

ATTI DEL CONVEGNO REGIONALE

“ INDAGINE NEL COMPARTO GOMMA : LA PRODUZIONE DI PNEUMATICI”



CUNEO 5 OTTOBRE 2007
CENTRO INCONTRI DELLA PROVINCIA

REGIONE PIEMONTE
Assessorato alla Tutela della Salute e Sanità
Settore Prevenzione Sanitaria negli Ambienti di Vita e di Lavoro

ATTI DEL CONVEGNO REGIONALE

“ INDAGINE NEL COMPARTO GOMMA : LA PRODUZIONE DI PNEUMATICI”

CUNEO 5 OTTOBRE 2007

CENTRO INCONTRI DELLA PROVINCIA

Pubblicazione curata da Spresal ASL 20

Ottobre , 2007

Regione Piemonte

Assessorato alla Tutela della Salute e Sanità – Settore Prevenzione Sanitaria negli Ambienti di Vita e di Lavoro - DGR 8 aprile 2002 n. 25-5766

“Approvazione di modalità e criteri per la presentazione delle domande e l’ammissione a contributo per la progettazione e l’esecuzione di piani di comparto nelle industrie della Regione Piemonte”

Si ringraziano:

I componenti del Gruppo di Lavoro:

Andrea Dotti °

Roberto Nicola °

Zora Palazzo °

Anna Cacciatore *

Andrea Grosso *

Marcello Libener ^

Giuseppe Fracchia ^

Marina Ruvolo ^

Ezio Zanella ^

Manuela Agnello ■

Marco Fontana ■

Roberto Riggio ■

° ASL 7, * ASL 15, ^ ASL 20, ■ ARPA Piemonte

Il Prof. Benedetto Terracini che ha moderato la Tavola Rotonda

La Michelin Stabilimento di Alessandria che ha dato il consenso all’uso della foto in copertina

Tutti coloro che con il loro contributo hanno reso possibile l’effettuazione del progetto

Si autorizza la riproduzione parziale o totale del contenuto del presente volume con la citazione della fonte.

Stampa

.....

.

Indice

Presentazione

Saluti del Direttore Generale AA.SS.LL 15-16-17
Dr. Fulvio Moirano

I piani di comparto : una realtà della Regione Piemonte
Dr. Vittorio De Micheli

Il progetto interaziendale nel settore di produzione pneumatici
Dott.ssa Marina Ruvolo

Prevenzione e vigilanza nell'attività di controllo degli Spresal
Dr. Michele Di Lecce

I risultati del progetto
Dr. Roberto Riggio

Tecnologia degli impianti di aspirazione e ventilazione
Ing. Renato Rota

Il rischio cancerogeno nell'industria di produzione di pneumatici :
evidenze epidemiologiche
Dr. Angelo d'Errico

L'esperienza nel comparto gomma del canavese
Dr. Marco Fontana

I rischi per la salute nell'industria di produzione di pneumatici
Prof. Giovanni Maina

Presentazione

La Regione Piemonte , nell'ambito della programmazione delle attività inerenti la tutela della salute nei luoghi di lavoro, ha promosso, negli anni 2002-2004, lo sviluppo da parte dei Servizi di Prevenzione e Sicurezza degli Ambienti di Lavoro delle ASL, di specifici piani di comparto che costituiscono un modello consolidato per la valutazione e il controllo dell'esposizione a fattori di rischio in ambiente di lavoro.

Le AA.SS.LL. 7, 15 e 20 con il supporto tecnico dell'Area Ambienti di lavoro dell'ARPA hanno condotto un intervento volto a valutare l'esposizione a rischi cancerogeni nel Comparto Gomma , limitatamente al settore di produzione di pneumatici.

Tale settore presenta una specificità sia organizzativa, infatti la produzione è raccolta in poche, grandi industrie (presenti nel territorio delle tre ASL) che impiegano migliaia di lavoratori , sia tecnologica , uso di grandi macchinari che non presentano importanti differenze tra le varie industrie del settore e utilizzo di materie prime peculiari di questa lavorazione.

Il piano di comparto ha consentito un intervento sistematico sulle industrie del settore ed ha altresì consentito, agli operatori dei servizi interessati, di approfondire la conoscenza dei fattori di rischio cui è esposta la popolazione lavorativa per intervenire con azioni volte a ridurre le esposizioni potenzialmente dannose.

Il convegno è l'occasione per presentare i risultati

**Saluto del Direttore Generale AASSLL 15-16-17
Dr. Fulvio Moirano**

E' con piacere che sono qui oggi a salutare gli intervenuti e ad aprire questo convegno dedicato alla sicurezza sul lavoro all'interno dell'industria di produzione di pneumatici.

Il convegno è l'occasione per presentare i risultati di un'indagine "di comparto". Trattasi di iniziative che la Regione Piemonte ha promosso dal 2002 al fine di costituire modelli consolidati per la valutazione ed il controllo dell'esposizione a fattori di rischio in ambiente di lavoro.

Le AASSLL 7(Settimo Torinese), 15(Cuneo) e 20 (Alessandria), col supporto tecnico dell'Area Ambienti di Lavoro dell'ARPA, hanno condotto un intervento volto a valutare l'esposizione al rischio cancerogeno nel comparto della gomma, limitatamente al settore di produzione di pneumatici.

Questo settore è stato scelto perché rappresenta una specificità sia organizzativa –la produzione è raccolta in poche grandi industrie presenti nelle tre ASL che ho ricordato prima- che tecnologica, in quanto tali industrie utilizzano tipologie di macchinari e materie prime che non presentano rilevanti differenze.

Lo studio, condotto negli anni 2004-2006, è di notevole interesse per migliaia di lavoratori di questo comparto ed ora i vari relatori illustreranno nei dettagli i risultati ottenuti.

Prima di dare loro la parola, vorrei nuovamente ricordare che lo studio è stato condotto da 3 AASSLL e dell'ARPA. Lavorare in modo coordinato non è semplice, ma, quando si riesce a mettere da parte gli individualismi, i risultati sono efficaci, misurabili e duraturi.

Grazie per l'attenzione.

Fulvio Moirano

I piani di comparto: una realtà della Regione Piemonte

di Vittorio De Micheli - Direttore Generale Assessorato Tutela della Salute e Sanità Regione Piemonte

L'approvazione del PSSR 2007-2010 rappresenta un momento importante, non solo formale, che consentirà di poter disporre di uno strumento di programmazione e indirizzo per dare finalmente operatività concreta ai principi ispiratori del documento.

La prevenzione, e in particolare le attività dei servizi di prevenzione hanno avuto una declinazione e un rilievo particolare a cui occorre però far seguire prove concrete di attuazione di interventi di sanità pubblica caratterizzati sia da evidenze di efficacia sia da un significativo aumento dell'efficienza operativa.

Entrando nel merito specifico della giornata occorre sottolineare che la metodologia delle indagini di comparto è un modello di intervento nato negli anni '90 per ottimizzare le indagini di prevenzione sistematiche negli ambienti di lavoro.

Per ottimizzare quanto veniva riscontrato in un'indagine in un'azienda, si campionava un significativo gruppo di imprese simili e, studiatolo approfonditamente, se ne esportavano le conclusioni e le indicazioni alle altre ditte consimili, **il comparto appunto**, onde rendere uniformi le indicazioni di livello di qualità ambientale in un determinato territorio

La Direzione Regionale Sanità Pubblica della Regione Piemonte ha intrapreso da molto tempo azioni basate su tali strategie, chiamati anche piani mirati di sorveglianza, come uno degli strumenti delle politiche di prevenzione attuabili sul territorio regionale dai Dipartimenti delle ASL.

Le attività ordinarie di vigilanza spaziano nei diversi settori, dal controllo degli alimenti, alle attività in campo veterinario, al contrasto ai rischi occupazionali, al contenimento dei fenomeni di inquinamento ambientale, di concerto con l'ARPA che ha già in Piemonte dieci anni di storia.

Gli operatori della prevenzione tuttavia sono ben consapevoli dei limiti di efficacia di politiche di prevenzione qualora non si pongano l'obiettivo di coinvolgere in modo organizzato tutti i soggetti, in primo luogo imprese, lavoratori e cittadini.

E' evidente il fenomeno della diffidenza e talvolta dell'ostilità di ogni comunità coinvolta dalla realizzazione di opere, situazione spesso accentuata dalle carenze nella partecipazione ai criteri di scelta dei siti, a difetti di comunicazione, ad interventi tardivi dei soggetti pubblici che svolgono funzioni di prevenzione, troppo spesso costretti a intervenire per mitigare l'impatto di scelte errate o a entrare in scena senza poter incidere in alcun modo sugli eventi e sul contenimento dei rischi.

Nel campo della sicurezza del lavoro è noto che la priorità di questi anni è stata orientata alla riduzione del fenomeno degli infortuni sul lavoro, con un recente e importante richiamo delle più alte istituzioni nazionali per il contenimento di queste tragedie quotidiane e sappiamo anche che le politiche di contrasto degli enti ottengono risultati non ancora soddisfacenti e che pertanto gli sforzi saranno aumentati:

Tuttavia crediamo altrettanto fortemente che sia opportuno adoperarsi con forza affinché la priorità di attenzione al tema degli infortuni sul lavoro non comprima ulteriormente gli spazi e la progettualità del sistema pubblico di prevenzione sul tema della prevenzione degli altri rischi occupazionali, come l'esposizione ad agenti chimici e cancerogeni, tema della giornata odierna.

Oggi siamo lieti di presentare il risultato di un piano di prevenzione che ha coinvolto un settore ancora importante per il nostro paese, che vede impiegati migliaia di lavoratori in grandi stabilimenti industriali ed in una miriade di piccole imprese diffuse sul territorio in diverse province del Piemonte.

Siamo pronti ad ascoltare le vostre osservazioni e le vostre critiche, ma siamo anche certi che in questi tre anni di attività abbiate potuto apprezzare l'impegno dei nostri operatori a svolgere il proprio compito, sempre teso a privilegiare il dialogo, nel rispetto dei diversi ruoli, ma sicuramente condividendo il comune obiettivo di miglioramento delle condizioni di salubrità dei luoghi di lavoro.

IL PROGETTO INTERAZIENDALE NEL SETTORE DI PRODUZIONE DI PNEUMATICI

di Marina Ruvolo – S.Pre.S.A.L. ASL 20 Alessandria e Tortona

Nel 2002 la Regione Piemonte con una D.G.R. ha emanato un bando per la presentazione e l'esecuzione di piani di comparto nelle industrie della regione con l'intento di stimolarne la realizzazione da parte delle ASL.

Nel campo dell'Igiene e Sicurezza sul Lavoro i piani di comparto costituiscono un modello consolidato per la valutazione e il controllo dell'esposizione a fattori di rischio in ambiente di lavoro. Essi consistono nell'analisi approfondita di rischi e soluzioni in alcune imprese emblematiche per tipologia e impianto e nell'estrapolazione da questa di soluzioni e piani per le altre consimili nei territori.

Coniuga quindi il valore di un approccio di intervento sistematico sulle industrie appartenenti ad un medesimo settore produttivo e permette agli operatori dei Servizi di Prevenzione di acquisire, nel corso del suo svolgimento, una approfondita conoscenza delle problematiche preventive relative, essenziali per ottenere un quadro dettagliato dei fattori di rischio cui è esposta la popolazione occupata nelle aziende incluse, sulla cui base intervenire per ridurre le esposizioni potenzialmente dannose.

Il notevole impegno di risorse umane e finanziarie necessario alla realizzazione dei piani di comparto richiede, tuttavia, che questi progetti siano preceduti da una dettagliata analisi dei bisogni dei lavoratori dell'area geografica considerata, basata su informazioni demografiche e sanitarie disponibili per quella popolazione, sulle caratteristiche della struttura produttiva del territorio in cui essa risiede, sulla presenza di rischi associati e sugli specifici danni provocati dall'esposizione a tali rischi. In altri termini è necessario individuare uno o più settori produttivi, nei quali sarebbe massima la ricaduta di un intervento di controllo sistematico dei rischi, in termini di riduzione della patologia correlata al lavoro.

Dall'analisi delle fonti informative dell'INAIL sulla struttura produttiva presente nei territori delle ASL di Cuneo, Alessandria e Settimo torinese si è a suo tempo evidenziato come le aziende operanti nel comparto della gomma, pur di numero non elevato, impiegavano un rilevante numero di addetti, con una proporzione di circa il 7% sul totale degli occupati nel territorio delle tre ASL.

Nonostante la proporzione di aziende e di addetti relative al settore in queste ASL fosse inferiore a quelli di altri settori, si è giudicato prioritario un intervento di comparto nel settore della produzione di manufatti in gomma per la valutazione e la riduzione dell'esposizione ad alcune sostanze in esso impiegate, sia per la diffusa esposizione degli addetti di tale comparto a tali sostanze, sia per la gravità delle patologie che queste sono in grado di provocare sia per la disponibilità di mezzi tecnici e organizzativi esistenti correntemente per il controllo di tali esposizioni.

Era inoltre emblematico di un intervento mirato nel campo del rischio cancerogeno che vede, tra l'altro solo oggi, con il decreto sui Registri esposti, la conclusione dell'iter iniziato con il Titolo V della 626.

In precedenza , nell'anno 2000 gli Spresal delle stesse ASL avevano presentato un progetto di ricerca finalizzata alla Regione, volto a studiare l'esposizione al rischio chimico nel settore di produzione pneumatici. Dato il ristretto finanziamento concesso al programma, si era stabilito di predisporre in quella fase un progetto di fattibilità e di documentazione, basato in particolare sulle priorità:

- Definizione delle metodologie di monitoraggio degli inquinanti organici nelle attività di preparazione mescole e nella vulcanizzazione
- Monitoraggio e valutazione dell'esposizione a solventi nel confezionamento dei pneumatici

Questo ha permesso alle ASL 7, 15 e 20, con il supporto tecnico dell'Area Ambienti di Lavoro dell'ARPA, lo studio del ciclo produttivo, delle sostanze presenti, la valutazione dell'esposizione ad alcuni agenti chimici, la messa a punto di metodiche di campionamento ed analisi per l'indagine nelle aziende di produzione pneumatici.

Pertanto, il piano di comparto su cui oggi riferiamo si inserisce in continuità col precedente progetto di ricerca finalizzata ed all'attività istituzionale dei Servizi di Prevenzione delle ASL.

Gli stabilimenti di produzione oggetto dell'intervento sono 4 , due di essi sono localizzati a Settimo Torinese, uno a Cuneo e l'altro ad Alessandria.

Le tipologie di produzione presenti riguardano pneumatici per autovetture, per veicoli industriali e per aerei.

In totale il numero dei lavoratori occupati in tali unità produttive è circa 5000.

La valutazione integrata dei dati bibliografici, della disponibilità di metodiche analitiche, delle evidenze emerse all'atto dei sopralluoghi e della possibilità di adottare sistemi di prevenzione ha fatto sì che si scegliesse di operare nei reparti di vulcanizzazione al fine di valutare l'efficacia dei sistemi di aspirazione e di ventilazione, tenendo anche conto della possibilità di confrontare cicli di lavorazione molto simili e soluzioni di bonifica reali.

Ci siamo avvalsi in questo contesto della consulenza del Dipartimento di Chimica e Materiali del Politecnico di Milano , in particolare per la parte relativa all'individuazione delle soluzioni per la gestione dei sistemi di ventilazione e aspirazione localizzata.

Le attività svolte nelle varie fasi del progetto, come vedremo, hanno riguardato inizialmente l'analisi dei cicli produttivi e delle tecnologie esistenti, attingendo agli archivi degli Spresal e dell'Arpa.

Successivamente il progetto è stato presentato alle singole aziende da parte degli operatori dei servizi , alla presenza del direttore di stabilimento e del suo staff e degli RLS.

In tali incontri si è avuto modo di spiegare l'impianto della ricerca, le metodologie con cui si intendeva procedere, ma soprattutto è stata l'occasione per intavolare con le Aziende ed i rappresentanti dei lavoratori quella collaborazione indispensabile alla partecipazione ed al buon esito degli interventi in campo occupazionale.

La fase successiva è stata caratterizzata dalla richiesta della documentazione formale , planimetrie, schede di sicurezza, elenco sostanze e quantitativo utilizzato, numero addetti,

organizzazione del lavoro, risultati dei monitoraggi più recenti e valutazione del rischio chimico ex-L.25/2000.

Si è quindi passati all'analisi del materiale fornito.

Contestualmente si provvedeva ad eseguire una ricerca bibliografica sui metodi di valutazione dell'esposizione e sulle migliori tecnologie disponibili.

Si passava quindi ai sopralluoghi presso le aziende, durante i quali, a mezzo di check list predisposte, si acquisivano ulteriori informazioni, risultate fondamentali per indirizzare l'intervento.

