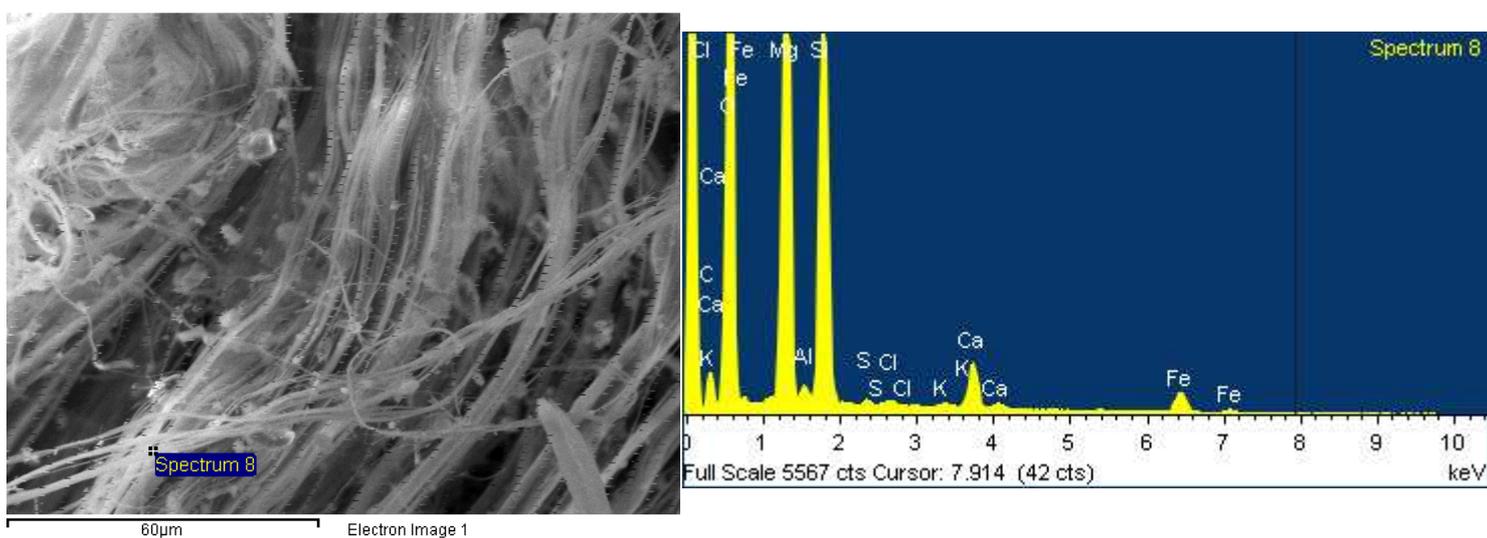
(Fig.11; Rif. int. doc67 Selez.2 – 250)



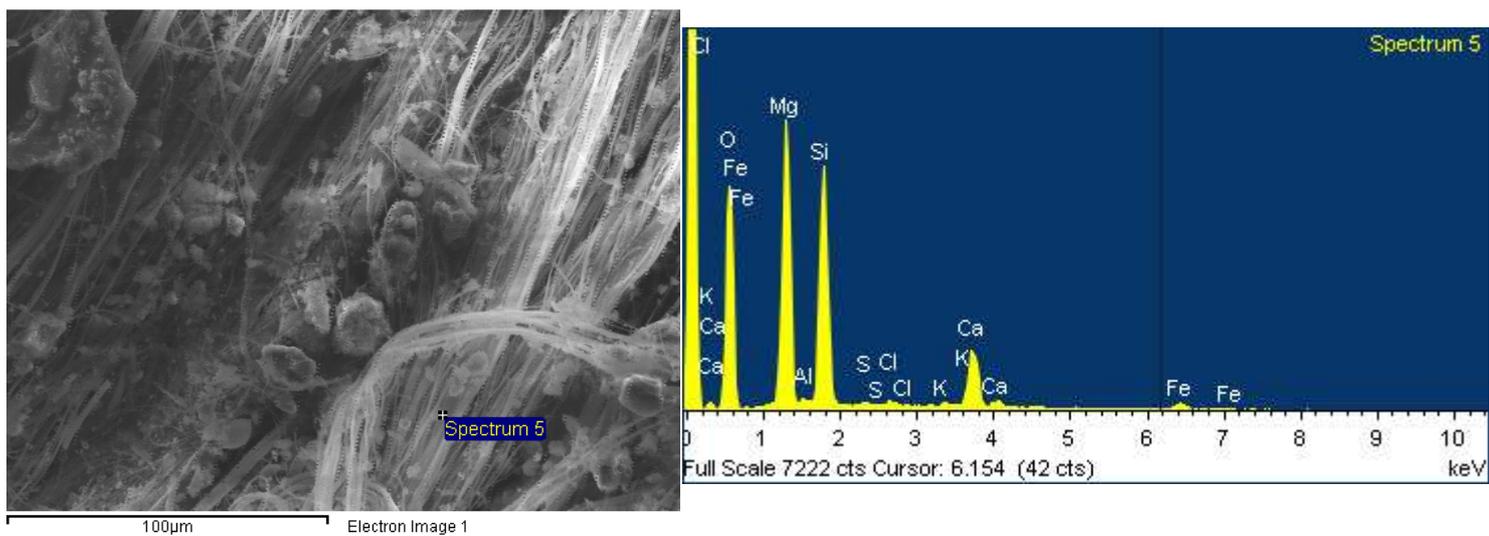
(Fig.12; Rif. int. doc68 Selez.2 – 250)



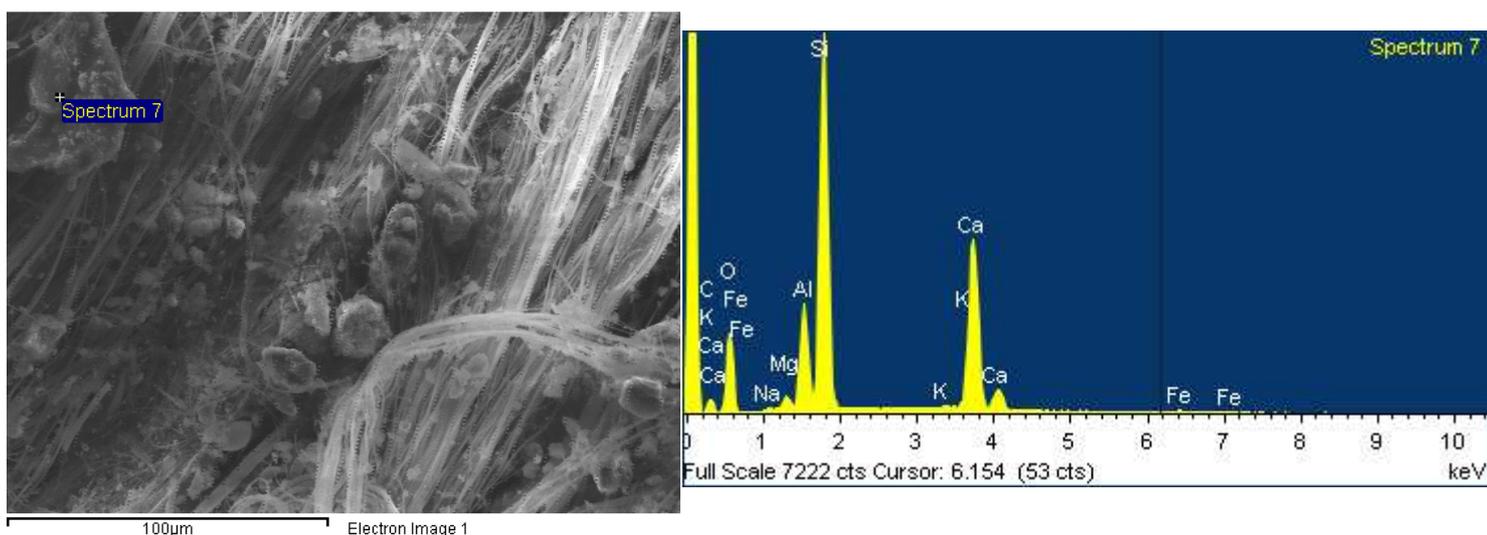
(Fig.13; Rif. int. doc69 Selez.2 – 250)



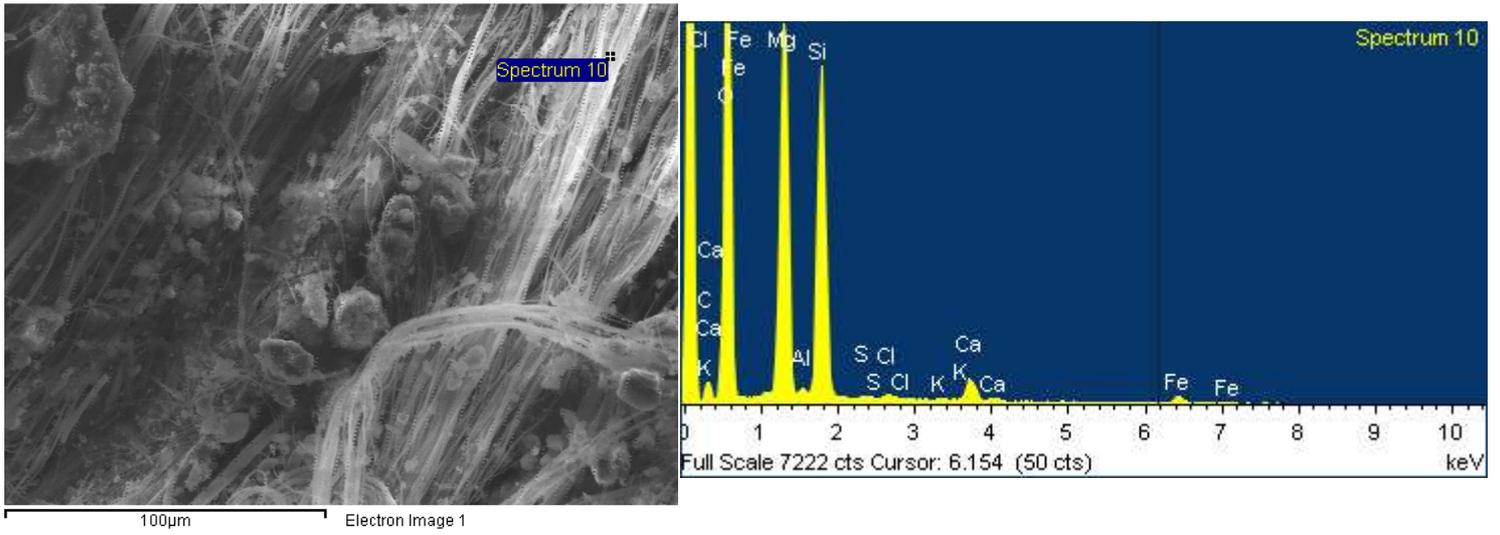
(Fig.14; Rif. int. doc 74 Selez.2 – 250)



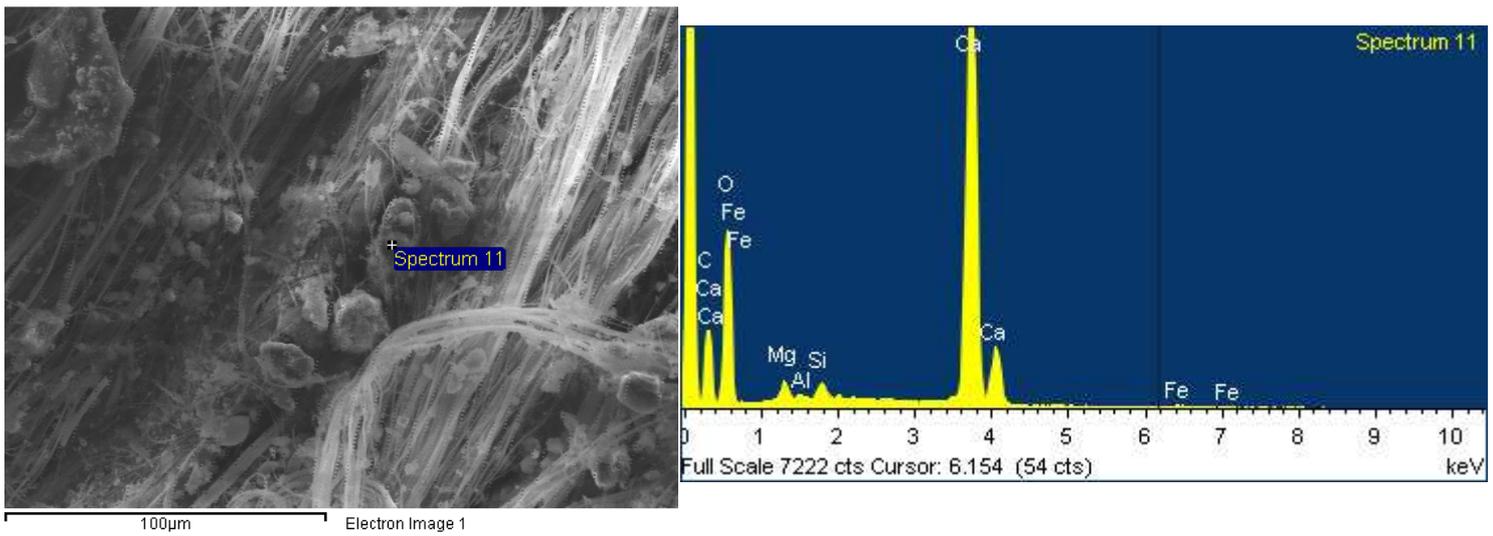
(Fig.15; Rif. int. doc 47 Selez.3 – 250)