Quindi sono stati eseguiti i monitoraggi ambientali e sono state acquisite le misurazioni utili a caratterizzare i flussi di emissione ed individuare i parametri necessari alla definizione delle portate anche attraverso le misure delle temperature alle diverse quote sopra le presse ed alle dimensioni degli impianti analizzati.

Si è proceduto anche al campionamento di materie prime per la loro caratterizzazione qualitativa.

I risultati sono stati analizzati e per ogni stabilimento sono state redatte specifiche relazioni che contenevano i risultati dei monitoraggi effettuati e le indicazioni impiantistiche per contenere le emissioni e di conseguenza le esposizioni.

Le risultanze ci dicono che in tutti gli impianti le situazioni sono migliorabili, in alcuni casi anche con piccoli interventi di miglior confinamento delle presse, in altri con interventi strutturali, ma possibili e doverosi.

Infine, presso ogni singola azienda, è stato ripetuto con gli stessi soggetti con cui si era interloquito nella fase iniziale, un incontro di restituzione dei risultati dell'intervento e per dare indicazioni sulle possibili azioni di miglioramento da intraprendere.

Le conclusioni a cui si è pervenuti hanno costituito per i servizi lo strumento per procedere alla fase prescrittiva, con cui si è provveduto, con atto formale, ad indicare come procedere per eliminare le inosservanze riscontrate e per migliorare l'ambiente di lavoro..

In un caso sono state impartite prescrizioni relative agli articoli 20 del DPR 303/56 e 374 del DPR 547/55 nonché all'art. 4 comma 2 del D.Lgs 626/94.

Negli altri casi il percorso è ancora in atto, i servizi con una disposizione hanno richiesto un programma di interventi comprensivo dei tempi di attuazione e, sulla base di questo, definiranno gli ulteriori atti da intraprendere.

Il progetto iniziato nel mese di ottobre del 2003 si è concluso nel mese di dicembre del 2006 e dal punto di vista organizzativo ha impegnato i tre servizi e l'Arpa in modo ciclico anche a causa di lungaggini burocratiche per l'acquisizione delle risorse strumentali necessarie all'indagine e dalla scarsa collaborazione dei laboratori centrali ARPA.

Una volta acquisita la strumentazione è partita la campagna dei monitoraggi nei singoli stabilimenti che hanno occupato gli operatori dei tre servizi e dell'Igiene Industriale.

Sono stati necessari incontri per definire le modalità di intervento; ciò ha permesso un confronto molto proficuo tra gli operatori e la pianificazione delle azioni da intraprendere, cosa che è proseguita senza particolari intoppi.

Il rapporto con le aziende, sia per quanto riguarda la direzione e lo staff tecnico, sia per quanto riguarda gli RLS, è stato molto costruttivo. Per questi ultimi i servizi sono stati un interlocutore di riferimento durante tutta la durata delle attività legate al progetto .

Già durante i sopralluoghi e la prima fase di acquisizione di informazioni fornite, da parte delle aziende, i dati sulle aspirazioni, ha permesso di rivedere e migliorare fin da subito ciò che poteva essere oggetto di modifiche immediate, e questo è da annoverare tra i risultati positivi già ottenuti dall' intervento.

Complessivamente il piano di comparto svolto ha soddisfatto le nostre aspettative e si è confermato come una tipologia di intervento che ha consentito a noi operatori di approfondire le conoscenze relative al settore onde poter dare alle aziende indicazioni puntuali a risolvere le problematiche esistenti per ridurre l'esposizione dei lavoratori ai rischi presenti in quegli ambienti

Un metodo ed un modello di lavoro da proseguire ed estendere

Prevenzione e vigilanza nell'attività di controllo degli S.Pre.S.A.L.

di Michele Di Lecce - Procuratore Capo della Repubblica presso il Tribunale di
Alessandria

I termini prevenzione e repressione hanno da decenni animato il dibattito tra coloro che operano in questo settore ed hanno, specie in passato, fatto sorgere contrapposizioni rivelatesi poi, nel migliore dei casi, del tutto artificiose.

Si è infatti giunti da qualche tempo ad un approfondimento, sia sul piano generale che su quello specifico, di queste problematiche che vede in ogni attività, genericamente riportabile alla vigilanza posta in essere da un organo pubblico, come inscindibili gli aspetti più strettamente prevenzionali e quelli più propriamente repressivi.

D'altra parte la stessa contestuale attribuzione, proprio in materia di sicurezza del lavoro, ai medesimi organi di funzioni di controllo sia di natura amministrativa che quali ufficiali di polizia giudiziaria va evidentemente in questo senso. In proposito non sarà inutile ricordare che una tale duplice attribuzione di funzioni è stata ritenuta pienamente legittima dalla Corte Costituzionale, sempre che i profili amministrativi e di polizia giudiziaria rimangano chiaramente individuati e delimitati, come accade appunto nel settore del quale ci occupiamo.

In definitiva, quindi, credo che oggi non possa non convenirsi sulla constatazione che la prevenzione e la repressione (o meglio le attività tendenzialmente maggiormente riportabili all'una od all'altra) rappresentano, nella realtà, le due facce della stessa medaglia, non essendo ipotizzabile alcuna contrapposizione o alternativa tra le stesse, che anzi devono necessariamente procedere congiuntamente, anche se in misura e quindi in proporzione di volta in volta diversa a seconda delle diverse realtà, ma sempre in assoluta sinergia al fine di raggiungere l'unico obiettivo inevitabilmente comune.

Basterà, ad ulteriore conferma di ciò, tenere presente la stessa impostazione di fondo data dal nostro legislatore alla attuale normativa prevenzionale. Un chiaro esempio in questo senso è dato dalla introduzione di una causa generale di estinzione delle contravvenzioni in materia prevenzionale, prevista, come è noto, dal D.Lgs 758/94. Così facendo, infatti, il legislatore ha indicato come obiettivo primario da raggiungere quello della prevenzione (vale a dire della eliminazione o riduzione al massimo possibile delle condizioni di pericolo accertate), rinunciando addirittura alla punizione in sede penale una volta che si sia compiutamente e tempestivamente ottemperato da parte dei contravventori alle prescrizioni impartite dall'organo di vigilanza, ma graduando ed inasprendo contemporaneamente le sanzioni penali da infliggere a coloro che in varia misura continuassero a non osservare le norme stesse.

Per altro, questa stessa impostazione è rinvenibile non soltanto nella nostra legislazione prevenzionale, ma anche in quella comunitaria, che ormai rappresenta la fonte quasi esclusiva di quella nazionale, tanto che in una delle ultime decisioni, più precisamente del luglio 2002, del Consiglio dell'Unione Europea su questa materia, si poneva particolare enfasi su un'attività di tipo informativo, di sensibilizzazione, di anticipazione, di diffusione delle conoscenze sulle buone prassi al fine di ridurre infortuni sul lavoro e malattie professionali, lasciando poi ai singoli Stati membri di prevedere le sanzioni in via subordinata.

Continuando su tale strada il legislatore italiano, nei venti criteri e principi direttivi indicati nella legge con la quale è stata conferita per l'ennesima volta, nell'agosto scorso, al Governo la delega ad emanare il nuovo Testo Unico in materia di sicurezza ed igiene sul lavoro, ce ne sono almeno due in questa ottica, che quindi vale la pena di richiamare: il primo è quello nel quale si afferma che il Testo Unico dovrà definire un assetto istituzionale fondato sull'organizzazione e sulla circolazione delle informazioni, delle linee-

guida, delle buone pratiche volte a favorire la promozione e la tutela della salute nei luoghi di lavoro anche attraverso un sistema informativo nazionale;

il secondo è quello nel quale si indica al legislatore delegato, come obiettivo da realizzare, una razionalizzazione ed un coordinamento delle strutture centrali e territoriali di vigilanza, al fine di rendere più efficaci gli interventi di pianificazione, programmazione, promozione della salute, e di vigilanza anche al fine di evitare sovrapposizioni, duplicazioni, carenze di controlli.

Oltre al richiamo al quadro normativo, occorre poi tener presente, sotto questo specifico profilo, anche gli orientamenti giurisprudenziali di riferimento formati nel corso degli anni. In particolare mi riferisco qui schematicamente a due principi che la Corte Costituzionale ha più volte ribadito in questa materia:

il primo riafferma, se mai venisse fosse bisogno, che la salute è un bene primario che assurge a fondamentale diritto della persona ed impone una piena ed esaustiva tutela, tale da operare sia in ambito pubblicistico che nei rapporti di diritto privato;

il secondo attiene all'interpretazione stessa delle norme prevenzionali e quindi alla loro necessaria lettura in chiave appunto costituzionale, vale a dire di compatibilità col sistema delineato dalla nostra Carta Costituzionale.

Quest'ultima indicazione, ad esempio, è alla base della notissima decisione (la sentenza n. 312 del 1996) con la quale la Corte Costituzionale, pronunziandosi sulla legittimità dell'art. 41 D.Lgs 277/91 (esposizione a rischio rumore, norma allora vigente), aveva ritenuto la legittimità di tale previsione normativa sulla base di una considerazione di carattere più generale, per altro sostanzialmente vincolante ancora oggi per l'interprete e per il giudice. La Corte, in questa decisione, aveva affermato, infatti, che le misure concretamente attuabili, cui faceva riferimento la normativa impugnata, erano quelle che, nei diversi settori e nelle differenti lavorazioni rispondono ad applicazioni tecnologiche generalmente praticate e ad accorgimenti organizzativi e procedurali altrettanto genericamente acquisiti.

La stessa Corte Costituzionale poi, in altre decisioni successive, ha individuato una caratteristica della nostra legislazione prevenzionale legata alle tecniche normative utilizzate dal legislatore che sono storicamente rapportabili ad almeno due diversi modelli: uno è quello secondo il quale il legislatore procede dando una serie di prescrizioni puntuali e dettagliate nelle quali, ovviamente, sono indicati dei comportamenti precisi che i soggetti obbligati devono tenere;

l'altro, più interessante, è quello caratterizzato dalla pre-determinazione dei fini che il datore di lavoro deve raggiungere; non più, quindi, indicazione normativa di comportamenti precisi e specifici da tenere, bensì individuazione dell'obiettivo prevenzionale da raggiungere attraverso comportamenti che non sono puntualmente indicati dal legislatore, ma che il soggetto obbligato deve necessariamente scegliere prima e tenere poi.

Questa seconda tecnica normativa è quella attualmente più largamente diffusa ed è seguita dal nostro legislatore in materia di sicurezza ed igiene nei luoghi di lavoro, che, come si è già detto, è oggi di prevalente derivazione comunitaria.

Di certo sono sufficienti, in questa sede, tali sommari spunti di riflessione per sostenere con forza che, soprattutto in questo momento storico, è assolutamente impossibile scindere l'attività di vigilanza o di controllo da quella di repressione.

Da parte di tutti gli organi che, a vario titolo e con diverse competenze specifiche, sono chiamati ad intervenire in questo settore, c'è quindi la necessità di procedere su di un piano di cooperazione con i soggetti obbligati, di coinvolgimento di tutti gli interessati (che non sono solo gli obbligati al rispetto delle norme di settore) e di applicazione rigorosa della normativa vigente, che, pur avendo enfatizzato molto, nell'ultimo decennio in particolare, il profilo prevenzionale, ha ancora in sé un sistema sanzionatorio, di natura

prevalentemente penale, secondo una scelta rimasta immutata fin dagli anni '55/'56, finalizzato a scoraggiare il nascere prima ed il perdurare poi di situazioni illegali.

E' perciò naturale che un'attività complessa, come certamente è quella di controllo in senso lato, abbia, o possa avere, una ricaduta su un duplice piano.

Occorre però intendersi su ciò per non ricadere nella vecchia contrapposizione di cui si diceva all'inizio. Si tratta infatti di attività che, comunque caratterizzate, hanno sempre delle ricadute prevenzionali più o meno dirette.

Ogni verifica, ogni accertamento, ogni studio sulle condizioni di lavoro e sulle esposizioni a rischio per i lavoratori ancorato ad una determinata realtà non può non avere, se correttamente condotto, una valenza appunto prevenzionale.

In questo senso anche indagini di comparto come quella di cui oggi si parla devono naturalmente avere una ricaduta concreta sul piano prevenzionale, vale a dire una incidenza diretta sugli interventi di controllo e vigilanza che saranno realizzati non solo nei luoghi di lavoro oggetto dell'indagine, ma anche in tutti quelli nei quali si svolgono attività lavorative in qualche modo assimilabili o addirittura uguali a quelle qui prese in esame.

Indagini di questo genere, o comunque ad esse assimilabili, rappresentano un efficace strumento per raggiungere un elevato livello conoscitivo non solo e non tanto di una o più singole situazioni esistenti, ma soprattutto dei rischi, magari già conosciuti o ancora non del tutto conosciuti, comunque esistenti e legati a certe lavorazioni, in modo da poter mettere a punto strategie di intervento complessive e tali da avere una grande e diffusa efficacia prevenzionale.

Un patrimonio conoscitivo così acquisito va quindi messo a disposizione di tutti i soggetti a vario titolo interessati attraverso opportune forme di pubblicizzazione dei risultati raggiunti e di scambi informativi.

Si tratta in buona sostanza di dar vita a piattaforme comuni e condivise nelle quali riversare le conoscenze settoriali di volta in volta realizzate per poter, su tale base, avviare anche una diffusa attività di vigilanza, partendo dall'ovvio presupposto che le condizioni di lavoro sono in via generale e sempre migliorabili. Non si può infatti mai dire che, avendo raggiunto un obiettivo di tutela in un certo momento storico, lo stesso è destinato a rimanere quasi fossilizzato per un tempo indeterminato. Nella attività prevenzionale non c'è nulla di statico, non c'è nulla di valido per sempre o comunque per un tempo abbastanza lungo, ogni risultato raggiunto va continuamente verificato, aggiornato in base alle conoscenze scientifiche del momento.

E' esperienza comune quella di imbattersi in problematiche relative, ad esempio, a rischi non ancora del tutto conosciuti o perlomeno non ancora sufficientemente studiati, che una volta evidenziati in qualche misura, divengono oggetto di approfondimento, portando poi alla affermazione sul piano scientifico delle loro dannose conseguenze. E' assolutamente ovvio che tutte le conoscenze scientifiche hanno dei limiti e sono costantemente in evoluzione. Questa evoluzione va tuttavia costantemente seguita e tenuta presente nella attività quotidiana, cercando di anticipare il più possibile gli interventi prevenzionali ritenuti opportuni, se non necessari, al fine di migliorare le condizioni di lavoro. Tutti gli studi ed i monitoraggi devono perciò essere costantemente aggiornati, per poter concretamente giungere a ridurre e/o eliminare i rischi conosciuti e studiati, ma anche quelli in via di individuazione o ancora non ritenuti tali, che però non per questo non esistono.

In ogni caso però anche indagini come questa dovranno avere certo una ricaduta su di un piano più strettamente prevenzionale, ma anche una eventuale incidenza su un piano più strettamente punitivo nel momento in cui in quelle realtà oggetto delle indagini (o ad esse equiparabili) non fossero realizzati quegli interventi appunto di natura prevenzionale tecnologicamente fattibili.

In altri termini, pur essendo prevista, come si è accennato, nella normativa prevenzionale vigente una priorità degli aspetti prevenzionali rispetto a quelli più strettamente repressivi, non potrà mai prescindere da questi ultimi che dovranno essere tenuti presenti nel momento in cui la prima parte dell'attività di vigilanza dovesse concludersi senza una effettiva attuazione di interventi appunto prevenzionali adeguati e tempestivi.

Tutto ciò va verificato evidentemente di volta in volta, non potendosi attribuire valore a considerazioni in qualche modo standardizzate.

Indagini di comparto come questa non possono certo rimanere solo come uno studio valido sul piano scientifico, ma devono avere una incidenza diretta ed immediata sui luoghi di lavoro interessati ed in prospettiva anche su quelli che possono presentare gli stessi rischi e pericoli.

Tenendo tra l'altro presente che solo in presenza di azioni effettive di miglioramento delle condizioni di lavoro e di interventi prevenzionali posti in essere dai soggetti obbligati, il legislatore prevede oggi, e realisticamente prevederà in misura sempre maggiore in futuro, diversificate forme di incentivazione, agevolazioni, finanziamenti, riduzione di premi assicurativi per coloro che più si attiveranno su questo piano.

Converrà in proposito ricordare che ancora una volta siamo in presenza di previsioni normative quasi uniche, come unica è stata finora l'introduzione nel nostro ordinamento di quella causa di estinzione generalizzata delle contravvenzioni in materia di sicurezza ed igiene del lavoro, cui prima si accennava. Sono pochissimi infatti i settori disciplinati da una Legge dello Stato, che preveda per chi non la osserva sanzioni di natura civile, amministrativa o penale, nei quali viene contemporaneamente previsto che per chi invece le osserva vi siano aiuti, incentivi, premi.