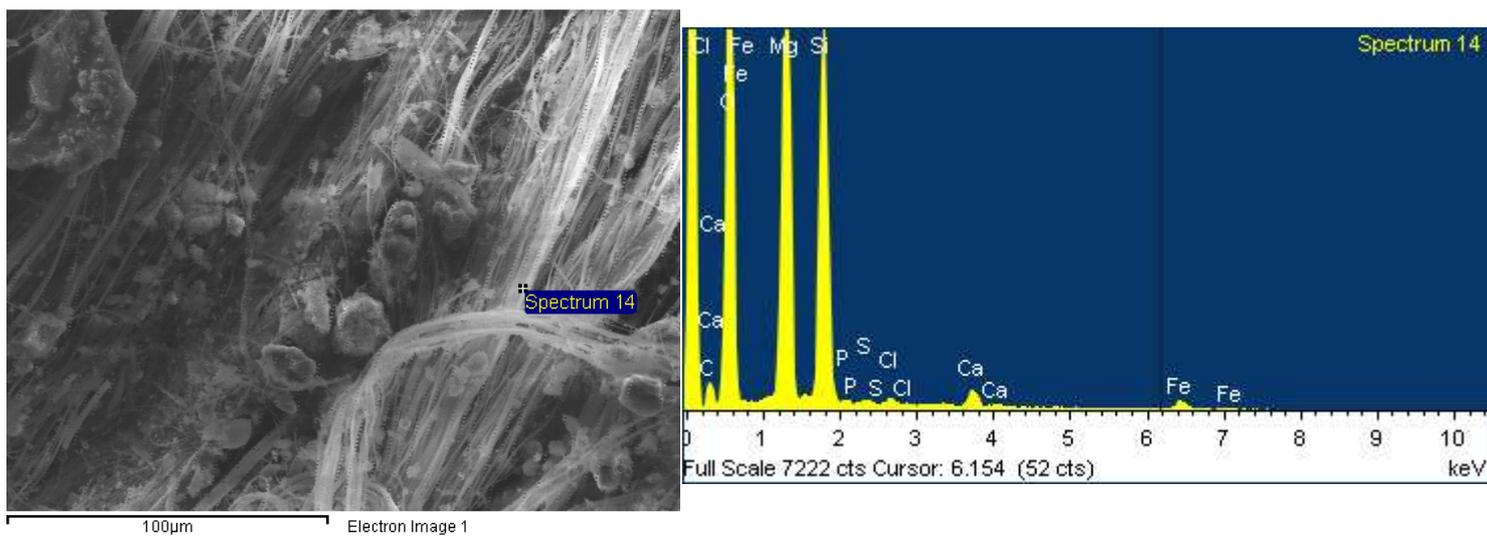
(Fig.16; Rif. int. doc 49 Selez.3 – 250)



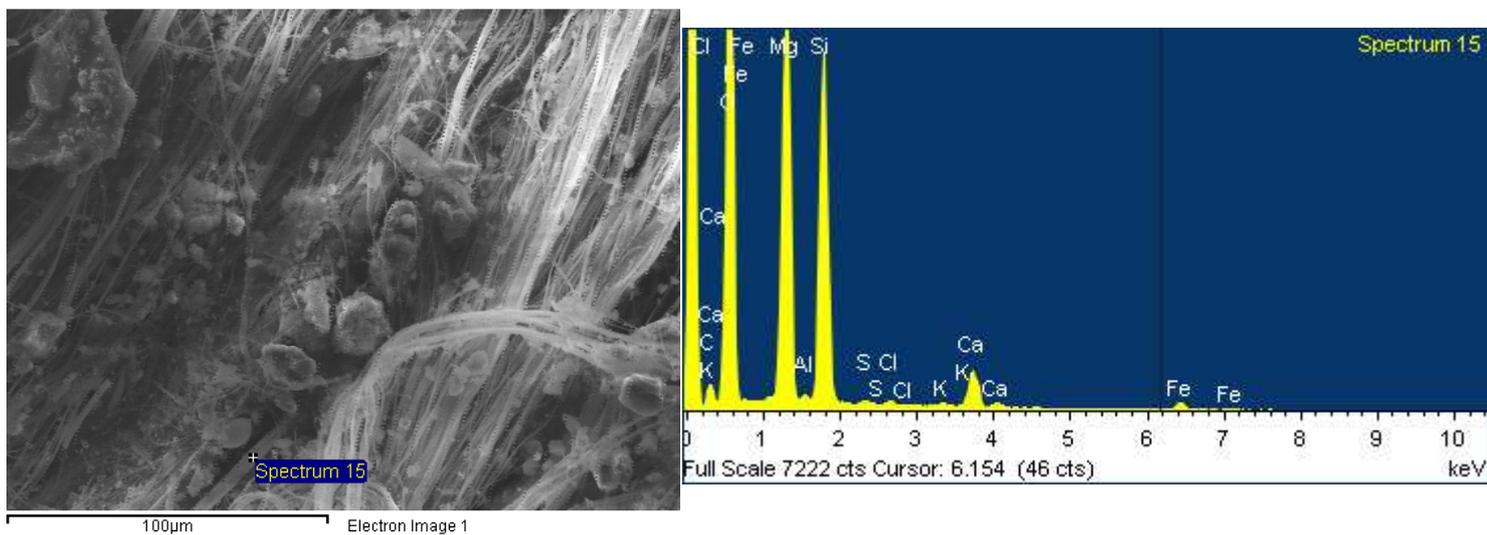
(Fig.17; Rif. int. doc 52 Selez.3 – 250)



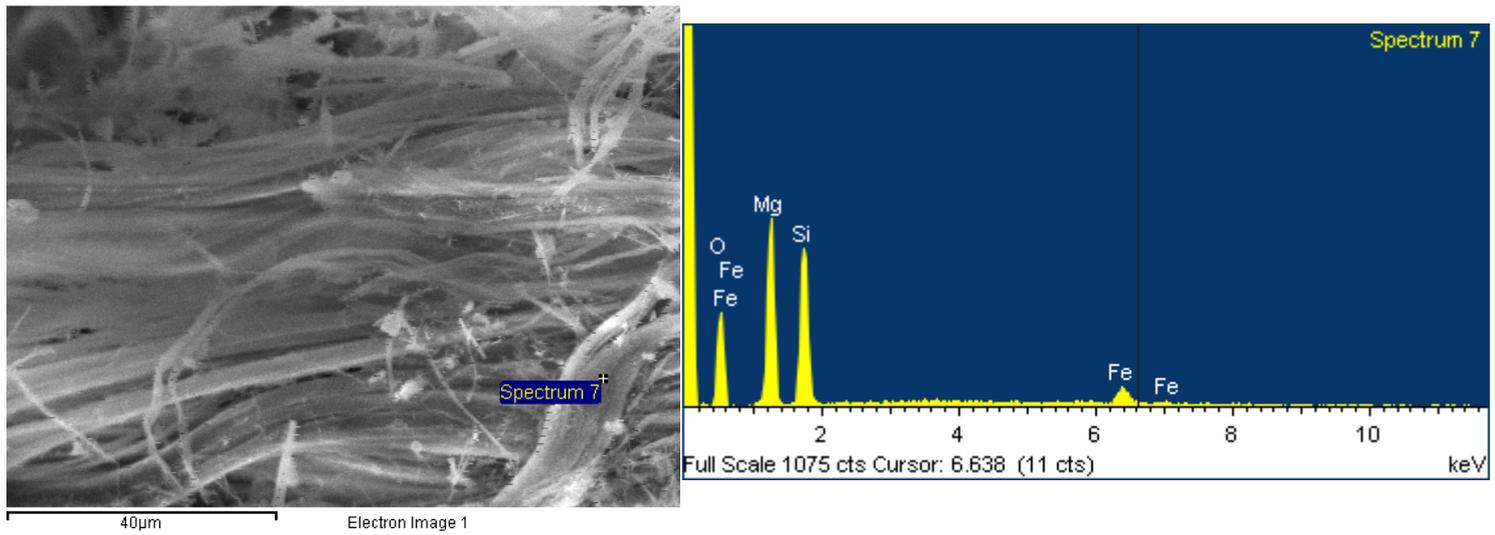
(Fig.18; Rif. int. doc 53 Selez.3 – 250)



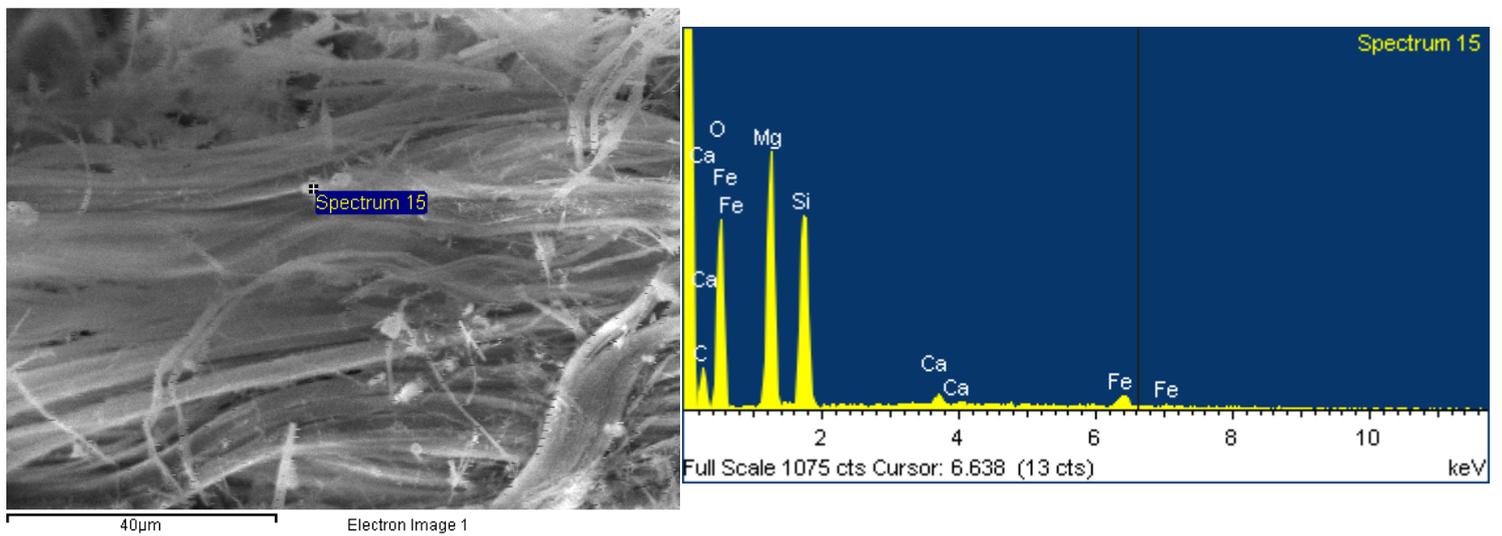
(Fig.19; Rif. int. doc 56 Selez.3 – 250)



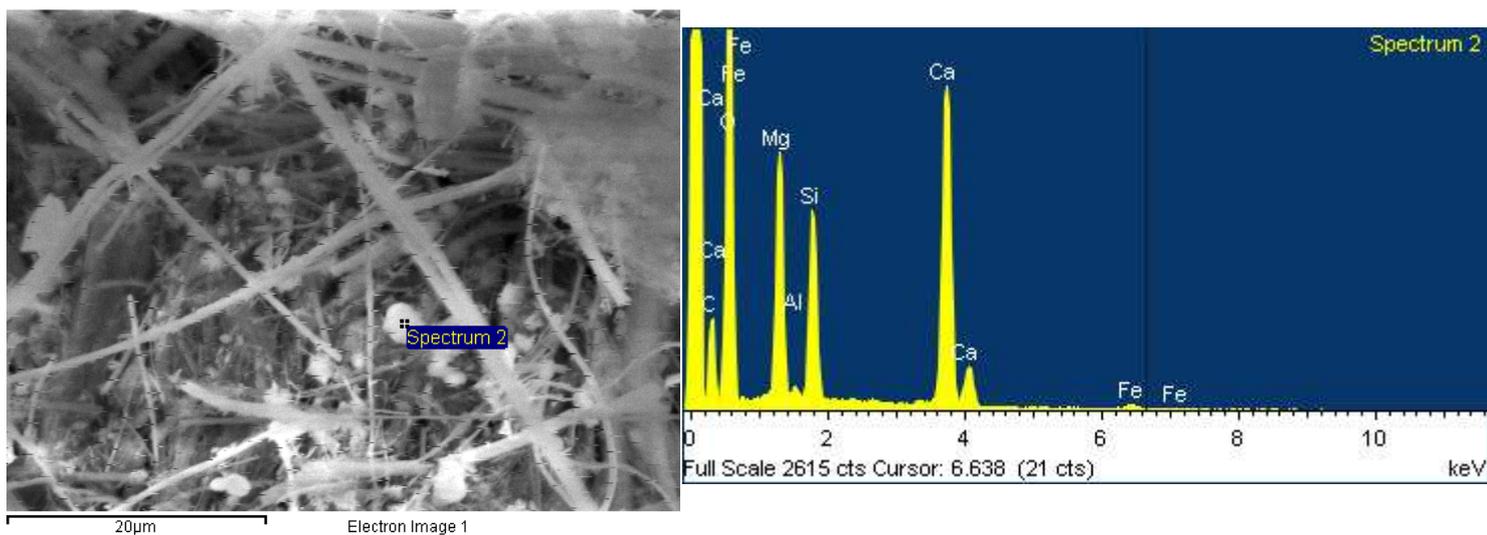
(Fig.20; Rif. int. doc 57 Selez.3 – 250)



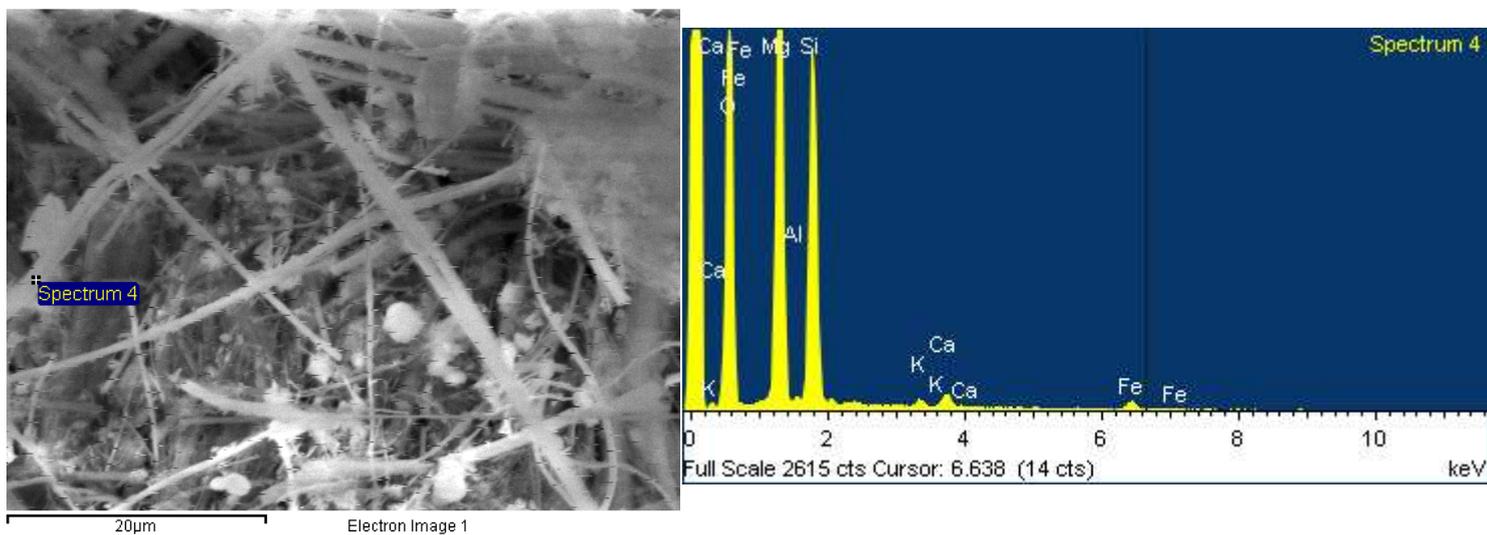
(Fig.21; Rif. int. doc 36 Selez.1 – 550)



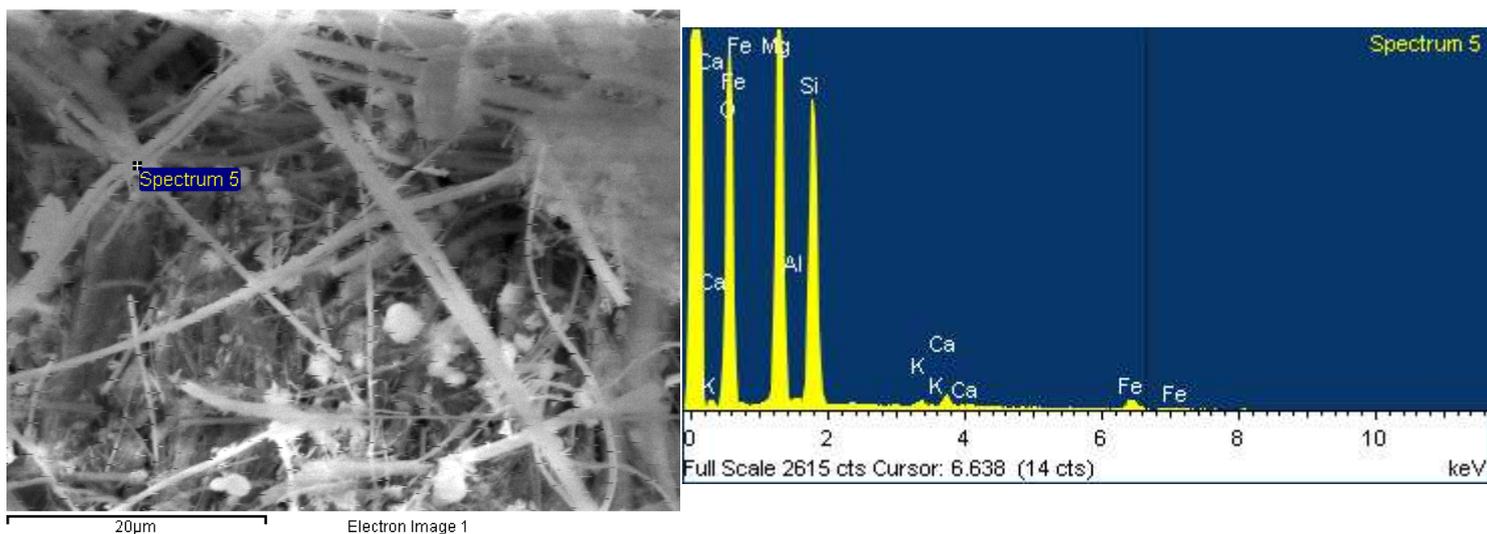
(Fig.22; Rif. int. doc 44 Selez.1 – 550)



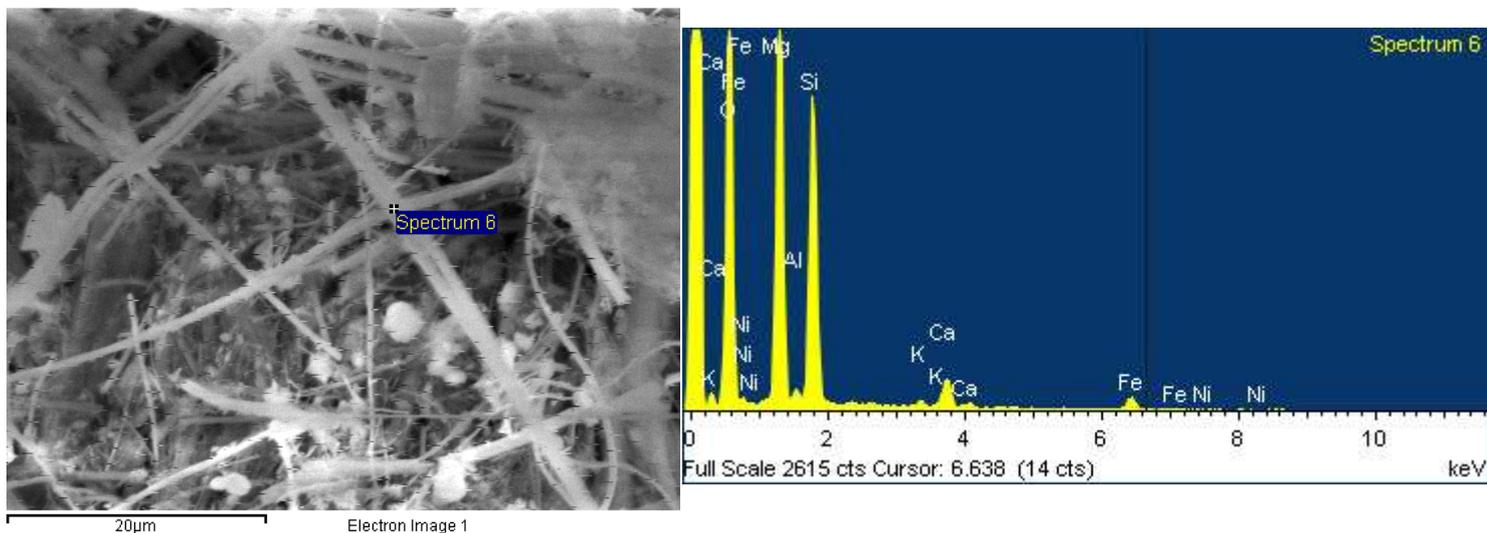
(Fig.23; Rif. int. doc 16 Selez.2 – 550)



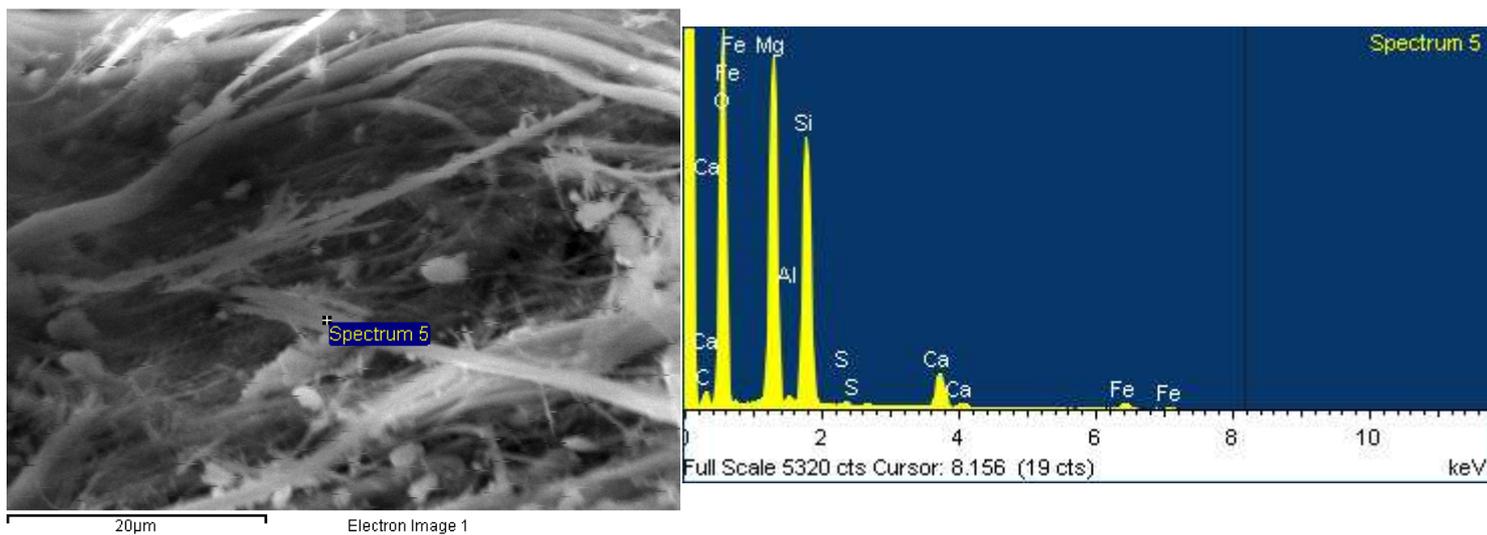
(Fig.24; Rif. int. doc 18 Selez.2 – 550)



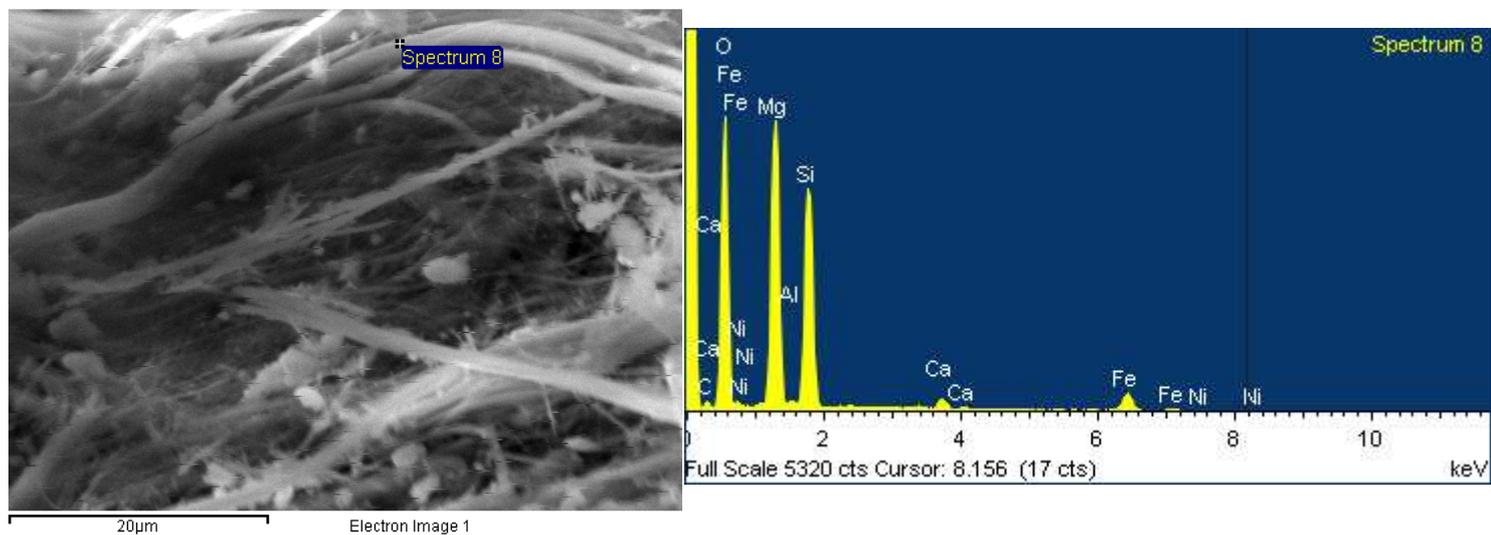
(Fig.25; Rif. int. doc 19 Selez.2 – 550)



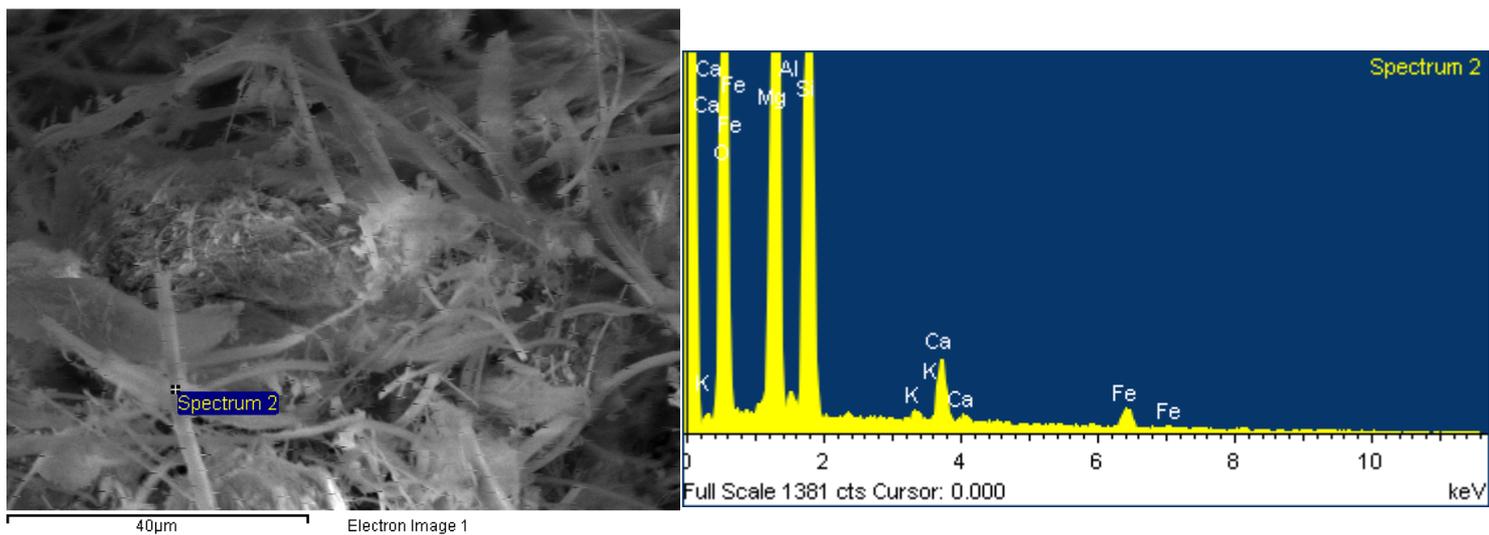
(Fig.26; Rif. int. doc 20 Selez.2 – 550)