In presenza di un apparato normativo specifico che prevede oggi, ma che a maggior ragione prevederà sempre più in futuro, forme in qualche misura premianti, sia pure con modalità diverse, mi sembra francamente molto difficile ipotizzare l'esistenza di reali ed insormontabili difficoltà tali da non consentire di attuare compiutamente determinati tipi di misure prevenzionali.

E' in definitiva più che mai utile, se non necessario, diffondere iniziative del tipo di quella oggi comunicata affinché possa realmente aversi una ampia ricaduta prevenzionale volta al miglioramento delle condizioni di lavoro in tutti i luoghi aventi caratteristiche omogenee, fermo restando naturalmente che, se ciò non dovesse in concreto verificarsi, si dovrà poi agire sul piano più strettamente repressivo, di competenza dell'Autorità Giudiziaria, che però rimane quella che potremmo definire l'ultima spiaggia.

I risultati del progetto

di Roberto Riggio – Marco Fontana – Manuela Agnello

SS20.02 Struttura di Igiene Industriale - ARPA Piemonte

INTRODUZIONE

La presente relazione riassume i risultati del progetto regionale mirato alla riduzione dell'esposizione nell'industria della gomma, ed in particolare del settore della produzione di pneumatici.

L'industria della gomma è classificata come produzione sicuramente cancerogena per l'uomo (classe 1) dall'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro (IARC) dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, sulla base di studi epidemiologici che hanno dimostrato tra gli addetti consistenti eccessi di incidenza e morte in particolare per tumore del polmone, della vescica e di leucemia.

La possibilità di attribuire a specifici rischi gli eccessi tumorali osservati nei vari studi è limitata dall'elevato numero di sostanze chimiche cui sono esposti gli addetti di questo comparto, tra cui numerosi cancerogeni certi o sospetti.

All'esposizione professionale nel settore è inoltre correlata una maggiore incidenza di alcune patologie non cancerogene dell'apparato respiratorio e della cute.

La definizione completa del rischio chimico e cancerogeno nell'industria della gomma, compreso il settore della produzione di pneumatici, presenta numerose variabili. L'esposizione dei lavoratori nel settore varia, infatti, in funzione del progresso tecnologico, ovvero per l'evoluzione nel tempo dei composti utilizzati, della tipologia di manufatti, delle tecnologie produttive e per i sistemi di prevenzione adottati.

Nella valutazione del rischio associato al settore riveste particolare importanza l'esposizione, anche potenziale, a sostanze presenti come impurezze nelle materie prime e/o che si liberano durante i processi a caldo, cui vengono sottoposti, in varie fasi, i particolari di gomma durante il processo produttivo. In tale settore produttivo l'esposizione è quindi legata in particolare alla tipologia di mescole e additivi utilizzati, alle condizioni operative e ai sistemi di prevenzione adottati. L'esposizione contemporanea a numerosi composti richiede inoltre l'individuazione di parametri in grado di definire e caratterizzare l'esposizione e il rischio chimico, cancerogeno e/o mutageno, permettendo così la

valutazione dell'efficienza dei sistemi di prevenzione adottati, così come indicato anche dalla normativa vigente.

La complessità della situazione, che non permette di definire semplici indicatori di esposizione e tossicità, è segnalata anche in letteratura in numerosi lavori scientifici. Di particolare rilievo è la monografia della IARC del 1982 (e il suo aggiornamento del 1987) [4] che classifica come cancerogeno di categoria 1 la lavorazione del settore della gomma nel suo complesso, non riuscendo a definire e ad attribuire l'eccesso di mortalità per tumori a singole sostanze, se non in modo parziale. Rispetto alle informazioni reperibili nella monografia, il settore della produzione di manufatti in gomma ed in particolare della produzione di pneumatici, che costituisce nel panorama complessivo una delle principali realtà, ha apportato, anche in funzione delle evidenze epidemiologiche, alcune modifiche in quelle che sono le composizioni delle sostanze e delle impurezze presenti.

All'interno del comparto gomma può essere distinto il sotto-settore della produzione di pneumatici, per alcune specificità nell'organizzazione della produzione, raccolta in poche grandi industrie che impiegano complessivamente migliaia di lavoratori, per la tecnologia produttiva, caratterizzata dall'uso di grandi macchinari che non presentano importanti differenze tra le varie industrie del settore, per l'utilizzo di alcune materie prime, come il nerofumo o i polimeri olio estesi, usati prevalentemente nella produzione di pneumatici.

La valutazione dell'esposizione, delle sostanze presenti e delle tecnologie di prevenzione adottate intende, per quanto possibile, aggiornare la conoscenza scientifica sul settore allo stato attuale degli stabilimenti. Il progetto affronta in modo organico l'attività di produzione dei pneumatici nella Regione Piemonte, che trova nei territori delle ASL partecipanti al progetto 4 grandi stabilimenti.

Gli stabilimenti presenti nel progetto sono stati oggetto, negli ultimi anni, di numerosi interventi congiunti ASL - ARPA, in gran parte riconducibili all'attività di un precedente progetto di ricerca finalizzata alla caratterizzazione dell'esposizione ad agenti chimici, con particolare riferimento all'esposizione a solventi (eptano e ottano), per i reparti di confezionamento dei pneumatici crudi nei 4 stabilimenti. Altri interventi mirati sono stati finalizzati alla risoluzione di alcune problematiche tipiche delle aree di dosatura, preparazione mescole, banbury e di altri specifici reparti presenti negli stabilimenti.

La presente ricerca si inserisce, quindi, come continuazione al precedente progetto di ricerca finalizzata e all'attività istituzionale dei Servizi di Prevenzione delle ASL, con l'intento di estendere, in una seconda fase, il lavoro all'intero comparto della gomma.

Ha partecipato attivamente alla realizzazione del progetto, in modo continuativo o per alcuni specifici aspetti, tutto il personale assegnato alla struttura di Igiene Industriale di ARPA Piemonte, sia di ruolo che con contratti di collaborazione coordinata e continuativa, ed in particolare Roberto Riggio (referente del progetto per ARPA), il responsabile della SS20.02 Marco Fontana, Manuela Agnello, Paolo Fornetti, Gino Sanvido, Cristina Bertello, Anna Maria Scibelli, Maura Fenoglietto, Cristiana Saddi.

DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ LAVORATIVE

Il processo di produzione dei pneumatici può essere, in riferimento alle problematiche di esposizione ad agenti chimici, così schematizzato:

- pesatura e insaccamento preparati: i vari componenti chimici vengono prima pesati e poi abbinati in funzione delle specifiche produttive delle plastiche che si devono ottenere. In questa fase vi è una presenza di agenti che possono presentare rischi soprattutto per l'inalazione ed il contatto con le polveri che si possono liberare da un numero molto ampio di sostanze e preparati (cariche, sostanze anti ossidanti, anti collanti, acceleranti, vulcanizzanti, attivanti, protettivi, ecc.);
- confezione mescole di gomma: la gomma e gli additivi vengono prima mescolati ed omogeneizzati a freddo per poi essere mescolate a caldo a temperature differenti. Durante il mescolamento a caldo vengono dosati, secondo un ordine prefissato, gli additivi in grado di conferire alla gomma particolari caratteristiche. L'esposizione è legata alle polveri, fumi e vapori che si possono liberare;
- preparazione semilavorati: il prodotto ottenuto dai reparti mescole viene trafilato o calandrato per ottenere dei semilavorati. Sono operazioni a caldo, che possono comportare anche la presenza di particolari solventi (ottani o eptani). Anche in questa fase è da prevedere una generazione di vapori e polveri;
- confezione e "finizione" dei pneumatici: le macchine di confezionamento e "finizione" dei pneumatici prevedono una presenza continua dell'operatore durante il loro funzionamento. La stesa del semilavorato è intervallata dalla 'benzinatura' che prevede l'utilizzo di apposito solvente (in genere ottano o eptano), in cui potrebbero essere presenti, come impurità, alcuni idrocarburi aromatici (p. es. benzene);
- vulcanizzazione pneumatici: in apposite presse viene eseguita a caldo la cottura del pneumatico, in modo da conferire al prodotto le caratteristiche finali. L'esposizione in queste fasi è legata allo sviluppo ed all'emissione di fumi e vapori dalle presse e dal successivo processo di raffreddamento;
- verifica e magazzino: in questa fase l'esposizione è legata al contatto cutaneo e al continuo rilascio di sostanze volatili dal pneumatico cotto.

I sopralluoghi effettuati presso gli stabilimenti, ed in particolare presso i reparti di magazzino materie prime, dosatura, miscelazione a caldo (banbury), calandratura e vulcanizzazione, hanno permesso di indirizzare prioritariamente l'intervento.

Per la tipologia di rischio, per il numero di lavoratori esposti o potenzialmente esposti, per le evidenze dei sopralluoghi e per la disponibilità di metodiche analitiche sono stati scelti i reparti di vulcanizzazione.

In tali reparti il pneumatico crudo, che proviene dai reparti di confezionamento, viene sottoposto a riscaldamento in camere di vulcanizzazione, che imprime la forma definitiva al pneumatico. I tempi e le temperature raggiunte durante la fase di riscaldamento variano in funzione del tipo e della dimensione del pneumatico da vulcanizzare. In generale il range di temperatura varia tra 140 e 160°C, con punte anche più alte (intorno a 180°C), mentre i tempi di stampaggio variano da un minimo di 12 minuti, per i pneumatici per automobili, ad un massimo di 45-50 minuti, per i pneumatici per veicoli industriali. In alcuni reparti adibiti alla vulcanizzazione di pneumatici per automobili, le presse vengono caricate manualmente, mentre sono caricate automaticamente negli impianti più moderni. Lo scarico del pneumatico cotto, che rappresenta il momento di maggiore generazione di fumi di gomma calda, avviene quasi sempre in modo automatico, anche in reparti di non recentissima concezione. Costituiscono eccezione alcuni reparti di produzione di pneumatici sportivi e di ricostruzione del battistrada.

I reparti di vulcanizzazione, pur presentando in qualche caso un'elevata automazione, prevedono, la presenza e il presidio di numerosi lavoratori, sia per le normali operazioni di gestione del processo produttivo, che per una serie di operazioni ausiliarie che vengono effettuate con continuità lungo le linee, quali il trasporto tramite carrelli dei pneumatici crudi e in qualche caso anche di quelli cotti. Si segnala inoltre la presenza di apposite squadre (in alcuni casi ditte esterne) che, intervenendo sugli impianti assicurano la pulizia e la manutenzione degli stampi, interventi sui quadri elettrici, operazioni di ingrassaggio. Esistono, inoltre, una serie di operazioni, effettuate anche con una certa frequenza, che vengono svolte dagli operatori addetti agli impianti per risolvere problemi legati in particolare all'incollaggio del pneumatico nella camera di vulcanizzazione e di trasporto dei pneumatici lungo i tappeti di raffreddamento, in genere risolte con interventi a volte di breve durata ma a diretto contatto con il pneumatico caldo.

Questa variabilità nelle operazioni effettuate, non permette la definizione di profili di esposizione per ogni parametro e per ogni singola mansione, se non con un numero

esorbitante di campioni, in grado di valutare la variabilità dell'esposizione durante le singole operazioni: questo nonostante durante il progetto siano stati effettuati circa 500 campioni di aeriformi.

E' stata quindi preferita l'effettuazione di campioni ambientali, anche in considerazione delle necessità di identificare la distribuzione degli inquinanti negli ambienti di lavoro e di permettere, con l'analisi impiantistica effettuata dal Prof. Renato Rota del Politecnico di Milano, il confronto tra le diverse soluzioni di prevenzione adottati. Tale approccio, applicato con sistematicità presso le ditte, ha permesso di evidenziare differenze significative sia tra le aziende, sia tra i diversi reparti delle stesse aziende, individuando eventuali criticità e soluzioni impiantistiche utili per allontanare in modo adeguato gli inquinanti.

Le concentrazioni di polveri e di IPA totali, che permettono in genere un più esteso confronto tra le varie realtà, evidenziano differenze importanti tra i campioni nelle zone di normale presenza degli operatori (lungo le linee di vulcanizzazione) e i campioni effettuati presso altre aree, in particolare sulle passerelle presenti tra o superiormente alle linee di vulcanizzazione. I campioni ambientali prelevati in alcune sale presso le palazzine uffici degli stabilimenti monitorati sono stati utilizzati come valori di controllo, di fondo ambientale, per la valutazione degli IPA in quanto, come è noto, tali agenti sono inquinanti ubiquitari. I campionamenti di controllo sono stati effettuati con le stesse metodiche e nelle stesse giornate in cui si sono effettuati gli altri campionamenti di IPA e sono direttamente utilizzabili per un confronto. I risultati evidenziano concentrazioni medie per gli uffici decisamente inferiori rispetto a quelle riscontrate mediamente nei reparti e presso le aree di passerella, a dimostrazione che i livelli di IPA, presenti nelle aree di vulcanizzazione sono di origine professionale e non ambientale.

Oltre ai monitoraggi ambientali è stato costruito un database riportando, per le numerose sostanze e preparati utilizzati presso ogni stabilimento (circa 150 schede analizzate per ogni ditta), sia come materie prime che come prodotti ausiliari nella produzione, alcune delle informazioni reperibili nelle schede di sicurezza, i quantitativi usati e la tipologia di utilizzo. Inoltre è stata fatta un'analisi della documentazione scientifica riguardante il settore, sia per quel che riguarda le malattie correlate alla produzione della gomma, sia per ciò che concerne i livelli quantitativi e qualitativi di esposizione riscontrati in altri studi.

In tutti gli stabilimenti sono state acquisite sul campo informazioni utili a caratterizzare i flussi di emissione e individuare i parametri necessari alla definizione delle portate di aspirazione.

In particolare i tecnici ARPA hanno eseguito misure di temperatura a diverse quote sopra le presse e delle dimensioni degli impianti presenti. Tali misure sono state fornite al Prof. Rota per le successive valutazioni impiantistiche.

ANALISI BIBLIOGRAFICA

Nelle informazioni reperibili in letteratura si è constatata ancora oggi la difficoltà, già segnalata nella monografia della IARC, di correlare l'esposizione a specifiche sostanze all'eccesso di patologie, non solo quelle tumorali, connesse al settore di produzione della gomma e trovare quindi efficaci indicatori di esposizione e valutazione del rischio.

Evidenze degli effetti cancerogeni

Nella monografia IARC del 1982 viene indicato un eccesso di tumori per i lavoratori dell'industria della gomma. Gli studi epidemiologici mostrano infatti in genere un eccesso di mortalità per tutte le neoplasie, in particolare per il polmone, la vescica, la laringe, nonché per leucemia e mesotelioma.

C'è una evidenza sufficiente tra eccessi di tumori al polmone, allo stomaco e alla laringe nei lavoratori della gomma, ma una limitata evidenza per una esposizione causale a specifici agenti chimici [2, 3, 4, 24]

L'aumento del numero di casi del tumore dello stomaco è stato correlato all'esposizione a polveri nell'industria della gomma [2], mentre sono discordanti i dati sull'incidenza di tumore della prostata tra i lavoratori del settore [20, 24].

E' stato anche riscontrato un eccesso di tumori pleurici correlati, in parte, con la presenza di asbesto nel talco utilizzato nel recente passato [21].

Gli studi epidemiologici pubblicati dopo il 1982 continuano ad evidenziare un eccesso, seppur inferiore rispetto al passato, di neoplasie alla vescica e alla laringe, ma le informazioni presenti negli studi non permettono ancora oggi di identificare la correlazione tra specifica esposizione e cancro. Queste considerazioni sono estendibili, seppur in misura minore, per il tumore allo stomaco e all'esofago.

La maggiore incidenza di tumori alla vescica è stata correlata, in passato e nella monografia IARC, all'utilizzo di antiossidanti costituiti o contaminati da β -naftilamina e benzidina. Anche per gli addetti della gomma che non hanno mai lavorato con la β -naftilamina, studi recenti hanno messo in evidenza un eccesso di tumori della vescica, in alcuni casi associabile ad un'esposizione a o-toluidina e anilina o arilamine. Ciò indica come la modifica dei prodotti presenti nel settore, che ha avuto sicuramente un importante ruolo nel ridurre il rischio di tumore alla vescica, potrebbe non essere stato sufficiente ad

eliminarlo. L'eccesso di tale tumore viene anche messo in relazione allo sviluppo durante le lavorazioni di n-nitrosamine [16].

L'esposizione alle n-nitrosamine, sostanze che possono formarsi nel settore della gomma, è anche associata a una serie di neoplasie, quali il tumore dell'esofago, della cavità orale e della faringe [34].

Per la leucemia, l'eliminazione del benzene ne ha ridotto il rischio, ma si riporta tuttora un eccesso di tali patologie.

Per il tumore del polmone, si riscontra un rischio relativo maggiore del 50% in molte coorti.