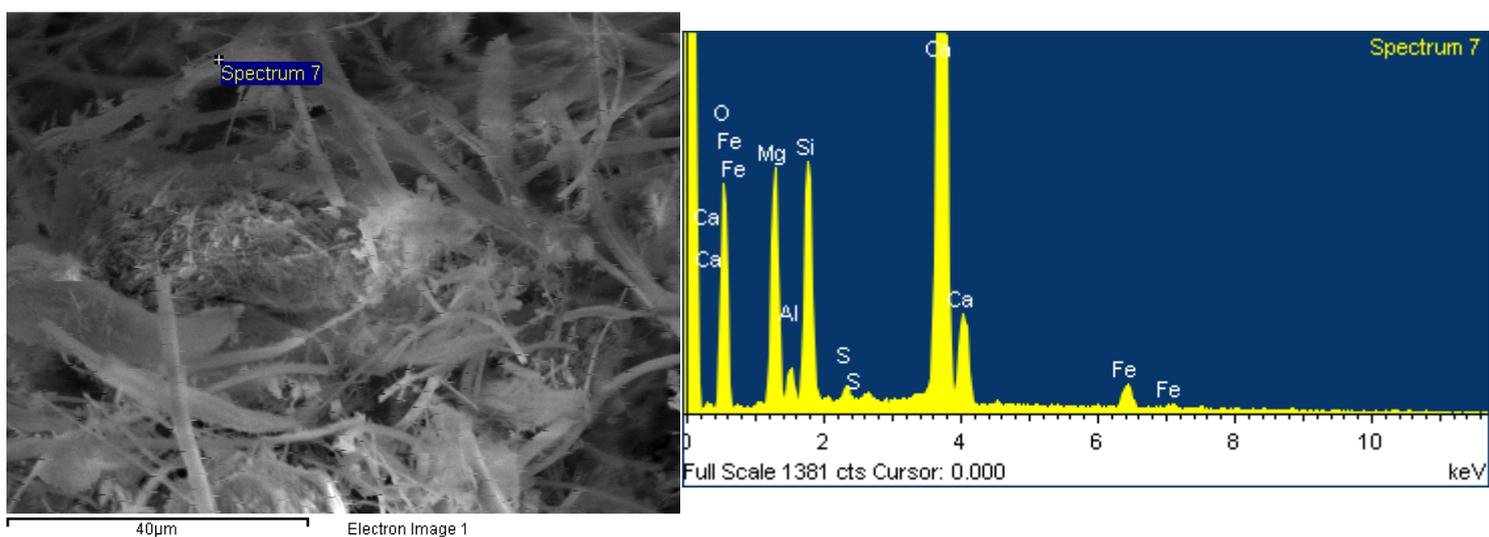
(Fig.27; Rif. int. doc 5 Selez.3 – 550)



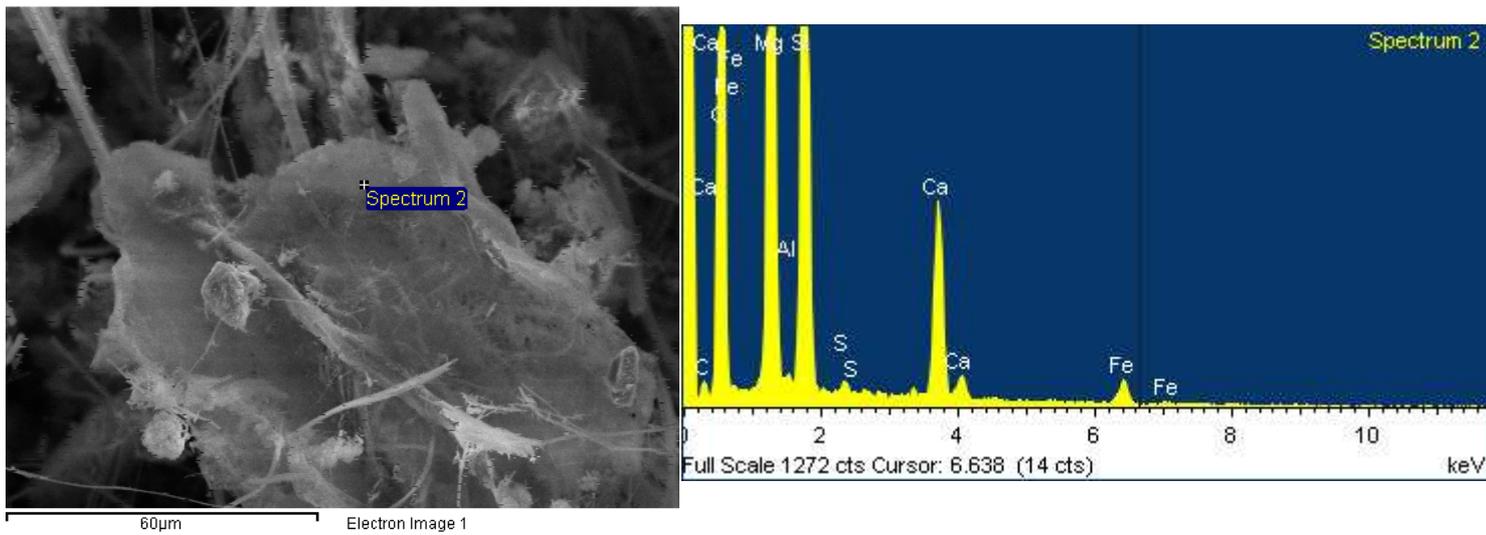
(Fig.28; Rif. int. doc 8 Selez.3 – 550)



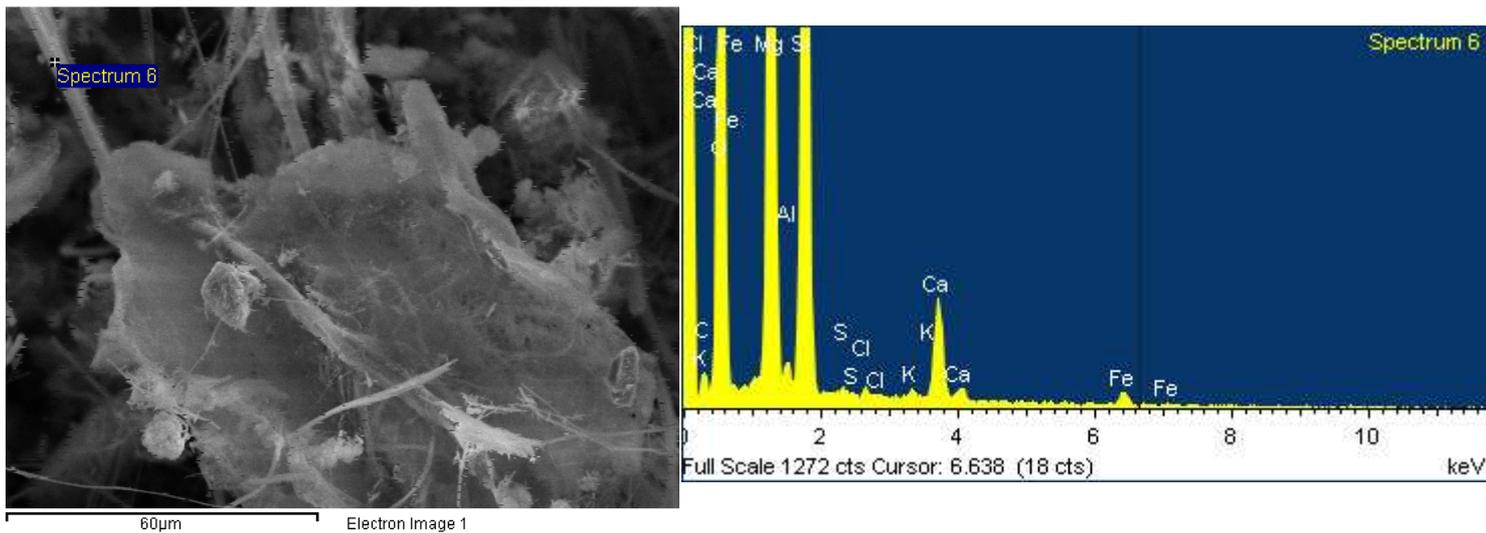
(Fig.29; Rif. int. doc 68 Selez.1 – 750)



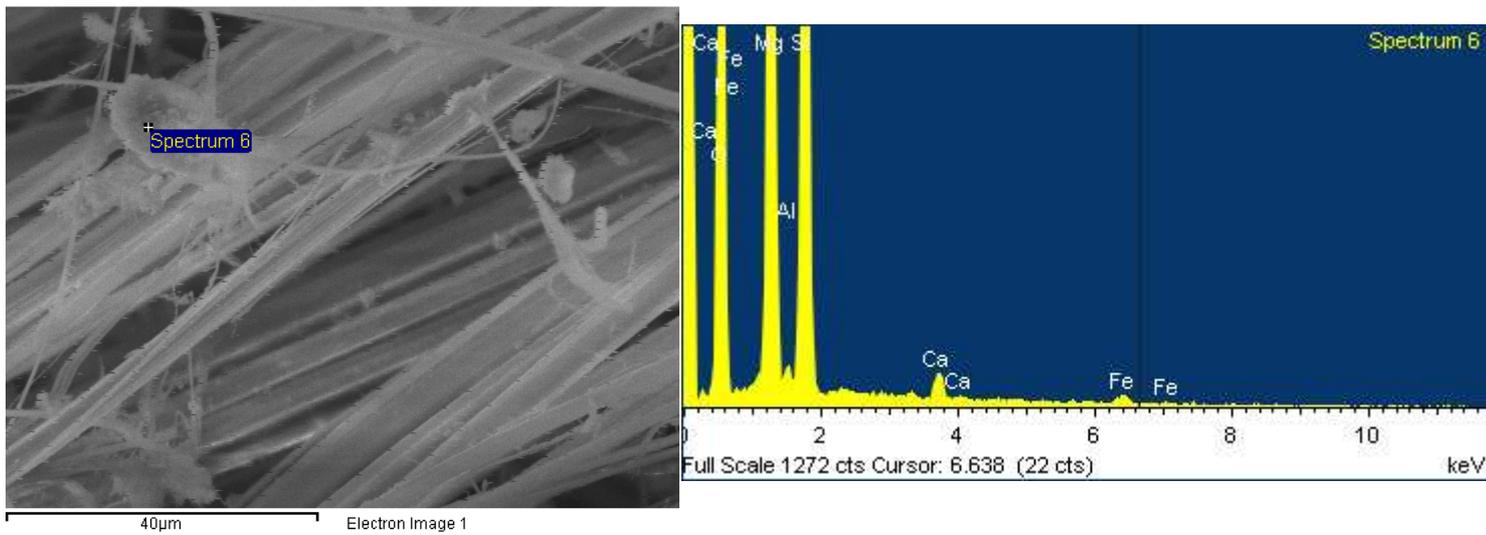
(Fig.30; Rif. int. doc 73 Selez.1 – 750)



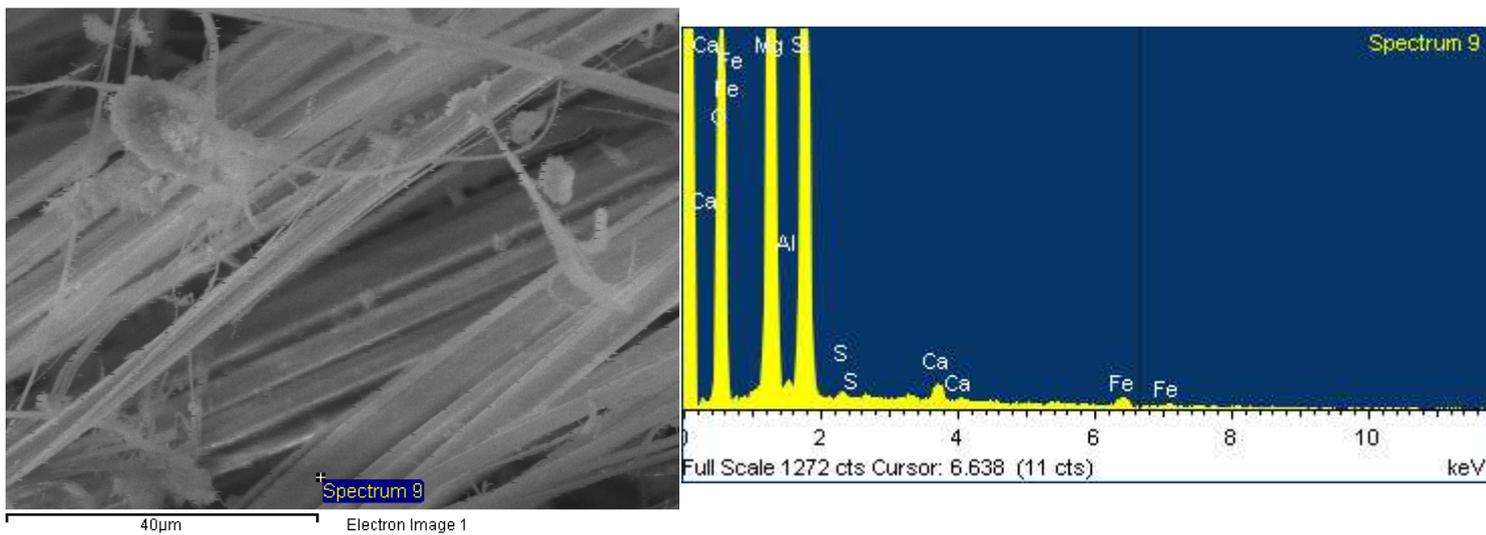
(Fig.31; Rif. int. doc 55 Selez.2 – 750)



(Fig.32; Rif. int. doc 59 Selez.2 – 750)



(Fig.33; Rif. int. doc 50 Selez.3 – 750)

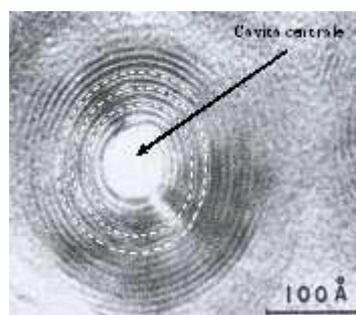


(Fig.34; Rif. int. doc 53 Selez.3 – 750)

Le osservazioni al SEM sul campione riscaldato a 110 gradi, evidenziano la presenza di fasi fibrose costituite prevalentemente da crisotilo (Fig.2,4), riconoscibile sia per la morfologia caratterizzata da lunghe fibre sinuose (il crisotilo ha una struttura cilindrica, derivante dall'incurvamento degli strati tetraedrico ed ottaedrico) ed arrotolate sia dall'analisi chimica che mostra la generale assenza di calcio e ferro e da un basso rapporto Si /Mg essendo il Silicio circa il 70 % del Magnesio. Si ricorda che il crisotilo è un minerale del gruppo dei serpentini, fillosilicati idrati triottaedrici la cui struttura è definita dall'alternanza di strati tetraedrici  $[\text{SiO}_4]$  con strati ottaedrici  $\text{MgO}_2(\text{OH})_4$ , la cui formula ideale è  $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ .



**Fig. 35**



**Fig. 36**

Sembrerebbero presenti anche se in minima percentuale altre fasi non compatibili con il crisotilo, caratterizzate da una concentrazione in silice da comparabile a leggermente maggiore del magnesio (Fig.1,3); trattandosi però di una metodica di indagine di tipo semi-quantitativo possono esservi dei problemi di accuratezza dovuti all'assenza di calibrazione con degli standard per cui in alcuni casi può essere difficile ricondurre l'analisi ad una qualche fase mineralogica ben precisa. Anche se non vi è stato riscontro dall'analisi DRX, il rapporto simile Mg/Si farebbe propendere per l'ipotesi di una minima presenza (al di sotto della rilevabilità del diffrattometro <1-2 %) di Antofillite o Grunerite nota commercialmente come Amosite  $(\text{Mg,Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$ ; queste fasi appartengono alla famiglia degli anfiboli e la loro struttura consiste di catene tetraedriche  $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$  legate lateralmente a filari di ottaedri occupati esclusivamente da Fe e Mg.

Tuttavia dubbi sulla presenza di queste fasi mineralogiche permangono, considerando che il fascio di elettroni dell'analisi in microsonda avviene su un campione dalla superficie irregolare laddove maggiori certezze proverrebbero invece da un'analisi su un campione perfettamente liscio.

In alcuni punti del campione si osservano impurità caratterizzate da particelle argillose (Fig. 5) e da alcuni piccoli minerali dall'aspetto massivo, tondeggianti con superfici irregolari attribuibili per la prevalente presenza di Ca a clasti di carbonati (Fig. 6).

I campioni sottoposti a trattamento termico di 250 gradi mostrano il permanere delle strutture fibrose, ma appaiono fasi con significative concentrazioni di Ca Mg e Fe (Fig.11-15), il che farebbe supporre la presenza degli anfiboli Tremolite e Actinolite; la presenza di queste fasi precedentemente assenti potrebbe essere indicativa di un fenomeno di ricristallizzazione responsabile della reazione con impurità calciche.

Tuttavia il Ca e il Fe sembrano essere ubiquitari, il che escluderebbe la presenza degli anfiboli e porterebbe a ricondurre a fenomeni legati al processo produttivo o ad inquinamento dei teli ove le fibre di crisotilo risulterebbero “sporche” di polvere microcristallina di calcite; non infrequenti sono pure gli idrossidi di ferro presenti all’interno delle cavità centrali del crisotilo, il che spiegherebbe la presenza del Fe.

Sono presenti anche alcuni minerali riconducibili a impurità di quarzo come nell’ammasso di fasi a netta preponderanza di silicio (Fig.16).

Nel campione riscaldato a 550 gradi, le condizioni termiche di trattamento mostrano una condizione tessiturale decisamente rimaneggiata, in accordo con i valori delle caratteristiche meccaniche ricavate dalle prove di resistenza alla trazione e dalle prove a strappo.

L’osservazione morfologica mostra fibre che mantengono forma sinuosa e allungata a volte aggregate in fasci isoorientati; sono presenti anche aree in cui fibre dall’aspetto aciculare si intrecciano tra di loro e rispetto ai campioni osservati precedentemente, risultano talvolta isolate e non isoorientate.

Dal punto di vista chimico, differenze sostanziali nel campione trattato a 550° rispetto a quello precedente non si osservano; anche qui il rapporto Si /Mg rimane basso secondo le caratteristiche standard del crisotilo.

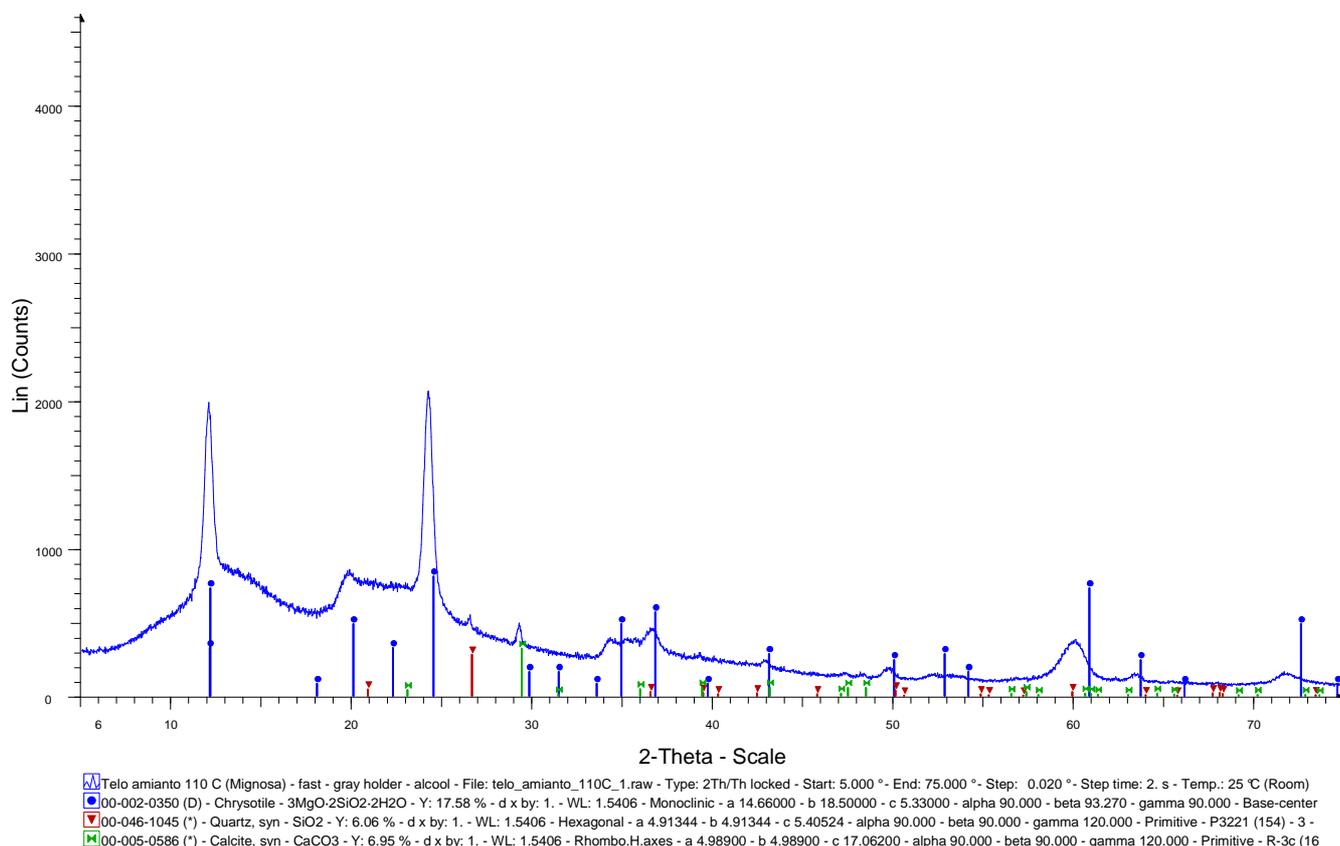
La presenza quasi costante di Ca e Fe permane attribuendola all’interpretazione già descritta.

Anche nel campione sottoposto a 750° è in evidenza un trend evolutivo di rimaneggiamento tessiturale al crescere della temperatura di trattamento, le fibre inoltre risultano più spesse e riassumono forme allungate più regolari ma la composizione chimica e quella mineralogica confermata successivamente dalla DRX risulta essere quella dell’olivina; si osservano individui tozzi di pirosseno.

## *Analisi chimico-mineralogiche: DRX*

Oltre alle indagini SEM sono state quindi effettuate analisi diffrattometriche a raggi X che a differenza delle prime permettono di individuare le fasi mineralogiche e non solo gli elementi composizionali presenti. Questo metodo consente quindi la determinazione qualitativa delle diverse strutture cristalline dell'amianto, per mezzo di spettri di diffrazione nel range angolare tra 8 e 38 gradi, con step di 0.02 gradi. Negli spettri delle diverse fasi mineralogiche presenti vengono evidenziati i principali picchi di diffrazione. I campioni sono stati preliminarmente macinati in mulino a palle d'agata rilevando una difficoltà a ridurre in polvere i campioni trattati a temperature più basse, in particolar modo a 110°, a causa della plasticità del materiale legata alla presenza ancora dell'ossidrile OH.

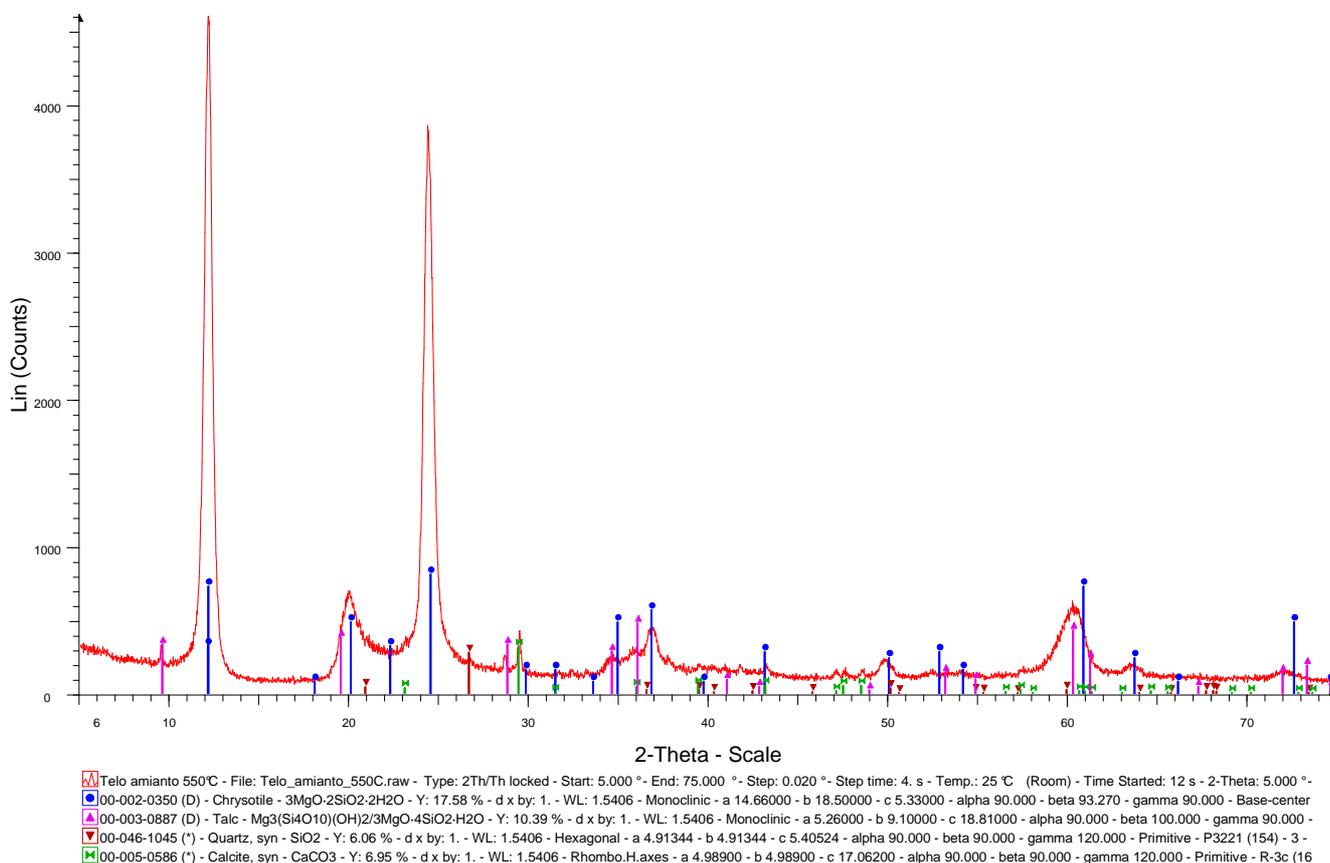
Si riportano di seguito i differenti diffrattogrammi e le relative osservazioni:



### **Diffrattogramma del telo trattato a 110 °C**

I picchi principali sono tutti riconducibili al crisotilo; sono anche presenti impurità di quarzo e calcite, confermando quanto già riscontrato nelle indagini SEM. La forma strutturata del fondo con massimi allargati in corrispondenza dei picchi principali del crisotilo può essere riferibile ad un

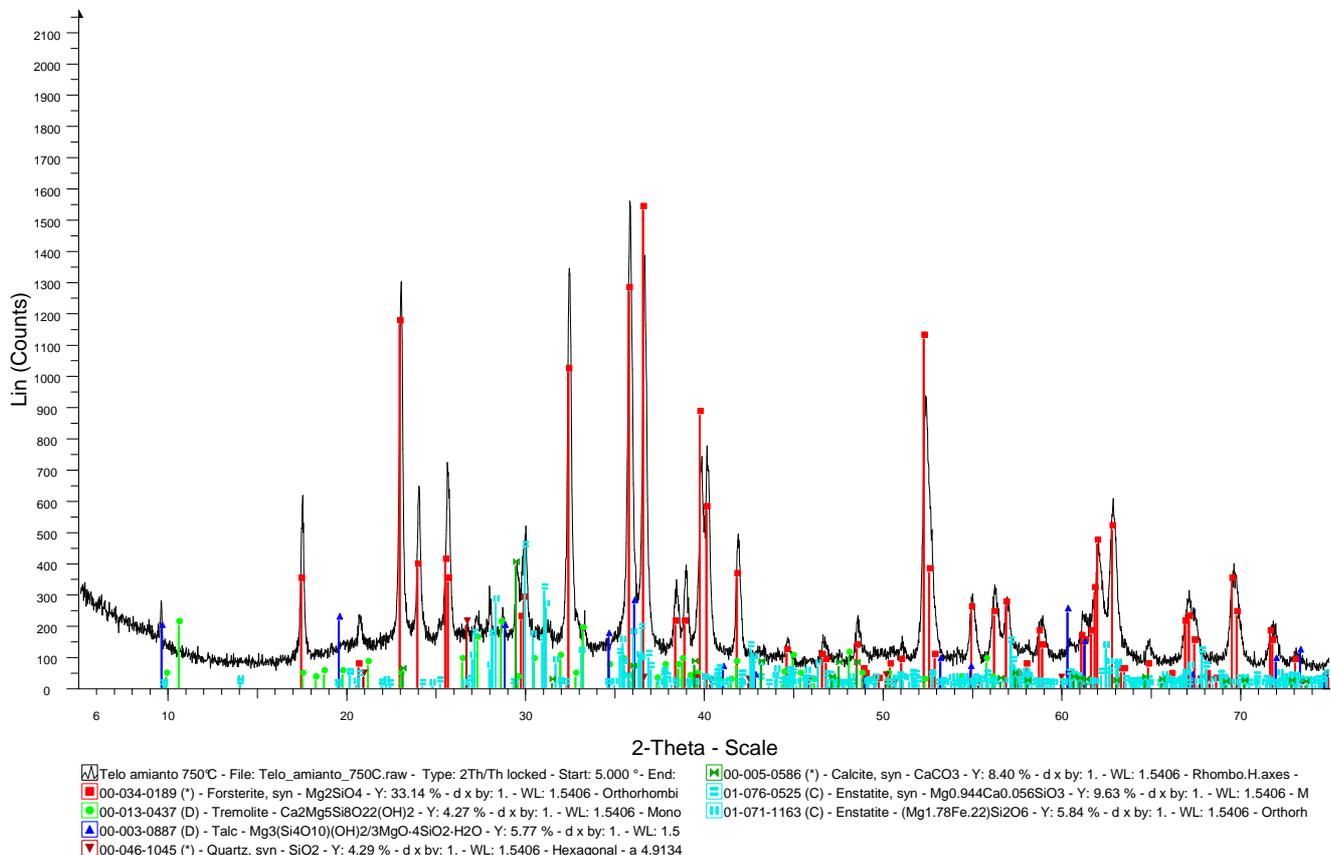
elevato grado di disordine di impilamento all'interno delle fibre di crisotilo oppure indicare la presenza di una frazione molto abbondante di fibrille estremamente minute dello stesso minerale



### Diffratogramma del telo trattato a 550 °C

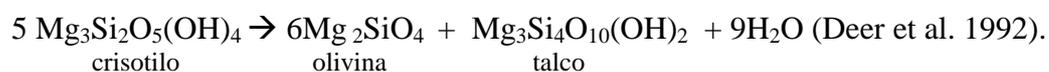
I picchi principali nel diffratogramma sono ancora tutti riconducibili al crisotilo; rispetto al pattern del telo trattato a 110 °C si nota una significativa diminuzione dell'allargamento dei picchi e la scomparsa del fondo strutturato.

Questo può riflettere un aumento della cristallinità del crisotilo oppure una decomposizione della frazione di fibrille di crisotilo aventi dimensioni minute, indotte dal trattamento termico. Tra le fasi accessorie sono ancora evidenti quarzo e calcite mentre compare anche una piccola frazione di talco. La presenza del talco sembrerebbe supportare l'ipotesi che già a questa temperature avviene la trasformazione di una modesta frazione di crisotilo (quella presente in fibrille minute) nel corrispondente silicato di Mg anidro con impilamento TOT.



### Diffattogramma del telo trattato a 750 °

I picchi principali nel diffattogramma sono riconducibili alla olivina di Mg, la forsterite, fase anidra che rappresenta il prodotto della decomposizione termica del crisotilo secondo la relazione:



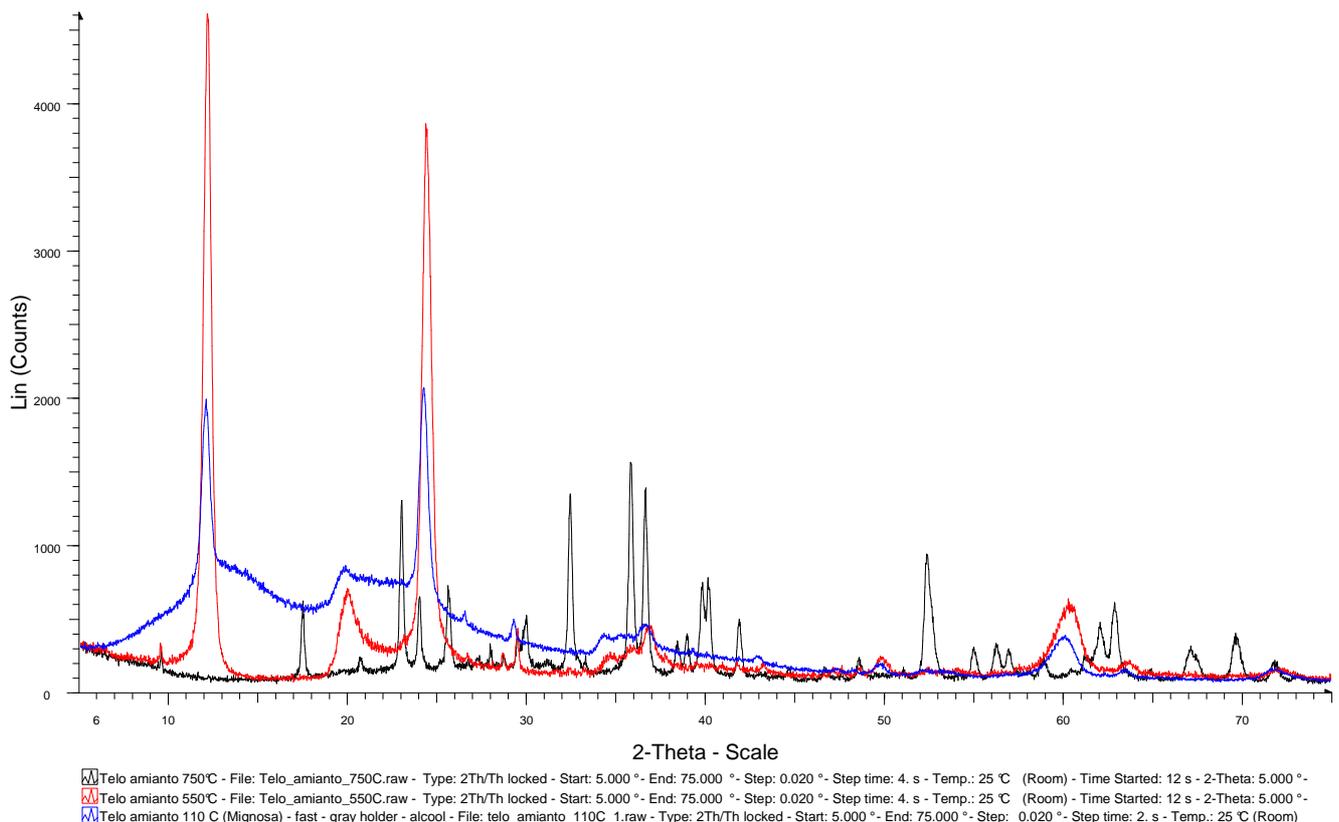
A conferma di questo, si osserva un aumento della frazione di talco (fillosilicato di Mg idrato con sequenza TOT) e la totale scomparsa del crisotilo.

Un'altra fase prodotta per deidrossilazione del crisotilo è l'ortopirosseno di Mg, enstatite MgSiO<sub>3</sub>, altra fase anidra.

L'apparente e incerta presenza del picco della tremolite Ca<sub>2</sub>(Mg,Fe)<sub>5</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>, l'anfibolo (fibroso) idrato di Mg, è un aspetto molto importante da valutare, visto che questo minerale in

varietà fibrosa appartiene al gruppo degli asbesti ritenuti a maggiore potenziale patogeno; l'esistenza potrebbe essere originaria oppure questa fase potrebbe essere comparsa dopo trattamento termico.

Tuttavia la totale mancanza del picco caratteristico delle tremolite a circa  $10.6^\circ$  di  $2\theta$  e la sovrapposizione dei picchi dell'enstatite, portano a ritenere improbabile la presenza del minerale in questione anche se non è possibile escludere in maniera categorica la sua presenza in piccole proporzioni.



### Confronto tra i diffrattogrammi del telo di amianto trattato a 110 °C, 550 °C, e 750 °C

Il diffrattogramma del materiale trattato a 750 °C indica in maniera evidente la totale trasformazione del crisotilo; come già discusso, è improbabile la presenza di tremolite.

Per contro, l'osservazione al SEM mostra chiaramente la presenza di un minerale in forma di fibre con caratteristiche molto simili a quelle del crisotilo. Questa apparente discrepanza può essere conciliata richiamando la letteratura sulla trasformazione di fase crisotilo → olivina.

E' stato infatti osservato che questa trasformazione è di natura topotattica, vale a dire che il passaggio da crisotilo ad olivina avviene attraverso la diffusione degli ioni di Mg e Si lasciando il

più possibile inalterata l'impalcatura degli ossigeni. Questo meccanismo comporta un elevato grado di pseudomorfosi dell'olivina che tende a mantenere una struttura microscopicamente fibrosa. Le fibre pseudomorfe risultanti potrebbero essere però costituite da aggregati micro e criptocristallini di forsterite. Le caratteristiche fisiche, meccaniche e di biodurabilità di queste fibre sono pertanto profondamente diverse da quelle delle fibre di crisotilo di partenza.

Le fasi mineralogiche che apparivano nettamente fibrose nelle immagini SEM ed aventi composizione chimica compatibile con quella del crisotilo non erano quindi più riconducibili allo stesso ma piuttosto all'olivina, formatasi per trasformazione termica del minerale di amianto al passaggio dai 550 ° ai 750°; quanto osservato è fortemente supportato anche da alcuni dati di letteratura.

Kojima et al. (1993) proposero infatti che l'olivina fibrosa, nella fattispecie particolarmente ricca in ferro e presente nelle vene delle inclusioni scure (dark inclusions) delle condriti carbonacee di Vigarano, fosse prodotta da fenomeni di deidratazione e termo-trasformazione di fillosilicati che erano stati precedentemente formati da alterazioni acquose; più specificamente le vene sono fittamente riempite da minuscole fibre di olivina la maggior parte delle quali isorientate.

Basandosi su dati sperimentali, Akai (1992) riferisce che il serpentino delle condriti di Murchison inizia a trasformarsi in olivina a circa 300°C completando la trasformazione a 700°C; a 750°C, l'olivina si trasforma ulteriormente in enstatite. Anche Zolensky et al. (1994) riportano che il serpentino del Murchison, sottoposto ad un riscaldamento di 800°C è interamente sostituito da olivina.

L'olivina fibrosa delle condriti è quindi dimostrato che può formarsi attraverso un metamorfismo termico di impatto dalla trasformazione di fillosilicati alterati da soluzioni acquose molto probabilmente già presenti nel corpo del meteorite genitore (Tomeoka, 1989).

Gli studi sperimentali di trasformazione termica del serpentino (Brindley e Zussman, 1957; Ball e Taylor, 1963; Souza Santos e Yada, 1979, 1983; Akai, 1988, 1992) mostrarono che la trasformazione è fondamentalmente "topotattica"; avviene in sostanza una sorta di pseudomorfosi del serpentino fibroso in olivina che mantiene però un orientamento cristallografico del minerale originario. Anche analisi tramite TEM sulle condriti CI e CM termicamente metamorfosate hanno mostrato che l'olivina generata dalla trasformazione di fillosilicati eredita l'originaria morfologia fibrosa (Akai, 1988, 1990; Tomeoka et al., 1989 a,b).

In un processo rapido di termometamorfismo quindi, l'olivina fibrosa appare tale in quanto eredita la morfologia fibrosa del fillosilicato di partenza; ciò non avviene invece quando la trasformazione

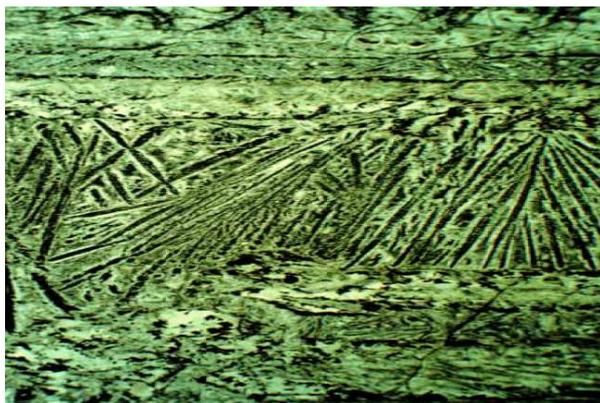
termica avviene in tempi più lunghi tali da consentire una ricristallizzazione e riorganizzazione reticolare ottimale.

Olivina scheletrica è riscontrata al centro delle sacche fuse per metamorfismo termico anche nella meteorite marziana di Allan Hills trovata in Antartide nel 1984 (Waltan, 2007).

Olivina fibrosa è anche presente in Italia nelle serpentiniti alpine della valle del Po ad Oncino e Crissolo, insieme ad altri minerali fibrosi quali crisotilo, antigorite, diopside e tremolite (Belluso e Ferraris 1991)

Analogie morfologiche con l'olivina fibrosa, anche se differenze sostanziali esistono sia per le condizioni di genesi sia per le dimensioni macroscopiche, possono essere attribuite alle strutture allungate, tipo spinifex in cui l'olivina ad esempio cristallizza in alcune rocce vulcaniche archeane che hanno subito un super raffreddamento; sotto condizioni di super raffreddamento infatti gli effetti cinetici si manifestano negli abiti cristallini attraverso forme aciculari, allungate. Più in particolare la struttura dell'olivina spinifex è legata ad un doppio processo di raffreddamento idrotermale e cristallizzazione obbligata (Fowler et Al., 2001).

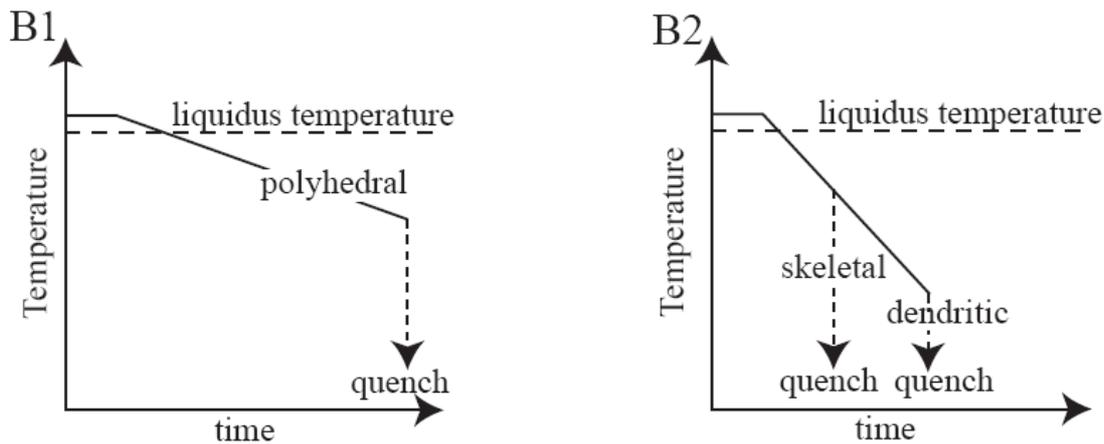
La formazione dell'olivina spinifex è quindi di natura magmatica a differenza dell'olivina fibrosa la cui genesi è invece legata ad un metamorfismo termico; rispetto all'olivina fibrosa constatata nei teli in amianto trattati a 750 ° C nel corso della presente ricerca e rispetto all'olivina fibrosa rinvenuta nelle inclusioni scure delle condriti, le dimensioni dei fenocristalli di olivina spinifex sono pertanto maggiori (1 cm circa) a seguito di una maggiore presenza di fase liquida e di un maggior tempo di un pur rapido raffreddamento sufficiente però ad un maggior accrescimento dei reticoli cristallini.