I livelli di esposizione nel settore nei paesi industrializzati sono diminuiti negli ultimi anni, ma gli studi epidemiologici non dimostrano che tali livelli siano stati sufficienti ad un'eliminazione dell'eccesso di rischio per neoplasie [3].

Mutagenicità del particolato

L'esposizione a composti mutageni nell'industria della gomma è stata studiata e dimostrata in numerosi lavori, analizzando la mutagenicità del particolato e le urine dei lavoratori, ma è ancora limitata l'associazione con alcuni componenti chimici responsabili di questa attività. La monografia IARC evidenziava, già nel 1982, che fumi di vulcanizzazione di gomme a base di Stirene-Butadiene, prelevati presso i reparti delle aziende o generati tramite simulazione in laboratorio, presentavano attività mutagena [4].

La vulcanizzazione ad alte temperature e pressioni genera agenti chimici attivi biologicamente, alcuni dei quali conosciuti come cancerogeni e/o mutageni. Risulta quindi un'associazione significativa tra esposizione nell'industria dei pneumatici ed effetti genotossici nei lavoratori esposti. I livelli riscontrati aumentano all'aumentare della durata dell'esposizione. I risultati positivi di vari test citogenetici effettuati, prova il potenziale genotossico di alcuni agenti chimici emessi durante la produzione di pneumatici. [36]

I livelli riscontrati indicano che ancora oggi, nonostante i progressi nella modifiche delle composizioni delle mescole e la riduzione dell'esposizione ottenuta con migliori sistemi di prevenzione e l'uso di dispositivi di protezione individuale, la lavorazione dell'industria della gomma espone potenzialmente a inquinanti e a miscele di composti con attività mutagena superiore a quella dei livelli di controllo. Queste considerazioni sono estendibili al settore analizzato nel progetto, perché riguardano in larga parte studi in aziende di produzione di pneumatici e con livelli di polverosità confrontabili con quelli riscontrati nel progetto [28]. La mutagenicità è legata in particolare alla frazione estraibile in diclorometano e cicloesano. Attività mutagena è stata riscontrata anche in test superficiali (wipe test) [14]. L'attività mutagena, nonostante livelli di polverosità relativamente bassi, è risultata elevata in particolare nelle operazioni di vulcanizzazione [28].

Due recenti studi italiani [7, 8] confermano un'aumentata attività mutagena del particolato presente in varie fasi della produzione di manufatti in gomma. In un lavoro [7] si suggerisce un approccio combinato tra caratterizzazione chimica (polveri, IPA e n-nitrosamine) degli aerodispersi e test biologici, al fine di monitorare l'attività mutagena nel settore della gomma. Anche il secondo studio [8] utilizza un approccio combinato chimico

(polveri, IPA e analisi qualitativa) e biologico e dimostra, in tutti i campioni, un diretto ed elevato potere mutageno (da 5 a 15 volte i valori dei controlli) nelle ditte analizzate.

Questi studi dimostrano quindi che, nonostante la sostituzione di numerosi agenti chimici, si conferma un'attività mutagena del particolato presente nell'industria della gomma riscontrata, tra l'altro, in diverse fasi produttive.

L'esposizione ad agenti chimici, cancerogeni e/o mutageni nel settore di produzione di manufatti in gomma è correlata anche all'assorbimento cutaneo. Tale via di penetrazione degli inquinanti può infatti assumere, per alcune sostanze, anche un ruolo pari o superiore all'esposizione inalatoria.

La penetrazione dell'inquinante attraverso la cute può avvenire sia per contatto diretto con i materiali utilizzati sia per fenomeni di assorbimento di vapori e polveri che si possono depositare. La valutazione di tale aspetto non è di facile definizione e non esistono ad oggi metodiche tali da quantificare, in modo completo, la dose cutanea. Per particolari sostanze è possibile incrociare le informazioni che si possono ottenere con alcuni campioni cutanei (in genere effettuati tramite pads e lavaggio di superfici esposte con appositi solventi) con l'esposizione inalatoria e con parametri biologici.

In particolare l'esposizione a IPA è in genere accompagnata da fenomeni di assorbimento rilevanti. Nella produzione della gomma i livelli di mutagenicità in parametri biologici sono correlati all'esposizione inalatoria di particolato e ad un contributo significativo dell'assorbimento cutaneo sul totale della dose. ,

In generale si riscontra, soprattutto per le operazioni di manutenzione che possono costituire particolari attività critiche per quel che riguarda il contatto cutaneo con inquinanti, un diffuso utilizzo di creme barriera e dispositivi di protezione individuali.

Effetti non cancerogeni

L'attività degli agenti chimici presenti nel settore non è solo potenzialmente cancerogena e/o mutagena, ma presenta anche effetti avversi legati alle note proprietà sensibilizzanti di molti prodotti utilizzati, nonché ad altre malattie collegate all'apparato respiratorio [4] e cutanee. L'esposizione nell'industria della gomma è associata in diversi studi, anche successivi alla pubblicazione della monografia della IARC, ad un eccesso di malattie dell'apparato respiratorio, in particolare per l'esposizione a polveri e fumi di gomma calda [4, 25]. In particolare sono stati riscontrati in lavoratori del settore eccessi elevati e significativi di rischio di asma e bronchiti. L'eccesso aumenta all'aumentare del numero di anni di esposizione, ma è significativo anche in soggetti giovani o anche esposti per pochi anni [25]. L'esposizione a polveri è anche correlata ad una diminuzione della capacità polmonare [4].

Eccesso di malattie cutanee, in particolare dermatiti della pelle e della mano [32], è associata alla presenza e utilizzo di IPPD e 6PPD, e di numerose altre parafenilendiammine, sostanze sensibilizzanti per contatto cutaneo [4].

L'esposizione cutanea è correlata al contatto diretto ed alla deposizione di particolato sulla cute, nonché al contatto con le superfici contaminate

Il controllo dell'esposizione

L'industria della gomma è caratterizzata dall'esposizione a miscele complesse. Questa situazione è legata all'utilizzo di alcune centinaia di sostanze, come materie prime, semilavorati e additivi, nonché di quelle che si generano e si liberano a causa delle condizioni (temperatura e pressione) in cui avvengono alcune lavorazioni.

L'esposizione è caratterizzata in particolar modo dalle polveri delle sostanze impiegate nelle fasi di manipolazione, dosaggio e miscelazione e dai fumi e vapori di gomma calda nelle operazioni a caldo (banbury, trafilatura e calandratura, vulcanizzazione). Solventi e loro vapori sono la principale esposizione nelle fasi di assemblaggio. Ulteriori esposizioni a gas che continuano a liberarsi sono riscontrabili durante le operazioni di verifica e finitura.

La selezione di adeguati marcatori dell'esposizione, soprattutto in grado di definirne la relazione con il potenziale cancerogeno, è quindi di difficile individuazione. In alcuni studi l'utilizzo di test "non specifici" ha permesso di definire le proprietà tossiche dell'esposizione. In particolare test di mutagenicità, effettuati sul particolato, sia inalabile che depositato sulla cute, e sulle urine ha indicato un'attività mutagena nel settore, significativamente superiore a quella dei controlli.

La complessità e la diversità dell'esposizione ambientale, rendono molto difficile dal punto di vista analitico la valutazione dell'esposizione, e i dati riportati sono spesso incompleti e coprono solo alcune famiglie di composti chimici in alcune reparti [41].

Oltre cento composti sono stati identificati in aria uno studio italiano del 1983. [33]

La riduzione del rischio chimico, cancerogeno e/o mutageno nell'industria della gomma deve attraversare interventi che comportino un continuo miglioramento delle sostanze e dei preparati (come per esempio indicato dalla direttiva CE sull'eliminazione degli oli aromatici cancerogeni), sia per quel che riguarda i costituenti principali, le impurezze (IPA, monomeri) e i sottoprodotti che possono essere generati (p.es. anilina e altre ammine aromatiche generate dalla 6PPD, n-nitrosammine, ecc.), sino alla progettazione e gestione dei sistemi di prevenzione.

Le principali strategie per la riduzione dell'esposizione indicate in letteratura prevedono, per l'industria della gomma, l'eliminazione della sorgente inquinante (sostituendo la sostanza pericolosa con una che lo è meno) o la riduzione dell'emissione (utilizzando materiali predosati o in matrice), l'adozione di sistemi di prevenzione alla fonte

(aspirazione localizzata) e ventilazione generale dei reparti, eventuale utilizzo di Dispositivi di Protezione Individuale [38].

Poiché l'esposizione nell'industria della gomma è classificata come potenzialmente cancerogena per l'uomo, il principio ALARA (as low as reasonable achievable) dovrebbe essere utilizzato nel controllo dell'esposizione.

L'attività genotossica è in genere attribuita alla frazione organica delle miscele complesse presenti negli ambienti di lavoro [27].

Non sono stati definiti e identificati per i fumi e le polveri di gomma valori di NOAEL (no observed adverse effect level), cioè concentrazioni al di sotto delle quali non si sono osservati effetti avversi sulla salute. In Inghilterra il COSHH Regulations (Control of Substances Hazardous to Health) del 1999 indica che la concentrazione non dovrebbe superare il valore limite di MEL (maximal exposure limit) di 0,6 mg/m³ per la frazione estraibile in cicloesano e che tale esposizione dovrebbe essere ridotta al valore più basso praticabile al di sotto del MEL, in quanto tali livelli sono da considerarsi limiti tecnici. Un'esposizione inferiore al limite MEL non può quindi essere di per sé considerata adeguata, in quanto l'esposizione deve essere ridotta comunque a valori più bassi ragionevolmente possibili [31].

In alcuni studi si evidenzia come i livelli più alti di frazione estraibile in cicloesano siano stati riscontrati nei reparti di vulcanizzazione [39]. Dai dati pubblicati in letteratura è possibile ricavare che la frazione estraibile in cicloesano nelle aree di vulcanizzazione è circa il 50% delle polveri [14, 37].

Numerosi studi hanno riscontrato concentrazioni di differenti n-nitrosamine nell'industria della gomma, in particolare liberate e formatesi durante le operazioni a caldo, ma presenti anche nelle aree di stoccaggio, probabilmente legate al rilascio di sostanze gassose che continua anche dopo il raffreddamento del materiale.

In particolare sono state riscontrate concentrazioni quantificabili di n-nitrosodibutilamina, n-nitrosodietanolamina, n-nitrosodietilamina, n-nitrosodimetilamina, n-nitrosodiisopropilamina, n-nitrosodipropilamina, n-nitrosomorfolina, n-nitrosopiperidina, n-nitroso-pirrolidina, n-nitrosometilfenilamina, n-nitrosoetilfenilamina.

I livelli di concentrazione variano tra 0,05 e 109 µg/m³, con presenze più diffuse di NDMA e NMOR.

Per queste sostanze esistono dei limiti di esposizione “tecnici” (TRK) tedeschi, cioè basati sulla fattibilità tecnologica, pari a 1 µg/m³ per tutte le lavorazioni e 2,5 µg/m³ per la vulcanizzazione, come somma delle n-nitrosoamine.

Alcuni precursori delle n-nitrosoamine sono stati identificati, quali per esempio Dimetilditiocarbammato di Zinco ZDMC, Dietilditiocarbammato ZDEC, solfuro di tetrametiltiurano TMTD, 2-(4-Morfolino) Tiobenzotiazolo MBS, così come altri composti, in genere appartenenti alle stesse famiglie chimiche (benzotiazoli, tiourani, sulfenammidi, ecc) e tuttora presenti nelle ditte del settore, ritenuti precursori delle n-nitrosoamine. [4, 5, 10, 11, 12].

IDENTIFICAZIONE E SCELTA DEGLI AGENTI RICERCATI

Per le ragioni indicate nei paragrafi precedenti, un approccio realistico nel settore dovrebbe prevedere la ricerca e la quantificazione di idonei agenti o parametri in grado di definire, sapendo di rappresentare comunque un quadro non completo e parziale, validi indicatori di esposizione, sia quantitativi che qualitativi. Tali parametri dovrebbero essere scelti in funzione della praticabilità, della possibilità di essere correlati al processo produttivo, della loro capacità di rappresentare qualitativamente e quantitativamente l'esposizione, anche al fine di individuare possibili soluzioni e interventi di prevenzione.

In funzione delle disponibilità strumentali e della fattibilità analitica sono stati scelti alcuni parametri ritenuti significativi ai fini dell'esposizione.

Le polveri inalabili sono state scelte per rappresentare quantitativamente l'esposizione a fumi di gomma calda, in quanto dalle informazioni di letteratura si è riscontrato che in vulcanizzazione circa il 50% della polverosità costituisce tale frazione, che per motivi strumentali non è stato possibile determinare. La quantificazione di tale parametro è importante anche in relazione alla mutagenicità delle polveri presenti nell'industria della gomma (e della loro frazione estraibile sia in diclorometano che in cicloesano), così come ricavato dai dati di letteratura.

Gli IPA (16 IPA ricercati) sono stati utilizzati come principale indicatore della pericolosità relativa di fumi e vapori.

La IPPD e la 6PPD sono state scelte come indicatore di un'eventuale esposizione ad ammine aromatiche, comprese quelle cancerogene.

Altre metodiche non applicate nel seguente progetto, ma che possono trovare un valido e corretto utilizzo nell'analisi e nella caratterizzazione dell'esposizione, sono la frazione estraibile in cicloesano del particolato inalabile, la determinazione del solfuro di carbonio CS₂, i test di mutagenicità sul particolato inalabile, la quantificazione delle n-nitrosoamine, nonché la stima dell'esposizione cutanea tramite pads cutanei e wipe test per la contaminazione delle superfici.

Per una caratterizzazione qualitativa validi strumenti si sono rivelati l'analisi dell'aria tal quale prelevata tramite canister (sono eventualmente utilizzabili altri strumenti idonei di prelievo di aria), che ha permesso di identificare numerose sostanze chimiche. Sempre utili alla determinazione degli agenti che si liberano durante il processo di vulcanizzazione

possono essere i test di cessione a caldo, analizzando qualitativamente i fumi e vapori sviluppati durante la simulazione in laboratorio del processo di vulcanizzazione.

Polveri inalabili

Nelle polveri inalabili presenti nel comparto si concentrano numerose sostanze che possono comportare effetti dannosi per la salute umana.

Nel particolato sono contenuti i principali IPA classificati (anche provvisoriamente) come cancerogeni dalla CE (R45) o come probabili o possibili cancerogeni dalla IARC. Nelle polveri sono anche presenti, se utilizzati nel ciclo produttivo, alcune ammine aromatiche quali IPPD e 6PPD. Queste sostanze, al momento non classificate cancerogene, possono comunque liberare a caldo altre ammine aromatiche sia per degradazione termica sia perché eventualmente presenti come impurezze di sintesi, come mostrato dall'analisi qualitativa dei fumi di vulcanizzazione e da studi scientifici.

Il valore delle polveri inalabili può essere utilizzato come indice dell'efficienza dei sistemi di prevenzione messi in atto dall'azienda (aspirazioni generali e localizzate), in un confronto relativo tra le diverse realtà del comparto. I valori riscontrati non possono essere confrontati con il limite per le polveri non diversamente classificate (TLV-TWA dell'ACGIH pari a 10 mg/m³), in quanto tale limite è applicabile solo per sostanze con bassa tossicità.

Le polveri del settore, comprese quelle della vulcanizzazione, non possono invece essere ricondotte a questa categoria anche in considerazione del fatto che, come detto già ampiamente argomentato nella presente relazione, è oramai accertato che il settore produttivo della gomma, pur essendo contraddistinto da una bassa polverosità, è caratterizzato da una importante pericolosità chimica non riconducibile ad una unica specie o famiglia chimica. Diversi studi hanno dimostrato che il particolato presente nei reparti è contraddistinto da effetti mutageni, decisamente superiori a quelli di controllo e/o ambientali.

Inoltre le sostanze contenute nel particolato possono penetrare nell'organismo umano attraverso la pelle, che assume, soprattutto a basse dosi inalatorie, un ruolo importante nella definizione della dose espositiva in questo comparto.

Per quello che riguarda i fumi di vulcanizzazione esiste un limite tecnico di esposizione inglese, normalmente utilizzato come riferimento, pari a 0,6 mg/m³ ed espresso come frazione estraibile in cicloesano, parametro che, per motivi tecnici, non è stato possibile verificare.

Idrocarburi Policiclici Aromatici

Per idrocarburi policiclici aromatici si intende un'ampia gamma (circa 500) di composti organici con due o più anelli benzenici. Gli IPA si caratterizzano per il loro basso grado di solubilità in acqua, l'elevata capacità di aderire a materiale organico e la buona solubilità nei lipidi ed in molti solventi organici.

Nello stampaggio della gomma le fonti di origine degli IPA sono riconducibili sia a processi di degradazione termica, sia alla liberazione dalle materie prime delle mescole in lavorazione nelle presse (oli minerali plastificanti e nero di carbone), dove sono presenti come impurezze.