Attraverso indagini sperimentali effettuate su un fuso magmatico, cristalli di olivina a morfologia scheletrica di dimensioni mediamente superiori e legati ad un rapido accrescimento, sono stati riscontrati da Zieg, 2004.

Anche esperimenti condotti da Faure (2005) attraverso vari livelli di raffreddamento di un fuso hanno permesso di individuare una serie di morfologie dell'olivina manifestatesi attraverso cristalli poliedrici, scheletrici e dendritici; talvolta i cristalli di olivina scheletrica contengono al centro delle micro cavità riempite di fuso che rapprende in vetro durante il raffreddamento.

Egli riporta i seguenti grafici da dove si evince che i test effettuati di cristallizzazione dinamica ad un basso tasso di raffreddamento, hanno portato la formazione di olivina poliedrica (fig. B1), a differenza invece di quelli condotti con un raffreddamento rapido che hanno mostrato la crescita di cristalli di olivina a forma scheletrica (fig. B2); la forma dendritica si manifesta invece solo attraverso specifiche condizioni termiche che richiedono un gradino preliminare di basso tasso di raffreddamento tale da creare una forma poliedrica e quindi una diminuzione rapida delle temperatura per permettere una crescita dendritica.



La struttura spinifex è rinvenuta quindi in komatiiti peridotitiche provenienti da formazioni vulcaniche di eta' Archeana in cratoni continentali (Arndt et al., 1977), ma più in generale cristalli di olivina che mostrano una forma scheletrica legata ad un rapido accrescimento sono anche comuni in una varietà di rocce quali lave a pillows, dicchi, xenoliti, komatiti, rocce nate da fusione con masse laviche o magmi rapidamente decompressi (Faure, 2005).

## ***Conclusioni***

Il progetto sviluppato nella presente ricerca ha permesso di approfondire le tematiche riguardanti l'impiego di materiali contenenti amianto nei processi lavorativi all'interno degli stabilimenti industriali di Priolo e Augusta in provincia di Siracusa, in particolar modo negli impianti del polo petrolchimico e nei cantieri navali, definendone nel contempo le proprietà; lo studio condotto ha preso spunto dall'attività professionale esercitata dallo scrivente in qualità di Geologo presso la Direzione Regionale Sicilia dell'INAIL volta solo a riconoscere le mansioni di quei lavoratori esposti ad amianto in ottemperanza alla Legge 257/92 e succ. mod.

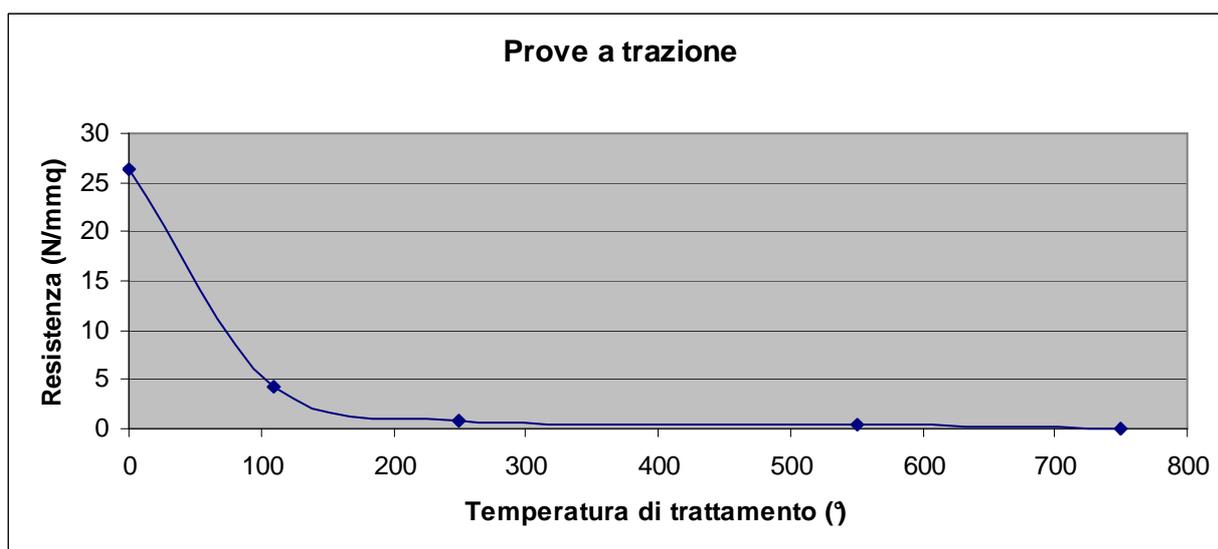
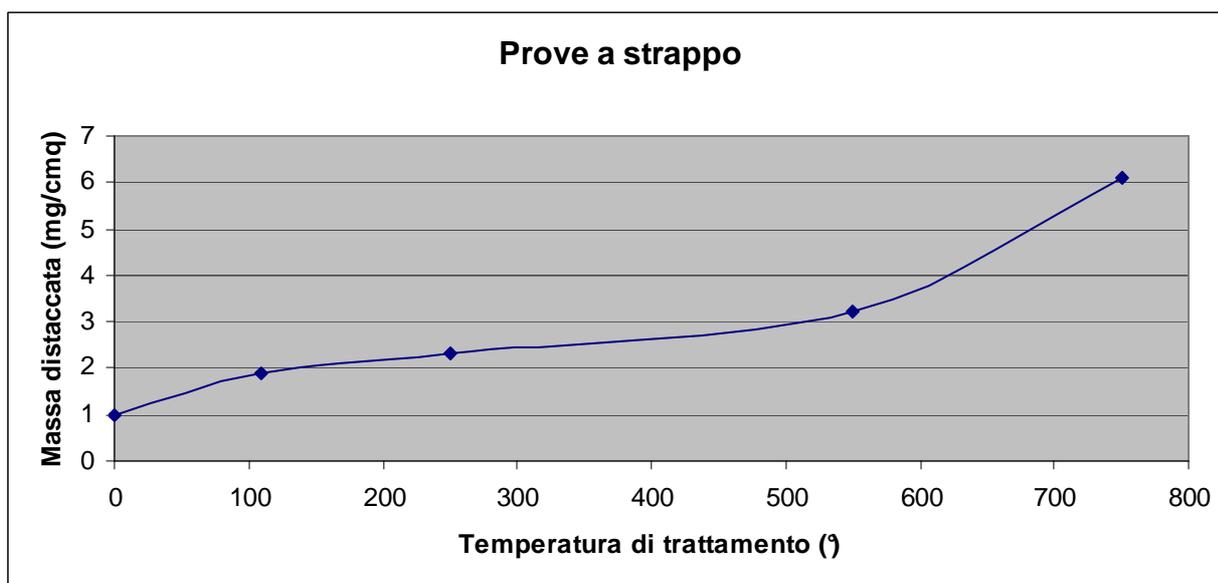
Censite minuziosamente le aree, gli impianti, i reparti ed i processi ove il minerale nocivo è stato impiegato si è quindi provveduto a reperire da una Ditta cessata dell'indotto un campione di telo in amianto, individuato come tipologia usata in maniera ricorrente nell'avvolgimento di tubazioni di condotte di fluidi caldi e nel trattamento termico delle saldature.

Tale campione, opportunamente suddiviso, è stato pertanto sottoposto ad un procedimento di riscaldamento a temperature crescenti riproducendone le condizioni più verosimilmente vicine a quelle di esercizio analizzandone quindi la mineralogia e le caratteristiche fisico-meccaniche.

Fra quest'ultime sia le prove a trazione che le prove a strappo hanno denotato delle buone caratteristiche meccaniche nei campioni di telo contenente amianto non trattati termicamente, con valori di resistenza a trazione pari a  $26,39 \text{ N/mm}^2$  e massa di  $1,0 \text{ mg/cm}^2$  distaccata durante la prova a strappo. Tali caratteristiche meccaniche peggiorano però immediatamente al crescere della temperatura di trattamento dei campioni, riducendo già la resistenza a trazione ad  $1/6$  del valore iniziale nel campione trattato a  $110^\circ$  mostrando un deterioramento sensibile del materiale che mostra uno stato qualificabile come scadente dopo essere stato sottoposto alla prova a strappo.

Le qualità fisiche decadono decisamente già nel campione sottoposto a  $250^\circ$  precipitando al crescere della temperatura di trattamento mostrando una diminuzione della resistenza alla trazione con un andamento esponenziale giungendo nel campione trattato a  $750^\circ$  a valori inferiori di tre ordini di grandezza rispetto al valore iniziale.

Analogo è il caso del risultato delle prove a strappo dove a fronte di una massa staccata di  $1,9 \text{ mg/cm}^2$  nel campione sottoposto a  $110^\circ$ , la potenzialità di rilascio fibre cresce grossomodo linearmente con l'aumento della temperatura di trattamento dei materiali, ottenendo valori di massa strappata pari a circa sei volte il valore iniziale nel campione di  $750^\circ$ , aumentandone proporzionalmente la pericolosità e il rischio di eventuale patogenicità.



L'osservazione microscopica mostra visivamente condizioni tessiturali via via sempre più rimaneggiate all'aumentare della temperatura di trattamento, in accordo con quanto ricavato attraverso la determinazione delle caratteristiche meccaniche. L'analisi chimico-mineralogica condotta tramite metodica SEM e DRX ha evidenziato la presenza di strutture fibrose che tendono a permanere nei campioni sottoposti a trattamento termico crescente; la tipica morfologia caratterizzata da lunghe fibre sinuose ed arrotolate, un basso rapporto Si /Mg evidenziato dal SEM e un riscontro oggettivo rilevato dai picchi dei diffrattogrammi dell'analisi DRX indicano chiaramente la presenza del crisotilo.

Attraverso l'indagine diffrattometrica tale fase minerale è ben individuabile però nei campioni trattati fino alla temperatura di 550° e non in quelli sottoposti a 750°, ove appaiono il talco e la forsterite, fasi minerali generatesi dalla trasformazione del serpentino e dalla contemporanea perdita di ossidrili.

Tale intervallo di temperatura ove si assiste quindi al passaggio da crisotilo ad olivina e la scomparsa di una consistente porzione di ossidrili, trova corrispondenza con il decremento considerevole di elasticità passando da un 45% a 4,6%, riscontrato nelle prove di resistenza a trazione.

Altra conferma deriva dalla difficoltà incontrata in laboratorio a ridurre in polvere per l'analisi DRX i campioni trattati a temperature più basse a causa quindi del comportamento plastico del materiale legato alla presenza ancora di ossidrili in maggioranza persi alle temperature di trattamento termico comprese tra i 550° e 750° e conseguente maggiore facilità nel ridurre in polvere finissima i campioni di telo.

Tuttavia un aspetto interessante emerso nella presente ricerca è che l'habitus dell'olivina, neoformata dalla trasformazione del crisotilo ed osservato dalle indagini SEM, non appare prismatico, come sarebbe solito aspettarsi, ma mantiene un aspetto ancora fibroso, elemento non comune anche se non unico.

In natura infatti può accadere che quando il passaggio da crisotilo ad olivina avviene repentinamente, tale trasformazione è topotattica, vale a dire che la transizione avviene attraverso la diffusione degli ioni di Mg e Si lasciando il più possibile inalterata l'impalcatura degli ossigeni. Questo meccanismo comporta un elevato grado di pseudomorfosi dell'olivina che tende a mantenere una struttura microscopicamente fibrosa.

Tale comportamento è già stato osservato sia sperimentalmente che nelle condriti meteoriche ove la trasformazione termica del serpentino fibroso in olivina avviene mantenendo un orientamento cristallografico del fillosilicato originario; quindi in condizioni di rapido termometamorfismo quale quello di impatto, la forsterite di neogenesi eredita la struttura del crisotilo

I dati desunti dalle prove meccaniche farebbero tuttavia propendere per l'ipotesi che nel campione di telo trattato a 750°, le fibre pseudomorfe risultanti sarebbero però costituite da aggregati micro e criptocristallini di forsterite; questa spiegazione sarebbe quella più verosimilmente plausibile per poter giustificare una diminuzione a circa un millesimo della resistenza a trazione del campione trattato a 750° contenente olivina, rispetto a quello nuovo originario contenente crisotilo.

Le caratteristiche fisiche, meccaniche e di biodurabilità di queste fibre di forsterite sono però differenti da quelle delle fibre di crisotilo di partenza e di conseguenza anche il loro potenziale

rischio per la salute dell'uomo, se inalate, potrebbe essere differente rispetto all'amianto; dubbi permangono se attività lavorative svolte in quei processi produttivi che hanno comportato un'esposizione ad olivina fibrosa possano aver generato conseguenze analoghe.

La patogenicità dell'asbesto è risaputo essere fondamentale correlata alla biopersistenza, alla forma e dimensioni, alla composizione chimica e alla biodisponibilità.

La capacità di una fibra di produrre effetti sulla salute dipende quindi dalla ritenzione della fibra a livello polmonare; maggiore quindi è la biopersistenza maggiore è la cancerogenicità ed essa pare che non dipenda solo dall'efficienza del sistema immunitario di un soggetto, dall'azione inglobante dei leucociti macrofagi o da quella depurativa della mobilità ciliare della mucosa bronchiale ma anche dalla lunghezza delle fibre.

Nella ricerca condotta, la condizione di esposizione ad olivina fibrosa poteva interessare principalmente le figure professionali dei trattamentisti che, per conferire migliori proprietà fisiche, sottoponevano ad un ciclo di temperature crescenti fino a 750° porzioni di tubo saldate avvolte preliminarmente con teli in amianto; a processo termico ultimato i teli venivano frantumati e rimossi, sprigionando nel contempo una polverosità diffusa come evidenziato anche dagli alti valori di massa distaccata durante la prova a strappo effettuata.