L'industria della gomma è caratterizzata da un'esposizione professionale a IPA, anche se in genere a livelli inferiori rispetto ad altri settori produttivi [2].

A causa della natura cancerogena certa o sospetta di numerosi IPA, l'esposizione a tali composti dovrebbe essere comunque ridotta al livello più basso possibile.

Le principali sorgenti di IPA nel comparto sono gli oli aromatici, gli elastomeri con plastificanti (elastomeri olio estesi) ed il nero di carbonio.

Sia i neri che le cariche minerali vengono aggiunte in grandi quantità per permettere la lavorazione e per ottenere le caratteristiche desiderate, soprattutto la durezza. La maggior parte delle cariche ha un'azione rinforzante sulle gomme vulcanizzate, ovvero un miglioramento di una serie di caratteristiche come la resistenza a trazione, l'allungamento a rottura, il modulo, la resistenza a rottura e la resistenza all'abrasione. Circa il 90% del nero di carbonio prodotto è utilizzato per la produzione di pneumatici [2], dei quali costituiscono una parte importante sul totale della loro composizione. I neri di carbonio hanno generalmente un contenuto inferiore allo 0,1% di IPA e, nonostante siano comunque classificati dalla IARC in categoria 2B come possibili cancerogeni (inadeguata evidenza cancerogena per gli studi epidemiologici, sufficiente evidenza per gli studi sugli animali), ed esistano numerosi studi che indicano una serie di patologie associate all'esposizione a tali sostanze (in particolare legate all'apparato respiratorio), al punto che numerosi Enti individuano valori limite differenti, non sono ad oggi etichettati come sostanze pericolose ai sensi della normativa sulla classificazione, l'etichettatura e l'imballaggio europea. La pericolosità dei neri di carbonio è associata alla presenza di IPA che possono essere resi biodisponibili attraverso eluizione [4].

Gli oli aromatici utilizzati sono classificati come R45 in quanto hanno un contenuto di IPA come frazione estraibile maggiore del 3%.

Gli elastomeri hanno un contenuto superiore allo 0,1% in peso di oli aromatici classificati cancerogeni con etichettatura R45, ma in generale al preparato non si applica la classificazione di cancerogenicità poiché, sulla base di quanto previsto dalla Direttiva 1999/45/CE art. 12 comma 2, i preparati non risultano pericolosi “nella forma in cui sono messi sul mercato”. Questo può introdurre una possibile sottostima del rischio in quanto, se può essere vero che nella forma commercializzata tali prodotti non presentino ad oggi proprietà pericolose, durante le fasi di lavorazione a caldo rilasciano numerosi composti, tra i quali eventuali monomeri e sicuramente una parte di IPA presenti negli oli. Vi è quindi, durante tali operazioni, la possibilità che agenti chimici possano liberarsi comportando un'esposizione professionale ad agenti chimici pericolosi. Tali prodotti vanno quindi considerati, durante il normale utilizzo nel settore di produzione dei pneumatici, come agenti chimici pericolosi, anche ai sensi dell'art. 72-ter della D.Lgs. 626/94 così come modificato dal D.Lgs. 25 del 2002.

L'evoluzione storica nella fabbricazione dei prodotti in gomma ha visto due dinamiche inverse nella definizione del contributo totale all'esposizione a questi agenti chimici. Da un lato la riduzione degli IPA legata all'utilizzo di neri di carbonio meno inquinati, con un contenuto di IPA totale inferiore allo 0,1% in peso, dall'altro l'aumento della percentuale di neri e l'utilizzo di oli minerali plastificanti nella composizione media del prodotto [4]. Alcune proposte di direttive europee allo studio propongono a partire dai prossimi anni l'obbligo di utilizzo di oli aromatici con di IPA inferiore al 3%, che porterà presumibilmente ad una riduzione dei livelli di esposizione.

Presso il laboratorio ARPA di Grugliasco è stato possibile quantificare 16 IPA, 7 dei quali classificati ufficialmente come cancerogeni (R45) o sospetti tali (R40) dalla normativa italiana, mentre altri 4 sono classificati provvisoriamente come cancerogeni dal Responsabile dell'Immissione sul Mercato, così come previsto dalla normativa in assenza di classificazione ufficiale. 8 dei 16 IPA ricercati sono anche classificati dalla IARC come probabili (classe 2A) o possibili cancerogeni (classe 2B). Nella tabella che segue sono riassunte le classificazioni ufficiali e provvisorie degli IPA ricercati.

TABELLA: classificazione e etichettatura dei singoli IPA ricercati

INQUINANTE	CAS	FRASI DI RISCHIO	CANCEROGENICITÀ'		
			ACGIH	IARC	CEE
Acenaftene*	83-32-9	(R45 Cat.2-50-53*)		2A	(R45 *)
Acenaftilene*	208-96-8	(R36/37/38 *)			
Antracene*	120-12-7	(R20/21/22-42/43*)		3	
Benzo[a]antracene	56-55-3	R45-50-53	A2	2A	R45 C. cat 2
Benzo[a]pirene	50-32-8	R45 -46 60-61-50-53 R43	A2	2A	R45 C. cat 2
Benzo[b]fluorantene	205-99-2	R45-50/53	A2	2B	R45 C. cat 2
Benzo[ghi]perilene*	191-24-2	(R36/37/38 *)		3	
Benzo[k]fluorantene	207-08-9	R45-50/53		2B	R45 C. cat 2
Crisene	218-01-9	R45 -68 Mut.Cat.3-50/53	A3	3	R45 C. cat 2
Dibenzo[a,h]antracene	53-70-3	R45 -50/53		2A	R45 C. cat 2
Fenantrene**+	85-01-8	(R45 -50/53 *)		3	(R45 C.cat 2 *)
Fluorantene*	206-44-0	(R20/21/22-40 *)		3	
Fluorene*	86-73-7	(R45 -50/53 *)		3	(R45 C.cat 2 *)
Indeno[1,2,3-cd]pirene*	206-44-0	(R45-50-53-36/37/38*)		2B	(R45*)
Naftalene	91-20-3	R40-22--50-53	A4	2B	R40 C. cat 3
Naftalene *	91-20-3	(R45-11-20/21/22-36/37/38-43-50-53*)			(R45 *)
Pirene*	129-00-0	(R22-36/37/38 *)		3	
<p>*: IPA con classificazione provvisoria di pericolosità per gli effetti tossici a breve, a medio e a lungo termine, a cura del responsabile dell'immissione sul mercato di queste sostanze.</p>					

Ammine aromatiche

Particolare attenzione è stata data alla presenza nel ciclo produttivo di ammine aromatiche. Oramai non sono più presenti, neanche come impurezze, alcune ammine storiche (β -naftilamina), per le quali era certo e associabile un eccesso di tumori alla vescica nelle aziende della gomma.

Le due ammine aromatiche attualmente più utilizzate nell'industria dei pneumatici sono derivati della parafenilendiammina:

- N-(1,3-dimetilbutil)-N'-fenil-p-fenilendiammina (6PPD o DMBPPD)
- N-isopropil-N-fenil-p-fenilendiammina (IPPD)

Tali sostanze sono impiegate come additivi nelle mescole per prevenire l'azione degenerativa degli agenti ossidanti e dell'ozono. Come per molte ammine, una delle primarie forme di assorbimento è la cute. Data la loro azione irritante e sensibilizzante per la pelle occorre evitare accuratamente il contatto cutaneo.

In precedenti interventi presso le aziende oggetto del comparto, era già stata messa in evidenza la presenza di alcune ammine aromatiche cancerogene. In particolare erano state identificate e quantificate la o-toluidina, p-cloro-o-toluidina, p-cloroanilina e 2,4 diamminotoluene, presenti come impurezze, anche se in quantitativi inferiori ai limiti di classificazione, nelle sostanze in uso presso gli stabilimenti. Il NIOSH raccomanda misure per ridurre al più basso valore possibile l'esposizione a o-toluidina e anilina.

Come detto le aril fenil parafenilendiammine utilizzate non presentano rischi oncologici, date le informazioni disponibili, ma problemi di sensibilizzazione, in particolare cutanea.

Durante i processi a caldo e nelle condizioni di vulcanizzazione, però, parte delle ammine aromatiche si decompongono rilasciando eventuali altre sostanze, come anche segnalato in letteratura. Tra i composti individuati e che possono liberarsi in seguito a degradazione termica, di particolare interesse risultano essere l'anilina e suoi derivati, riscontrati praticamente in tutti i campioni di analisi qualitativa prelevati presso gli stabilimenti.

Durante il progetto si segnala inoltre da parte di un produttore la scelta di sostituire un preparato, costituito da una miscela di diaril parafenilediammine (non meglio

specificato) con la 6 PPD. Tale scelta si inserisce nel quadro di una possibile riduzione di eventuali impurezze che possono essere presenti nei prodotti utilizzati e sicuramente risponde alla necessità di una maggiore chiarezza sulle informazioni chimiche e tossicologiche delle sostanze impiegate.

CAMPIONAMENTO E ANALISI DEGLI INQUINANTI

Metodi di prelievo

Prelievi di tipo ambientale:

Vengono effettuati in postazioni fisse; la loro finalità è quella di valutare la diffusione degli inquinanti nei reparti e di consentire una mappatura dell'inquinamento nell'ambiente di lavoro.

Prelievi di tipo personale:

Vengono effettuati applicando il mezzo di captazione direttamente sulla persona, in prossimità delle vie respiratorie, al fine di determinare l'esposizione dell'operatore alle sostanze inquinanti durante l'esecuzione delle varie mansioni.

Le linee di prelievo sono costituite dalle seguenti unità principali:

- ⇒ *sistemi di captazione degli inquinanti* (membrane filtranti, fiale adsorbenti, soluzioni di assorbimento);
- ⇒ *mezzi di aspirazione* dotati dei seguenti accessori:
 - regolatore di flusso;
 - sensore di temperatura;
 - temporizzatore.

Le attrezzature utilizzate, quali tubi e raccordi, sono realizzate con materiali inerti onde evitare fenomeni di contaminazione dei campioni.

Per il campionamento degli inquinanti di seguito indicati sono stati utilizzati metodi di prelievo ed analisi che fanno riferimento a metodiche ufficiali di enti nazionali e internazionali di ricerca o articoli scientifici di letteratura.

Determinazione delle polveri inalabili

☐ Metodo di campionamento

Il metodo di campionamento di riferimento è il NIOSH n°0500 [45]:

Il sistema di captazione è formato da un filtro in nitrato di cellulosa (NCE) di 37 mm di diametro e 0.5 µm di diametro dei pori.

Il flusso di campionamento è impostato a 3 l/min; la durata minima di campionamento è stata di circa 240 minuti.

I filtri, al termine del campionamento, non necessitano di particolari attenzioni e possono essere conservati alla luce e a temperatura ambiente; occorre, in ogni modo, mantenerli il più possibile al riparo dall'umidità.

☐ Metodo di analisi

Il metodo, messo a punto dai laboratori di ARPA PIEMONTE, è in parte tratto dal metodo NIOSH n°0500 [45].

I filtri vengono condizionati e in seguito analizzati mediante determinazione gravimetrica.

Per minimizzare le oscillazioni delle pesate dovute soprattutto all'umidità, ogni serie di filtri viene pesata insieme ad un numero determinato di filtri "bianchi" (almeno 3 per ogni serie) il cui valore medio verrà utilizzato come valore di riferimento per i campioni.

Determinazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

❑ Metodo di campionamento

Il metodo di campionamento di riferimento è il NIOSH n°5506 [43]:

Il sistema di captazione è formato da un corpo costituito da un filtro in fibra di vetro di 37 mm di diametro e 2 µm di diametro dei pori su cui si adsorbono gli IPA più pesanti, ossia quelli in *fase particellare* e da una fiala con supporto in amberlite denominata XAD-2 su cui si adsorbono gli IPA definiti più leggeri o in *fase vapore*.

E' stata scelta una durata minima di campionamento pari a circa 240 minuti, in relazione dei livelli attesi e dei limiti di rilevabilità strumentale.

Terminato il prelievo, i campioni devono essere collocati lontano da fonti di luce e calore poiché gli IPA possono degradarsi per mezzo dei raggi UV e delle alte temperature.

❑ Metodo di analisi

Il metodo, messo a punto dai laboratori di ARPA PIEMONTE, è in parte tratto dal metodo NIOSH n° 5506 [43].

FASE DI ESTRAZIONE

FIALE:

Si pone il supporto in amberlite della fiala in palloncini a cuore; aggiungendo 10 ml di miscela toluene/diclorometano 50:50 V/v.

FILTRI:

Si adagiano i filtri sul fondo di apposite beute da 50 ml, aggiungendo 20 ml di miscela toluene/diclorometano 50:50 V/v.

Si collocano in bagno ad ultrasuoni per 5 minuti e poi in congelatore per 48 ore.

Trascorsi i due giorni si sonica nuovamente per 5 minuti, quindi si risciacqua con circa 2 ml di miscela toluene/diclorometano. Trasferita la miscela estraente in palloncini a cuore puliti, si uniscono le soluzioni di lavaggio alla soluzione estraente e si concentra mediante leggero flusso di azoto fino a circa 1 ml.

PURIFICAZIONE DELL'ESTRATTO

Vengono utilizzate delle colonnine in vetro SPE da 3 ml riempite con silice preventivamente disidratata in stufa a 200°C per 16 ore. Condizionate le colonnine con 4 ml circa della miscela estraente, si fa passare successivamente l'estratto concentrato a 1 ml nelle colonnine (almeno 2 in serie). Per ottenere un miglior recupero degli analiti di interesse dopo il passaggio dell'estratto concentrato le colonnine vengono eluite con ulteriori 3 aliquote da 3 ml di miscela. Evaporata totalmente sotto leggero flusso di azoto e ripreso con 0.4 ml di soluzione H₂O/Acetonitrile 50:50 V/v, si stocca in vials da 2 ml munite di riduttore per poi iniettare nello strumento.

CONDIZIONI STRUMENTALI

- ⇒ Cromatografo liquido HP 1100 con rivelatore DAD-UV-VIS e Fluorimetro equipaggiato con colonna cromatografica ChromSpher PAH part. 5 µm, 250 mm X 4.6 mm o colonna equivalente.
- ⇒ Flusso: 2 ml/min
- ⇒ Condizioni di eluizione: da 0 a 4 min corsa isocratica con 55% Acetonitrile e 45% H₂O da 4 a 16.50 min gradiente fino a 100% Acetonitrile
- ⇒ Durata corsa: 20 minuti
- ⇒ Iniezione: mediante autocampionatore con loop da 100 microlitri
- ⇒ Lunghezze d'onda di misura:

Determinazione delle parafenilendiammine (I-PPD, 6-PPD).

☐ Metodo di campionamento

Il metodo di campionamento di riferimento è il metodo OSHA n°87/1991 [44]:

La captazione avviene mediante un filtro in fibra di vetro (37 mm, 2 µm) impregnato, prima del campionamento con 0.5 ml di H₃PO₄ 0,26 N.

Il flusso del mezzo di aspirazione è impostato a 3 l/min con una durata minima di campionamento di circa 240.

Il campione, al termine del prelievo, deve essere posto in congelatore per evitare la degradazione delle parafenilendiammine.

Metodo di analisi

Il metodo, messo a punto dai laboratori di ARPA PIEMONTE, è in parte tratto dal metodo OSHA 87/1991 [44].

FASE DI ESTRAZIONE

Il filtro viene posto in una beutina da 50 ml con tappo ed eluito con 2 ml di soluzione 75/25 (v/v) di tampone H_3PO_4 /acetonitrile. La soluzione eluente viene poi direttamente iniettata allo strumento.

CONDIZIONI STRUMENTALI

- ⇒ Cromatografo liquido HP 1100 con rivelatore DAD-UV-VIS equipaggiato con colonna cromatografica Alltima C18 part. 3 μm , 150 mm X 4.6 mm o colonna equivalente.
- ⇒ Flusso: 0,5 ml/min
- ⇒ Condizioni di eluizione: a 0 minuti 75% Tampone H_3PO_4 e 25% Acetonitrile
a 10 min 100% Acetonitrile
- ⇒ Durata corsa: 10 minuti
- ⇒ Iniezione: mediante autocampionatore con loop da 20 microlitri
- ⇒ Lunghezza d'onda di misura (assorbimento): 290 nm.

Screening qualitativo.

Metodo di campionamento

Il metodo di campionamento di riferimento è il metodo EPA TO-15 [46]

Il mezzo di captazione consiste in un canister, ossia un “contenitore” di acciaio inossidabile a volume noto (in questo caso la capacità dei canister utilizzati è di 6 litri) dotato di valvola a chiusura ermetica.

Prima del campionamento, il canister viene sottoposto a un ciclo di lavaggi con N₂ in modo da eliminare eventuali impurezze presenti al suo interno; successivamente viene creata una depressione che favorirà l’entrata dell’aria da analizzare.