Mentre una fibra di amianto respirabile oltre che frammentarsi trasversalmente può sfaldarsi anche longitudinalmente generando un insieme di fibre potenzialmente pericolose in quanto tutte dotate di rapporto lunghezza/diametro  $> 3:1$ , l'olivina fibrosa per le sue caratteristiche intrinseche non può invece produrre lo stesso fenomeno.

Gli aspetti eziologici e i meccanismi specifici cancerogenetici che, nel caso di esposizione a fibre d'asbesto, sarebbero la formazione di radicali liberi, interferenza con la mitosi, proliferazione cellulare, stimoli infiammatori cronici, non è chiaro possano ugualmente prodursi per esposizione ad olivina fibrosa; esperimenti in vitro di tossicità e reattività delle fibre in ambiente biologico, non oggetto della presente ricerca, potrebbero aiutare a comprendere il comportamento ed eventuale patogenicità dell'olivina fibrosa.

## ***Bibliografia***

- Abbey DE, Hwang BL, Burchette RL, Vancuren T, Mills PK. Estimated long-term ambient concentrations of PM10 and development of respiratory symptoms in a nonsmoking population. *Arch Environ Health* 1995;50:139-152.
- Akai J. Incompletely transformed serpentine-type phyllosilicates in the matrix of Antarctic CM chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* 52, 1593-1599. (1988)
- Akai J. Mineralogical evidence of heating events in Antarctic carbonaceous chondrites, Y-86720 and Y-82162. *Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites* 3, 55-68. (1990)
- Akai J. T-T-T diagram of serpentine and saponite, and estimation of metamorphic heating degree of Antarctic carbonaceous chondrites. *Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites* 5, 120-135. (1992)
- Arndt, N.T.: Thick, layered peridotite–gabbro lava flows in Munro Township, Ontario. *Can. J. Earth Sci.* 14, 2620–2637 (1977)
- Ball M. C. and Taylor H. F. The dehydration of chrysotile in air and under hydrothermal conditions. *Mineral. Mag.* 33, 467- 482. (1963)
- Belli S, Benedetti M, Comba P, Lagravinese D, Martucci V, Martuzzi M, Morleo D, Trinca S, Viviano G. Case-control study on cancer risk associated to residence in the neighbourhood of a petrochemical plant. *Eur J Epidemiol* 2004;19(1):49-54.
- Belli S, Bruno C, Casciani M, Comba P, Pasetto R, Scripilliti A. Esposizione ambientale a fibre asbestiformi: costruzione di una mappa di rischio, *Atti della XXVIIIa riunione Internazionale del Gruppo per l'Epidemiologia e la Registrazione del Cancro nei Paesi di Lingua Latina, La Habana, Cuba, 2003.*
- Belluso E., Ferraris G. New data on balangeroite and carlosturanite from alpine serpentines. *Eur. J. Mineral.* (1991)
- Benedetti M, Iavarone I, Comba P. Cancer risk associated with residential proximity to industrial sites: a review. *Arch Environ Health* 2001;56(4):342-9.
- Bertazzi PA, Pesatori AC, Zocchetti C, Latocca R. Mortality study of cancer risk among oil refinery workers. *Int Arch Occup Environ Health* 1989;61(4):261-70.
- Brindley G. W. and Zussman J. A structural study of the thermal transformation of serpentine minerals to forsterite. *Amer. Mineral.* 42, 461-474. (1957)
- Burrigato F, Comba P, Baiocchi V, Palladino DM, Simei S, Gianfagna A, Paoletti L, Pasetto R. Geo-vulcanological, mineralogical and environmental aspects of quarry materials related to pleural

neoplasm in the area of Biancavilla, Mount Etna (Eastern Sicily, Italy). *Environ Geol* 2005; 47:855-868.

-Cerquiglini Moneriolo S, Fuselli S, Ottaviani M et al. Indagine sullo stato d'inquinamento atmosferico nella fascia costiera da Augusta a Siracusa ed il suo immediato entroterra, *Rapporti ISTISAN* 1982; 19.

-Decreto dell'Assessore Regionale per il Territorio e l'Ambiente del 4 settembre 2002. *Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana* n. 48 del 18 ottobre 2002.

-D. Leg.vo 15 agosto 1991, n. 277 - Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212. *Suppl. Ord. G.U.* n. 290, del 27 agosto 1991

-Decreto Legge 30 settembre 2003, n. 269; Disposizioni urgenti per favorire lo sviluppo e per la correzione dell'andamento dei conti pubblici

-Decreto Ministeriale 6 settembre 1994 - Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2 della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto. *Suppl. Ord. G.U.* n. 220 del 20 settembre 1994.

-Decreto Ministeriale del 10 Gennaio 2000 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana* n. 44 del 23/02/2000.

-Decreto Ministeriale n. 468 del 18 settembre 2001 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana* n. 10 del 16 gennaio 2002

-Decreto Ministeriale 8 Luglio 2002 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana* n. 231 del 02/10/2002

-Decreto Ministeriale 9 aprile 2008 del Ministro del Lavoro e della Previdenza Sociale di concerto con il Ministro della Salute. Nuove tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura.

-Decreto Presidente della Repubblica 30 giugno 1965, n. 1124 - Testo unico delle disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali. *Suppl. Ord. G.U.* n. 257 del 13 ottobre 1965.

-Deer, Howie & Zussman *Rock forming minerals* (1992, 2<sup>nd</sup> ed.)

-Di Paola M, Mastrantonio M, Carboni M, Belli S, Grignoli M, Comba P, Nesti M. La mortalità per tumore maligno della pleura in Italia negli anni 1988-1992. Roma, Istituto Superiore di Sanità, *Rapporti ISTISAN* 1996; 96/40.

- Dockery DW, Speizer FE, Stram DO, Ware JH, Spengler JD, Ferris BG. Effects of inhalable particles on respiratory health of children. *Am Rev Respir Dis* 1989;139:587- 594.
- Erin L. Walton, Christopher D.K. Herd Dynamic crystallization of shock melts in Allan Hills 77005: Implications for melt pocket formation in Martian meteorites Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Alberta, 1-26 Earth Sciences Building, Edmonton, AB., Canada T6G 2E3 (2007)
- Fano V, Michelozzi P, Ancona C, Capon A, Forastiere F, Perucci CA. Occupational and environmental exposures and lung cancer in an industrialised area in Italy. *Occup Environ Med* 2004;61(9):757-63
- Fano V. et al. Stato di salute della popolazione residente nelle aree ad elevato rischio ambientale e nei siti di interesse nazionale della Sicilia. Numero monografico del Notiziario O.E. 2005
- Faure Francois, Schiano Pierre: Experimental investigation of equilibration conditions during forsterite growth and melt inclusion formation. Laboratoire Magmas et Volcans, OPGC-Universit  Blaise Pascal-CNRS, 5 rue Kessler, 63038 Clermont-Ferrand, France (2005)
- Forastiere F, Corbo GM, Pistelli R, Michelozzi P, Agabiti N, Brancato G, Ciappi G, Perucci CA. Bronchial responsiveness in children living in areas with different air pollution levels. *Arch Environ Health* 1994;49(2):111-8.
- Fowler , B. Berger , M. Shore , M.I. Jones , J. Ropchan Supercooled rocks: development and significance of varioles, spherulites, dendrites and spinifex in Archaean volcanic rocks, Abitibi Greenstone belt, Canada (2001)
- Gennaro V, Finkelstein MM, Ceppi M, Fontana V, Montanaro F, Perrotta A, Puntoni R, Silvano S. Mesothelioma and lung tumors attributable to asbestos among petroleum workers. *Am J Ind Med* 2000;37(3):275-82.
- Gerhardsson de Verdier M, Plato N, Steineck G, Peters JM. Occupational exposures and cancer of the colon and rectum. *Am J Ind Med* 1992;22(3):291-303.
- Gianfagna A, Oberti R. Fluoro-edenite from Biancavilla (Catania, Sicily, Italy): crystal chemistry of a new amphibole end-member. *Am Mineral* 2001; 86: 1489-93.
- <http://demo.istat.it>
- <http://earth.google.it>
- INAIL Direzione Regionale Sicilia, pareri Con.T.A.R.P.: PA L.257/92-34, 173, 229, 234, 244, 274, 302, 427, 428, 501 uso interno
- Inserra A, Romano S, Ramistella EM, Milluzzo G, Casella G, Ruscica M, Micale F.

- Kaerlev L, Teglbaerg PS, Sabroe S, Kolstad HA, Ahrens W, Eriksson M, Gonzalez AL, Guenel P, Hardell L, Launoy G, Merler E, Merletti F, Suarez-Varela MM, Stang A. Occupation and small bowel adenocarcinoma: a European case-control study. *Occup Environ Med* 2000;57(11):760-6.
- Legge 8 luglio 1986, n. 349 - Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale.
- Legge 27 marzo 1992, n. 257 - Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto. Suppl. Ord. G.U. n. 87 del 13 aprile 1992.
- Legge 4 agosto 1993, n. 271 - Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 5 giugno 1993, n. 169, recante disposizioni urgenti per i lavoratori del settore dell'amianto. G.U. n. 181 del 4 agosto 1993.
- Legge n. 426 del 9 dicembre 1998. Nuovi interventi in campo ambientale. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana* n. 291 del 14 dicembre 1998
- Legge 24 novembre 2003, n. 326; Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 30 settembre 2003, n. 269, recante disposizioni urgenti per favorire lo sviluppo e per la correzione dell'andamento dei conti pubblici
- A. Macioce, L. Quaranta. Amianto e fibre sostitutive: pro, contro e rischi connessi. INAIL, Direzione Regionale Toscana, Consulenza Tecnica Accertamento Rischi Professionali
- Madeddu A, Contrino L, Tisano F, Sciacca S. La salute di Aretusa e...i padroni del tempo. *Atlante della mortalità per tumori e per le patologie cronico degenerative in Provincia di Siracusa nel quinquennio 1995-99.* (2001).
- Magnani C, Dalmaso P, Biggeri A, Ivaldi C, Mirabelli D, Terracini B. Increased risk of malignant mesothelioma of the pleura after residential or domestic exposure to asbestos: a case-control study in Casale Monferrato, Italy. *Environ Health Perspect* 2001;109(9):915-9.
- Magnani C, Leporati M. Mortality from lung cancer and population risk attributable to asbestos in an asbestos cement manufacturing town in Italy. *Occup Environ Med* 1998;55(2):111-4.
- Martuzzi M, Mitis F, Biggeri A, Terracini B, Bertollini R. Ambiente e stato di salute nella popolazione delle aree ad alto rischio di crisi ambientale in Italia, *Epidemiologia e Prevenzione* 2002; 26(6) suppl:1-53.
- Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico, 1996-2002. *Epidemiol Prev* 2004;28(4-5 Suppl):4-100.
- Michelozzi P, Fusco D, Forastiere F, Ancona C, Dell'Orco V, Perucci CA. Small area study of mortality among people living near multiple sources of air pollution. *Occup Environ Med* 1998;55(9):611-5.

- Mira A, Cernigliaro A, Dardanoni G, Nano M, Scondotto S. Analisi sui ricoveri in residenti nei principali comuni delle aree ad alto rischio di inquinamento ambientale o con presenza di insediamenti industriali in sicilia. Atti del 1° Congresso Interregionale SITI, San Vito lo Capo.2003.
- Paoletti L, Batisti D, Bruno C, Di Paola M, Gianfagna A, Mastrantonio M, Nesti M, Comba P. Unusually high incidence of malignant pleural mesothelioma in a town of eastern Sicily: an epidemiological and environmental study. Arch Environ Health 2000; 55(6):392-398.
- Pershagen G, Simonato L. Epidemiological evidence for the carcinogenicity of air pollutants. Air pollution and human cancer. In: Tomatis L, ed. European School of Oncology monograph. Berlin: Springer-Verlag, 1990.
- Piano di disinquinamento per il risanamento del territorio della provincia di Siracusa – Sicilia orientale (Decreto del Presidente della Repubblica del 17 gennaio 1995).
- Pope CA, Burnett RT, Thun MJ, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. JAMA 2002;287:1132–41.
- Ramistella EM, Bellia M, Di Mare S, Rotiroti G, Duscio D. Inquinamento ambientale di origine industriale e mortalità per tumore. Revisione della situazione di Augusta e Priolo. Boll Acc Gioenia sci nat 1990;23 (336): 437-462.
- Siemiatycki J, Richardson L, Straif K, Latreille B, Lakhani R, Campbell S, Rousseau MC, Boffetta P. Listing occupational carcinogens. Environ Health Perspect 2004;112(15):1447-59.
- Souza Santos H. and Yada K. Thermal transformation of chrysotile studied by high resolution electron microscopy. Clays Clay Mineral. 27, 161-174. (1979)
- Souza Santos H. and Yada K. Thermal transformation of antigorite as studied by electron optical method. Clays Clay Mineral. 31, 241-250. (1983)
- Tomeoka K., Kojima H., and Yanai K. Yamato-82162: A new kind of CI carbonaceous chondrite found in Antarctica. Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites 2, 36-54. (1989a)
- Tomeoka K., Kojima H., and Yanai K. Yamato-86720: A CM carbonaceous chondrite having experienced extensive aqueous alteration and thermal metamorphism. Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites 2, 55-74. (1989b)
- Tumino R et al. Relazione sullo stato di avanzamento della registrazione dei casi accertati di mesotelioma in Sicilia: 1998-2000. In: O.E. Notiziario della Regione Sicilia 2002
- UNI 10608:1997 Prodotti di amianto-cemento. Valutazione del degrado superficiale. Metodo pratico a strappo.
- UNI EN 12311-2:2002 Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione delle proprietà a trazione

- Valutazione ex ante ambientale POR Sicilia 2000-2006
- Verdel U., Ripanucci g.: Valutazione dell'esposizione all'amianto ai fini dei benefici previdenziali; Riv. inf. mal. prof., 1996, 4-5, 419-429.
- Verdel U., Iotti A., Castellet Y Ballarà G.: Mappa storica dell'esposizione all'amianto nell'industria italiana; Riv. inf. mal. prof., 1997, 3, 343-365.
- Verdel U., Castellet Y Ballarà G.: Aggiornamento della mappa storica dell'esposizione all'amianto nell'industria italiana: le ricerche nel 1997; Riv. inf. mal. prof., 1998, 3, 255-267.
- Verdel U., Iotti A., Castellet Y Ballarà G.: Il ruolo dell'Inail nella valutazione dell'esposizione all'amianto per la concessione dei benefici previdenziali; Conf. naz. amianto, "abstracts", Roma, 1999, 284.
- Zieg Michael J., Lofgren Gary E.: An experimental investigation of texture evolution during continuous cooling NASA Johnson Space Center, Mail Code KT, Houston, TX 77058, USA (2004)