Il campionamento è ovviamente immediato; tuttavia l’utilizzo di una speciale valvola può permettere l’entrata dell’aria in tempi più lunghi. Ai fini di questo progetto sono stati adottati screening qualitativi solo di tipo immediato.

Alla fine del campionamento il canister non necessita di particolari attenzioni e può essere stoccato a temperatura ambiente.

❑ **Metodo di analisi**

Il metodo, messo a punto dai laboratori di ARPA PIEMONTE, è in parte tratto dal metodo EPA TO-15 [46] ed EPA TO-14A [47].

L’analisi viene effettuata mediante gascromatografia con rivelatore spettrometro di massa. Una trappola posta a monte del gascromatografo permette di concentrare gli analiti prima dell’invio in colonna.

CONDIZIONI STRUMENTALI

- ⇒ Trappola: universale costituita da frammenti di vetro inerte, Temp. di condensazione analiti: -60°C; Temp. di desorbimento analiti: 200°C, Temp. di pulizia: 220°C
- ⇒ Gascromatografo: VARIAN 3800 equipaggiato con colonna cromatografica VF1-MS 60m x 0,23 mm ID x 1,0 µm o colonna equivalente.
- ⇒ Iniettore: MIDDLE, temperatura 160°C
- ⇒ Rivelatore: spettrometro di massa SATURN 2000 ad analizzatore a trappola ionica
- ⇒ Flusso in colonna: 1 l/min
- ⇒ Programmata di temperatura: T₁ -10°C per 6,5 minuti poi con gradiente di 5°C/min T₂ 250°C
- ⇒ Durata corsa: 60 minuti

- ⇒ Iniezione: sistema split (10:1), volume campionato dall'iniettore 300 µl, volume iniettato 100 µl
- ⇒ Acquisizione: in scansione, range: 20-350 u.m.a.

Il sistema gascromatografico adottato è in grado di mostrare sia sostanze polari che apolari; questo favorisce sicuramente la completezza dello screening a scapito, però, di alcune sostanze particolarmente poco sensibili dal punto di vista strumentale.

Applicando trappole più specifiche tali sostanze possono essere comunque evidenziate: il solfuro di carbonio (CS₂) è stato rilevato grazie all'utilizzo di una trappola costituita da carbone in grado di adsorbire sostanze esclusivamente apolari.

Espressione dei risultati

Le concentrazioni in aria per gli inquinanti ricercati sono espresse in:

- milligrammi per metro cubo (mg/m³) per le Polveri inalabili
- microgrammi per metro cubo (µg/m³) per IPA, IPPD e 6PPD

e sono normalizzate nelle seguenti condizioni: T = 298 K P = 1013 mbar

Per gli IPA viene riportato il valore complessivo indicando con il termine IPA totali la somma dei 16 singoli IPA ricercati e come “IPA R45” o “IPA Cancerogeni” la somma dei 6 IPA classificati ufficialmente come cancerogeni dalla Comunità Europea e ricercati nell’analisi chimica.

Nel progetto per l’elaborazione dei risultati, si è considerata valida una distribuzione delle concentrazioni di tipo **log normale**, confermata comunque dall’andamento delle distribuzioni riscontrate nel comparto. I dati quindi vengono quindi sintetizzati tramite alcuni parametri statistici in grado di rappresentare il profilo delle concentrazioni e la loro valutazione.

La distribuzione dei risultati di tipo log-normale è caratterizzata da una **Media Geometrica MG**, della quale si indicano anche gli intervalli di confidenza IC al 90% elaborati utilizzando i coefficienti del **test T di Student**, e da una **deviazione geometrica standard DGS**, che ne rappresenta la variabilità dei risultati. La concentrazione media indica però in modo più corretto rispetto alla media geometrica il concetto di dose [42]. Altre informazioni che vengono riportate sono le concentrazioni minime e massime riscontrate e, nei casi più significativi, anche il valore corrispondente al 95° percentile, anche in funzione delle indicazioni espresse nella Norma UNI 689 del 1997 ed in particolare nell’appendice D.

ANALISI DEI RISULTATI COMPLESSIVI

Queste considerazioni derivano dall'analisi dei risultati dei monitoraggi dei quattro stabilimenti di produzione pneumatici compresi nel progetto di comparto. I risultati dei prelievi di aeriformi effettuati sono messi in correlazione con le caratteristiche degli impianti produttivi.

I dati disponibili sono relativi ai 4 stabilimenti presenti nel piano di comparto regionale.

I campioni sono stati effettuati presso tutti gli stabilimenti cercando di ottenere informazioni che permettessero di evidenziare non solo i livelli di concentrazione degli inquinanti cercati, ma anche la possibilità di effettuare un confronto tra i livelli riscontrati e valutare gli impianti di prevenzione messi in opera dalle quattro ditte.

Differenze significative vengono in luce tra i livelli di concentrazione riscontrati. Un confronto tra gli stabilimenti è possibile, con particolare riferimento alla tipologia e dimensione del pneumatico prodotto (per automobili o per veicoli industriali).

Commento ai risultati e alle evidenze del sopralluogo

I risultati ottenuti indicano come i parametri principali utilizzati (polveri, Idrocarburi Policiclici Aromatici - IPA, Parafenilendiammine - IPPD e 6PPD) effettuati con sistematicità nei reparti di vulcanizzazione riescono a evidenziare importanti differenze tra gli stabilimenti analizzati e tra le differenti tecnologie di prevenzione adottate, anche all'interno dello stesso stabilimento.

In particolare i dati delle polveri inalabili e del dato di IPA totale (somma, in fase vapore e in fase particellare, dei 16 IPA ricercati) sono risultati indicativi per un confronto con gli impianti di prevenzione adottati presso gli stabilimenti. I dati del reparto di ricopertura dei pneumatici usati, presente presso uno stabilimento, seppur sovrapponibili a quelli trovati in media presso gli altri reparti, sono stati analizzati separatamente in quanto la vulcanizzazione avviene solo per una parte del pneumatico e in prevalenza riguarda il solo battistrada.

I dati ottenuti dai campionamenti effettuati presso uno stabilimento di pneumatici per veicoli industriali, devono essere considerati non esaustivi della situazione espositiva degli addetti, per i motivi indicati successivamente nella relazione.

In generale sono state riscontrate differenze, in qualche caso anche significative, tra i reparti dove vengono vulcanizzati i pneumatici di minori dimensioni rispetto a quelli per

veicoli industriali. Queste variazioni possono essere imputabili ai differenti tempi di cottura ed al numero di presse presenti, nonché alla cubatura dei reparti. Per i pneumatici per automobile i tempi di cottura e il numero di presse sono tali da comportare un'emissione quasi continua di fumi e vapori, mentre per i pneumatici di grandi dimensioni, si ha in genere un ciclo di vulcanizzazione che prevede un periodo abbastanza lungo (circa 45-50 minuti) in cui la pressa resta chiusa, con un'emissione quindi più discontinua di inquinanti, particolarmente concentrata nei primi minuti di apertura dello stampo.

I livelli di polveri sono confrontabili, nonostante presso gli impianti di produzione di pneumatici per auto sono in genere adottati sistemi di prevenzione più importanti rispetto a quanto presente negli altri impianti. Le concentrazioni di IPA totali sono risultate circa la metà presso i reparti di vulcanizzazione di pneumatici per veicoli industriali.

Differenze importanti sono state riscontrate tra le aree di maggiore presenza degli operatori (aree dei vulcanizzatori) e le concentrazioni presenti in aree di lavoro a minor accesso, come per esempio le passerelle presenti tra o sopra le linee di vulcanizzatori.

Analisi dei dati

Nei grafici e nelle tabelle che seguono vengono rappresentati sinteticamente le concentrazioni medie degli inquinanti ricercati e riscontrati nel comparto, in funzione anche della tipologia di pneumatico prodotto.

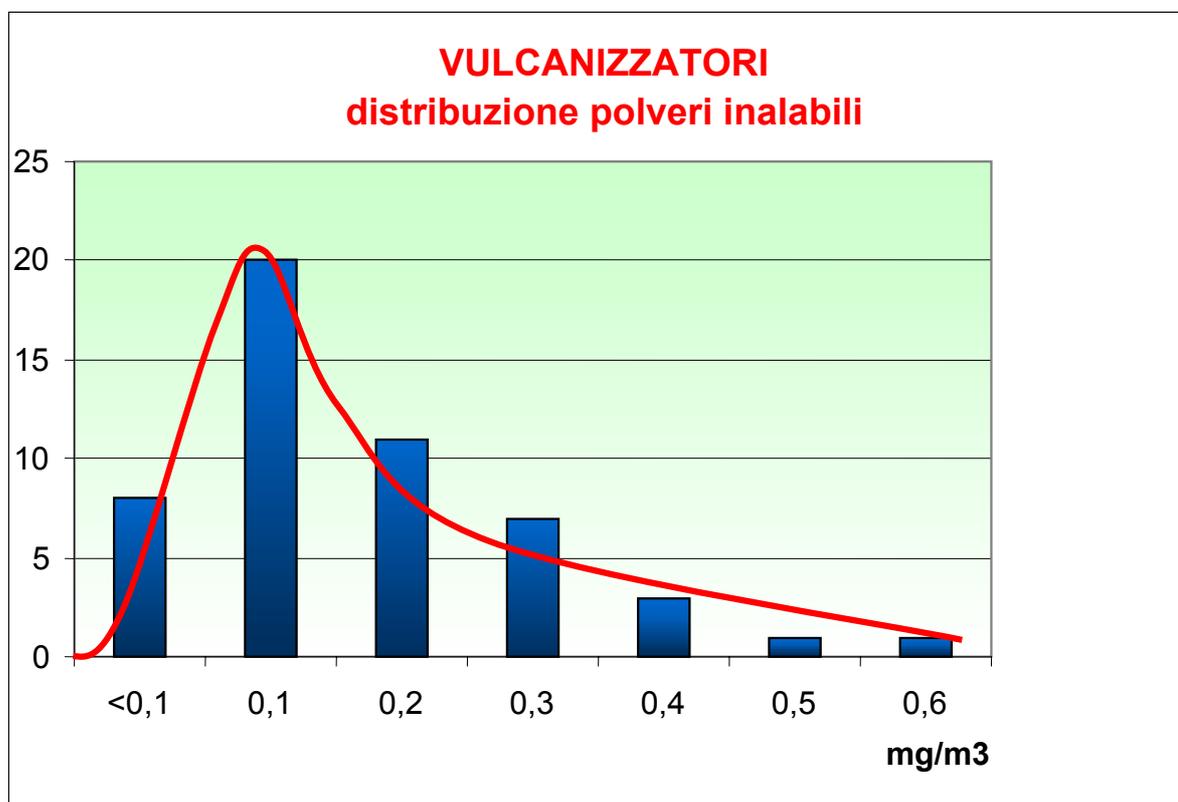
Le concentrazioni ambientali del comparto riscontrate presso aree di lavoro in prossimità dei vulcanizzatori indicano valori medi di polveri inalabili nelle pari a $M = 0,17 \text{ mg/m}^3$ [$MG = 0,14 \text{ mg/m}^3$ - IC 90% $0,12 - 0,16 \text{ mg/m}^3$], mentre le concentrazioni di IPA totali sono $M = 0,383 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ [$MG 0,221 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ - IC 90% $0,180 - 0,272 \text{ } \mu\text{g/m}^3$].

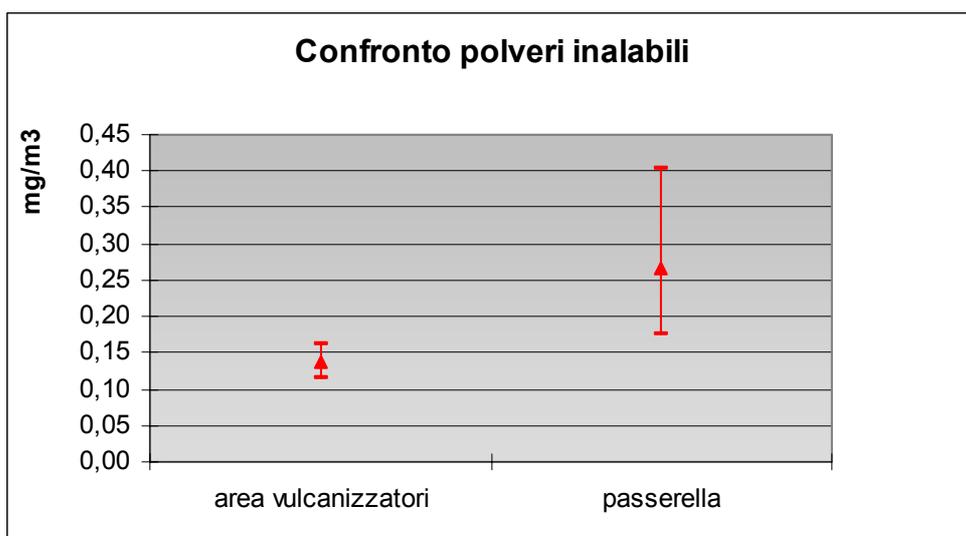
Analizzando separatamente gli impianti per tipologia di prodotto, si riscontra che i livelli di polverosità non sono differenti da quelle medie del comparto, anche se come verrà evidenziato più avanti, esistono differenze importanti tra uno stabilimento e l'altro e all'interno dello stesso stabilimento, in funzione dei livelli di prevenzione adottati.

Sempre per tipologia produttiva, si riscontrano livelli significativamente più elevati presso i reparti di produzione di pneumatici per auto. Le concentrazioni medie sono infatti pari a $M = 0,551 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ [$MG 0,322 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ - IC 90% $0,240 - 0,431 \text{ } \mu\text{g/m}^3$] per i pneumatici di piccole dimensioni e $M = 0,180 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ [$MG 0,150 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ - IC 90% $0,116 - 0,193 \text{ } \mu\text{g/m}^3$] per i pneumatici di grandi dimensioni.

Presso le passerelle si evidenziano concentrazioni medie di polveri quasi doppie, mentre per il dato di IPA totali la concentrazione risulta essere superiore del 60%. Questa differenza sembrerebbe indicare una differente efficienza per gli inquinanti particolati, che si sviluppano soprattutto nelle prime fasi di apertura delle presse, cioè dove in genere sono concentrati i principali interventi di prevenzione messi in atto dalle aziende e segnalando una minore efficacia nella captazione degli inquinanti che si liberano lungo la movimentazione e il raffreddamento del pneumatico cotto. In genere infatti i livelli sono maggiori presso le aree di fondo linea, dove i pneumatici, dopo un parziale raffreddamento, vengono allontanati dalla linea per essere trasportati ai reparti di verifica e magazzino.

Polveri inalabili	Vulcanizzatori			Passerelle
	Totali	Pneumatici per vetture	Peumatici per veicoli industriali	Totali
Numero campioni	51	30	21	9
lim inf MG (mg/m3)	0,12	0,11	0,11	0,18
MG (mg/m3)	0,14	0,14	0,14	0,27
lim sup MG (mg/m3)	0,16	0,17	0,18	0,40
DSG	2,029	2,057	2,025	1,953
lim inf MEDIA (mg/m3)	0,15	0,13	0,13	0,23
MEDIA (mg/m3)	0,17	0,18	0,17	0,31
lim sup MEDIA (mg/m3)	0,20	0,22	0,22	0,38
DS (mg/m3)	0,13	0,14	0,12	0,12
Min (mg/m3)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Max (mg/m3)	0,60	0,60	0,40	0,40
95° percentile (mg/m3)	0,44	0,45	0,44	0,80

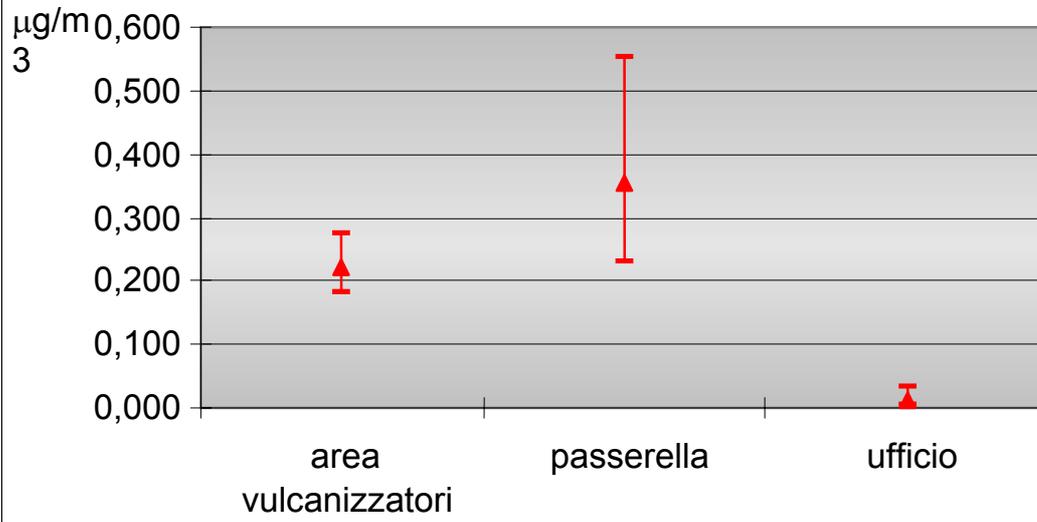


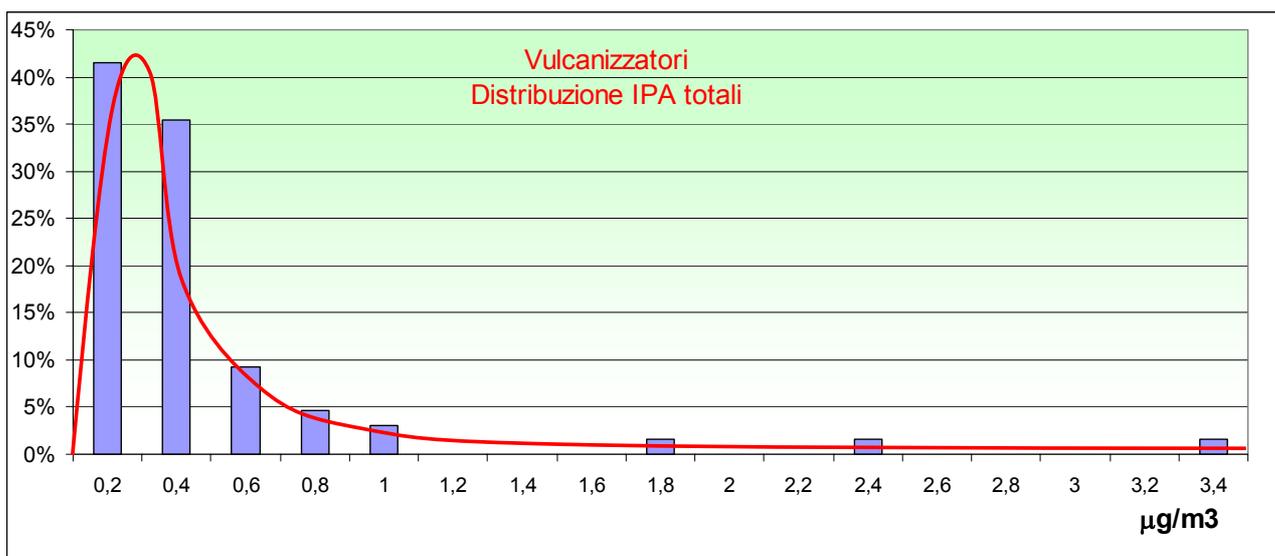


Nelle stesse aree le concentrazioni di IPA cancerogeni (classificati come cancerogeni dalla CE R45) variano da valori inferiori ai limiti di rilevanza (0,0002 µg/m³) a concentrazioni massime di 0,060 µg/m³.

IPA	Vulcanizzatori		Passerelle	
	IPA totali	IPA R45	IPA totali	IPA R45
Numero campioni	65	65	10	10
lim inf MG (µg/m³)	0,180	0,001	0,231	0,001
MG (µg/m³)	0,221	0,001	0,356	0,003
lim sup MG (µg/m³)	0,272	0,002	0,550	0,013
DSG	2,733	6,363	2,114	11,501
lim inf MEDIA (µg/m³)	0,269	0,004	0,260	0,003
MEDIA (µg/m³)	0,383	0,006	0,454	0,019
lim sup MEDIA (µg/m³)	0,497	0,008	0,647	0,036
DS (µg/m³)	0,550	0,011	0,334	0,029
Min (µg/m³)	0,019	<0,0002	0,111	<0,0002
Max (µg/m³)	3,319	0,060	1,131	0,089
95° percentile (µg/m³)	1,157	0,026	1,221	0,174

IPA totali



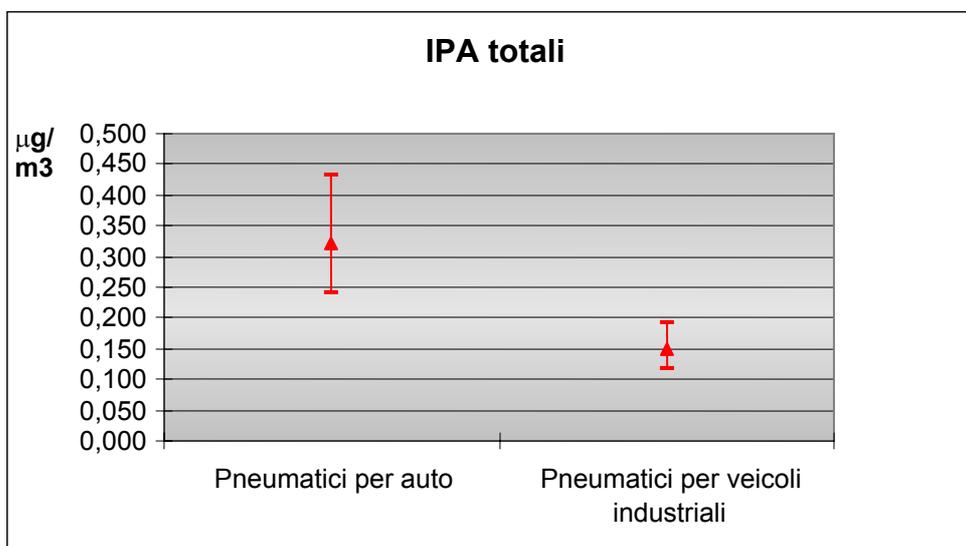


Al fine di eliminare eventuali interferenze dovute ad un inquinamento di IPA di tipo ambientale, sono stati effettuati presso tutti gli stabilimenti campioni di aeriformi per la valutazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici in aree di ufficio, con la stessa tecnica di prelievo e analisi adottata per gli altri campioni effettuati nei reparti produttivi.

I risultati di tali campioni hanno evidenziato concentrazioni decisamente trascurabili di IPA totali.

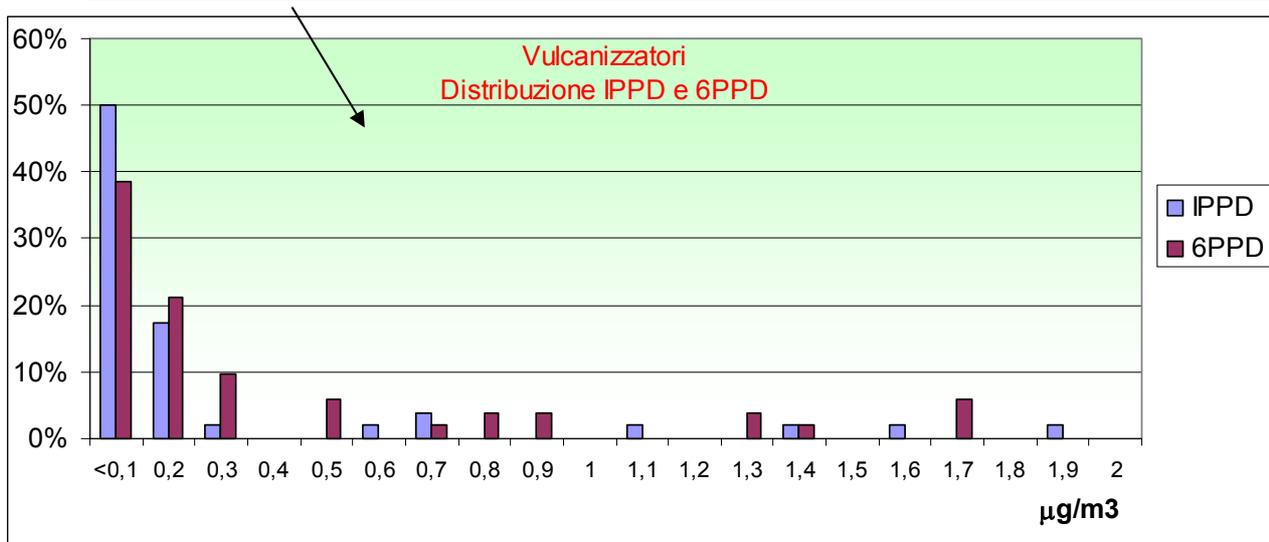
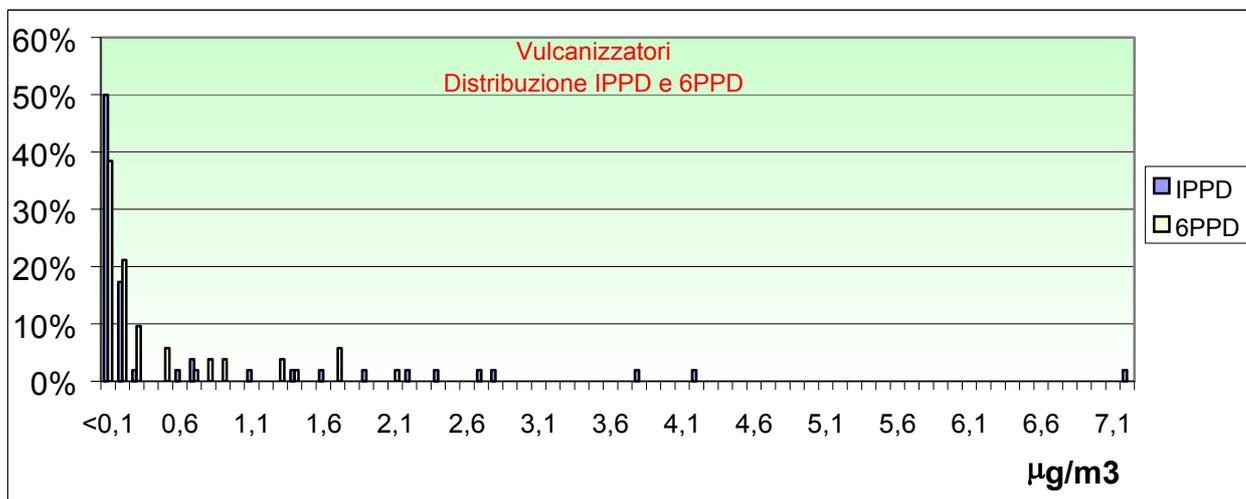
IPA	Saletta
	IPA totali
Numero campioni	6
lim inf MG (µg/m³)	0,003
MG (µg/m³)	0,010
lim sup MG (µg/m³)	0,034
MEDIA (µg/m³)	0,025

IPA	Vulcanizzatori	
	Pneumatici per auto	Pneumatici per veicoli industriali
	IPA totali	IPA totali
Numero campioni	36	23
lim inf MG ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,240	0,116
MG ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,322	0,150
lim sup MG ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,431	0,193
DSG	2,826	2,044
lim inf MEDIA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,356	0,148
MEDIA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,551	0,180
lim sup MEDIA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,746	0,212
DS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,693	0,090
Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,040	0,019
Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3,319	0,312
95° percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,776	0,485



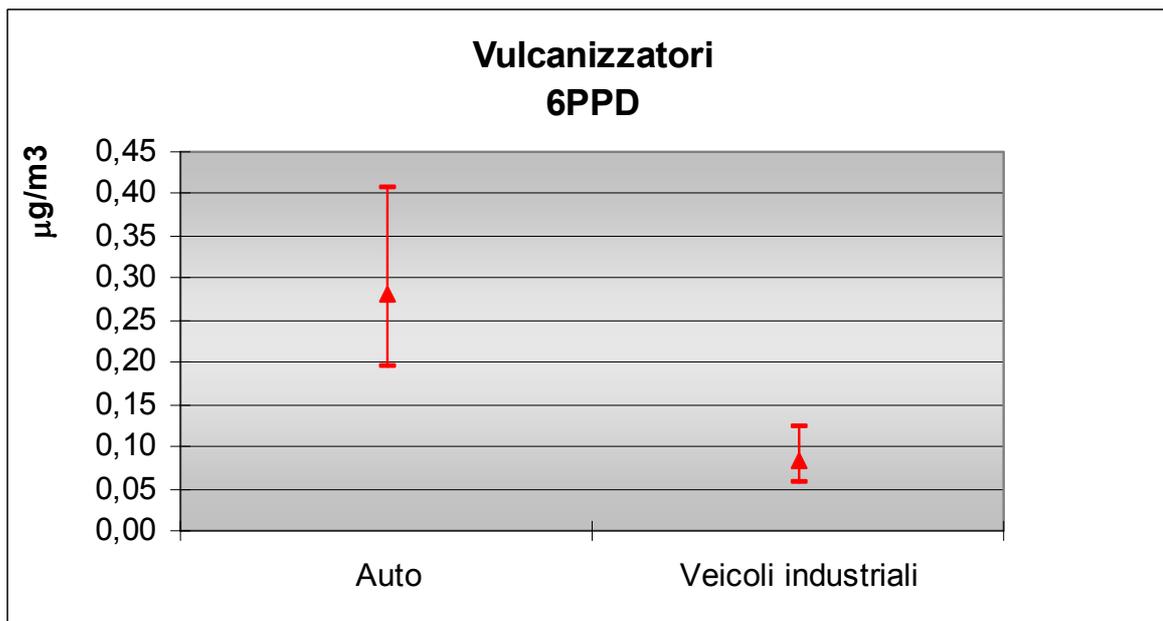
Le concentrazioni delle alchil fenil parafenilediammine sono risultate molto variabili tra uno stabilimento e l'altro, e comprese tra valori inferiori ai limiti di rilevabilità (< 0,10 µg/m³) a valori massimi di 7,15 µg/m³ per la IPPD e di 6,50 µg/m³ per la 6PPD. In particolare nelle aree dei vulcanizzatori le concentrazioni medie del comparto sono risultate per la IPPD pari a M= 0,69 µg/m³ [MG 0,17 µg/m³ - IC 90% 0,12 – 0,24 µg/m³]. Sempre nelle stesse aree le concentrazioni medie della 6PPD sono inferiori, con media M= 0,39 µg/m³ [MG 0,17 µg/m³ - IC 90% 0,12 – 0,23 µg/m³], e con numero di campioni (circa il 40%) al di sotto dei limiti di rilevabilità analitica.

La IPPD però non risulta in uso presso gli impianti di produzione di pneumatici di grandi dimensione visionati e quindi non è stata mai quantificata in concentrazioni rilevabili nei campioni effettuati presso tali ditte. Se si considera questo fattore, la concentrazione media riscontrata presso le linee di stampaggio di pneumatici per auto, le uniche che ne presentano un utilizzo, è pari a M = 1,16 µg/m³ [MG 0,41 µg/m³ - IC 90% 0,26 – 0,67 µg/m³]. Inoltre la IPPD era solo parzialmente presente presso uno stabilimento di produzione di pneumatici per auto ed è stata sostituita completamente nel corso del progetto.



Per quello che riguarda la 6PPD nelle due tipologie di stabilimenti presenti le concentrazioni sono risultate rispettivamente $M = 0,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [MG $0,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - IC 90% $0,19 - 0,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$] per le auto e $M = 0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [MG $0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - IC 90% $0,06 - 0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$] per i veicoli industriali.

Importanti differenze significative esistono quindi per l'esposizione a 6PPD tra gli stabilimenti di produzione di pneumatici per autoveicoli e per veicoli industriali, con concentrazioni decisamente superiori dove vengono prodotti pneumatici di piccole dimensioni.



Altre aree dei reparti di vulcanizzazione

Presso tutti i reparti di vulcanizzazione degli impianti monitorati sono presenti delle aree di lavoro, dove accedono gli addetti, anche di ditte esterne, in particolare per operazioni di manutenzione o in caso di problemi lungo il trasporto dei pneumatici. Tali situazioni di intervento comportano in genere esposizioni molto più elevate, per tempi che possono andare da pochi minuti a parecchie ore, in funzione delle operazioni effettuate. Pur non essendo possibile, per motivi di tempo e costi, caratterizzare in modo dettagliato queste aree, sono stati effettuati in queste zone e in tutti gli stabilimenti campioni ambientali. Si tratta per lo più di campioni effettuati sulle “passerelle” presenti sopra o tra le fila di vulcanizzatori e delle zone di raffreddamento dei pneumatici. In generale le concentrazioni di polveri, IPA, IPPD e 6PPD sono risultate decisamente superiori a quelle riscontrate nelle altre aree degli stabilimenti. In tale aree è quindi necessario, oltre alla verifica della possibilità di diminuire le concentrazioni ambientali tramite sistemi di ventilazione e/o il miglior confinamento delle aree, la predisposizione di stringenti procedure di intervento degli operatori che comprendano anche l'utilizzo di idonei DPI per la protezione delle vie respiratorie.

ANALISI DEI RISULTATI PER LE SINGOLE DITTE

DITTA A

Produzione di pneumatici per auto.

I pneumatici crudi vengono alimentati alle postazioni di vulcanizzazione tramite carrelli, mentre degli operatori si occupano del carico delle presse e della gestione della fase di vulcanizzazione, intervenendo in caso di problemi durante il processo (i casi più frequenti sono l'incollaggio del pneumatico e l'accavallamento dei pneumatici lungo la linea di trasporto). Sono stati riscontrati anche interventi sulla passerella presente tra le linee di vulcanizzatori, oltre ad altre operazioni di manutenzione lungo le linee.

Presso i reparti è presente una cappa a cortina che utilizza l'effetto camino per allontanare i fumi di vulcanizzazione e la presenza di aperture e qualche torrino posto sul soffitto del reparto.

La scelta di operare con un sistema di ventilazione che sfrutta l'effetto camino, anche se con immissione di aria nei corridoi centrali, non sembra in grado di allontanare efficacemente gli inquinanti. In numerosi punti è evidente visivamente, soprattutto nelle fasi di apertura della pressa, momento in cui vi è la massima produzione di fumi di gomma calda, la fuoriuscita dei fumi dall'area confinata della cappa.

Nel periodo estivo i portelloni che collegano il reparto con l'esterno vengono mantenuti aperti, questo per garantire temperature più tollerabili, in quanto alla temperatura ambientale esterna si somma il calore sviluppato dalle presse, con temperature misurate durante le giornate di campionamento di oltre 36°C e superiori ai 40°C lungo le passerelle. L'apertura dei portelloni e saracinesche comporta, per quel che riguarda il destino degli inquinanti immessi negli ambienti di lavoro, due effetti contrapposti. Da un lato vengono a crearsi correnti d'aria spurie che intercettano gli inquinanti, tra la pressa e l'inizio della cappa a cortina, disperdendoli negli ambienti di lavoro, soprattutto per quel che riguarda le presse con numerazione minore (più vicine alle aperture). Dall'altro lato c'è un'evidente diluizione degli inquinanti, che in parte tende

anche a spingere le sostanze verso gli altri reparti non fisicamente separati dai locali adibiti alla vulcanizzazione.

Le concentrazioni riscontrate presso la ditta sono risultate le più alte presenti nel comparto e significativamente maggiori rispetto a quelle medie del progetto.

Nonostante le aperture dei portelloni comunicanti con l'esterno comportino quindi una parziale dispersione degli inquinanti negli altri reparti, anche nel periodo estivo la concentrazione degli IPA totali risulta decisamente superiore rispetto alle concentrazioni medie riscontrate nel comparto. Il valore medio di IPA totali con portelloni aperti è di 0,441 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [MG 0,349 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - IC 90% 0,323 – 0,525 $\mu\text{g}/\text{m}^3$] lungo le linee di vulcanizzazione, nell'area di lavoro degli operatori.

A portelloni chiusi, in particolare nel periodo invernale, la situazione (segnalata anche dai lavoratori) è di maggiore criticità. La fumosità presente nei locali è in questo periodo decisamente superiore. I livelli riscontrati confermano le evidenze del sopralluogo.

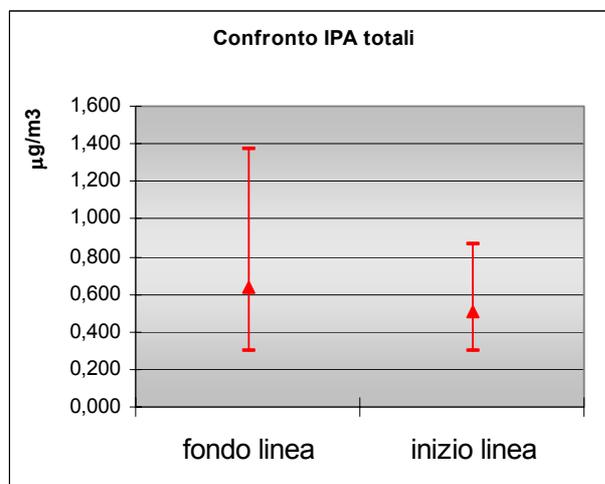
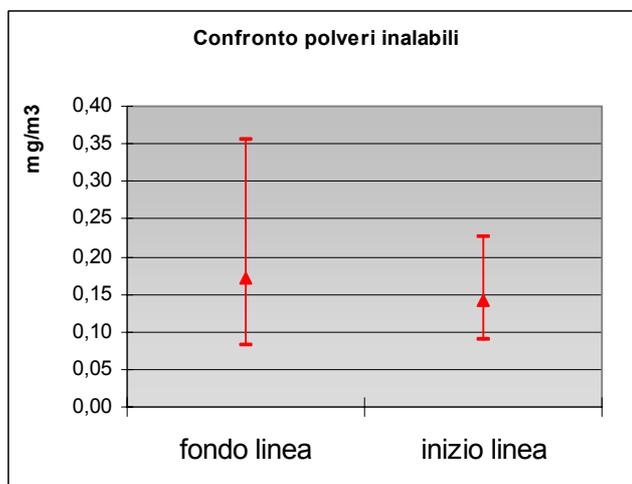
Il dato di polverosità evidenzia valori complessivi di 0,19 mg/m^3 [MG 0,16 mg/m^3 - IC 90% 0,11 – 0,23 mg/m^3], con significative differenze tra i campioni effettuati con portelloni aperti 0,13 mg/m^3 [MG 0,12 mg/m^3 - IC 90% 0,08 – 0,17 mg/m^3] e chiusi 0,30 mg/m^3 [MG 0,27 mg/m^3 - IC 90% 0,11 – 0,66 mg/m^3].

Il risultato complessivo di tutti i campionamenti ambientali nell'area dei vulcanizzatori è di una concentrazione media di IPA totali pari a $M = 0,911 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [MG 0,574 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - IC 90% 0,366 – 0,899 $\mu\text{g}/\text{m}^3$], mentre per gli IPA R45 pari a $M = 0,015 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [MG 0,005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - IC 90% 0,002 – 0,012 $\mu\text{g}/\text{m}^3$]. Per i campioni effettuati nel periodo invernale, gli IPA totali sono pari a 1,946 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [MG 1,712 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - IC 90% 0,957 – 3,063 $\mu\text{g}/\text{m}^3$], mentre gli IPA R45 sono $M = 0,033 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [MG 0,032 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - IC 90% 0,019 – 0,053 $\mu\text{g}/\text{m}^3$].

I campioni effettuati nel periodo invernale sono stati effettuati in postazioni ambientali analoghe a quelli estivi al fine di effettuarne un confronto.

Le concentrazioni di polveri e IPA totali sono risultate distribuite presso i reparti in modo non omogeneo, con una prevalenza nei campioni effettuati presso i vulcanizzatori da metà a fondo linea. Le polveri inalabili sono in media $M = 0,22 \text{mg}/\text{m}^3$ [MG 0,17 mg/m^3 - IC 90% 0,08 – 0,36 mg/m^3] verso il fondo linea e $M = 0,15 \text{mg}/\text{m}^3$ [MG 0,14 mg/m^3 - IC 90% 0,09 – 0,23 mg/m^3] nella parte iniziale, e nelle stesse posizioni per gli IPA concentrazioni medie pari a $M = 1,125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [MG 0,634 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - IC 90% 0,293 – 1,371 $\mu\text{g}/\text{m}^3$] e $M = 0,636 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [MG 0,504 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - IC 90% 0,295 – 0,861 $\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Nelle aree di fondo linea è stata riscontrata anche una più ampia distribuzione dei risultati, che indica una situazione di minor controllo dal punto di vista impiantistico.



Sugli addetti al carico dei pneumatici sono stati fatti dei campionamenti personali che hanno mediamente confermato i livelli riscontrati con i campioni ambientali dell'area dei vulcanizzatori.

I dati di parafenilendiammine non sono confrontabili, se non in modo limitato, in quanto al momento dei prelievi, la ditta utilizzava oltre alla 6PPD anche una miscela diaril parafenilendiammine. Successivamente la ditta ha però comunicato l'utilizzo esclusivo della 6PPD, così come evidenziato tra l'altro nei risultati dell'ultimo monitoraggio, con valori medi per la 6PPD di $M = 0,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [MG $0,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - IC 90% $0,10 - 3,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$] superiori a quelli riscontrati nel comparto, con un valore relativamente alto ($6,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sulla passerella presente tra le linee di vulcanizzatori.

Nello stabilimento della ditta A è presente un reparto di produzione di pneumatici sportivi.

I pneumatici vengono caricati manualmente dagli operatori, che stazionano in tale fase lungo le linee. Lo scarico avviene sempre manualmente. I pneumatici vengono estratti dalla pressa e vengono fissati dall'operatore fumanti e mantenuti sotto pressione sino al raffreddamento, in una posizione dotata di aspirazione a fessura. Si segnala che data la tipologia di operazioni effettuate dagli addetti, che comportano l'estrazione manuale del pneumatico vulcanizzato, i livelli di esposizione professionali sono risultati leggermente più alti rispetto a quelli ambientali, in particolare per qual che riguarda gli IPA. L'esposizione a polveri è quella più alta riscontrata in tutto il progetto con una media per gli addetti pari a $M = 0,35 \text{ mg/m}^3$ [MG $0,30 \text{ mg/m}^3$ - IC 90% $0,13 - 0,71 \text{ mg/m}^3$], con valori ambientali pressoché sovrapponibili $M = 0,33 \text{ mg/m}^3$ [MG $0,29 \text{ mg/m}^3$ - IC 90% $0,10 - 0,84 \text{ mg/m}^3$]. I livelli di IPA totali sono risultati più bassi rispetto al reparto pneumatici per auto, sia come valori ambientali sia personali, ma con livelli di IPA R45, presenti soprattutto nella fase particellare, analoghi per i due reparti.

In funzione con quanto segnalato dal prof. Rota nella sua relazione e cioè che durante l'inverno viene ridotta la ventilazione complessiva del reparto e in correlazione con quanto accaduto presso il reparto di produzione pneumatici per auto, si può supporre che le concentrazioni in periodi differenti possano essere anche superiori.

Ditta B

Produzione pneumatici per auto

Sono presenti tre reparti di vulcanizzazione. I sopralluoghi e i campioni effettuati evidenziano due principali situazioni differenti, in funzione delle tipologie di aspirazione e produzione utilizzata.

Le linee automatiche, presenti in prevalenza nei reparti di vulcanizzazione, sono dotate di aspirazione nell'area di scarico, con una forma della cappa che, seppur con differenze tra una linea e l'altra, racchiude e, in qualche linea, confina completamente le presse di vulcanizzazione. Nel corridoio presente tra una linea e l'altra di vulcanizzazione, è presente un'immissione di aria pulita e condizionata, dall'alto verso il basso. Tale sistema serve a creare un flusso di aria che dal corridoio va verso i vulcanizzatori, per agevolare la cattura degli inquinanti e mantenere i corridoi sotto un flusso di aria pulita.

Nella zona terminale della linea, nell'area di scarico del pneumatico, è presente un'ulteriore cappa di aspirazione che limita il ritorno dei fumi di vulcanizzazione dalle aree di raffreddamento poste sotto i reparti di vulcanizzazione.

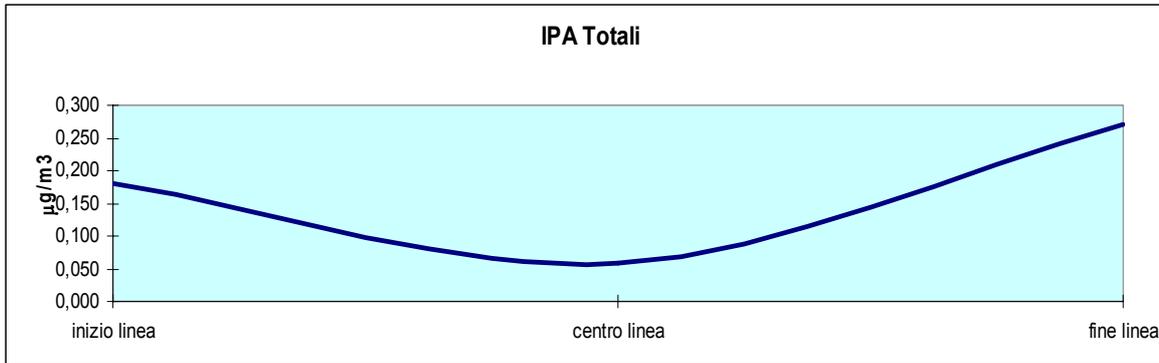
Nonostante l'automatizzazione delle linee, lungo le linee e le passerelle, collocate superiormente alle presse, sono presenti numerosi lavoratori, per l'effettuazione di interventi di manutenzione e ripristino. Sono state anche riscontrate operazioni di manutenzioni effettuate all'interno delle cappe, nell'area di scarico del pneumatico, con linea in funzione, seppur parzializzata.

L'andamento delle polveri e degli IPA conferma che le soluzioni adottate consentono, per le linee automatiche, di mantenere i livelli di concentrazione a valori inferiori a quelli medi del comparto analizzato e decisamente inferiori a quelli riscontrati presso la ditta A, che produce pneumatici di tipologia confrontabile.

Presso le linee automatiche infatti la polverosità è pari a $M = 0,13 \text{ mg/m}^3$ [MG 0,11 mg/m^3 - IC 90% 0,08 – 0,16 mg/m^3], mentre i livelli di IPA totali sono $M = 0,190 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ [MG 0,145 $\mu\text{g/m}^3$ - IC 90% 0,099 – 0,214 $\mu\text{g/m}^3$].

L'andamento delle concentrazioni di polveri, di IPA e parafenilediammine (IPPD e 6PPD) presso le linee automatiche evidenzia un andamento non uniforme lungo le linee. Le concentrazioni risultano maggiori presso la fine della linea, dove il confinamento della

linea è in genere minore e dove avviene lo scarico del pneumatico, mentre in centro linea dove il confinamento e il sistema di aspirazione e ventilazione presenta una maggiore efficacia le concentrazioni risultano decisamente più basse, con maggiori differenze per gli IPA totali, IPPD e 6PPD .



E' da rilevare che seppur la tecnologia di prevenzione utilizzata presso le linee automatiche sia di concezione analoga, sono presenti importanti differenze, soprattutto per quel che riguarda il confinamento frontale delle presse, che in alcune linee è quasi completo, mentre in altre è assente.

Singoli risultati hanno anche individuato alcuni punti in cui l'aspirazione è meno efficace.

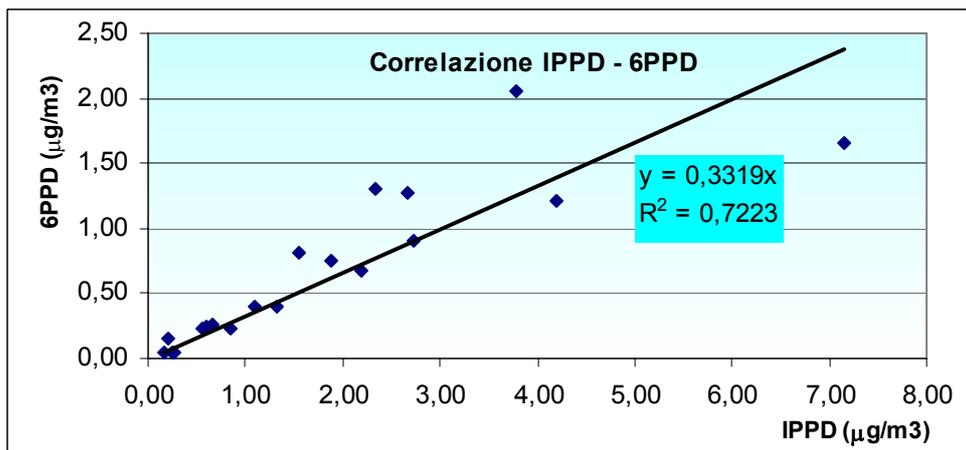
In un altro fabbricato sono presenti quattro linee manuali. Presso tali ditte gli operai si occupano del carico manuale delle linee, mentre lo scarico è effettuato in modo automatico. Sulle linee è presente un sistema di aspirazione. La geometria del sistema è tale però da comportare che gli addetti, in particolare durante il carico dei pneumatici, operino all'interno della "cappa" di aspirazione. Le concentrazioni risultano decisamente più elevate rispetto a quelle riscontrate presso le linee automatiche in particolare per IPA, IPPD, 6PPD, mentre la differenza non sembra significativa per quel che riguarda i livelli di polveri. Di particolare rilievo è la concentrazione media di IPA totali $M = 0,423 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [MG $0,397 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - IC 90% $0,269 - 0,586 \mu\text{g}/\text{m}^3$] riscontrata nell'area dei vulcanizzatori.

Nello stesso fabbricato sono presenti anche:

una linea di tipo automatica, ma con aspirazione a cappa a cortina, non dotata di immissione di aria nel corridoio centrale, che presenta in alcuni punti, anche visivamente, delle difficoltà a contenere i fumi di vulcanizzazione al momento dell'apertura dello stampo. Il numero di campioni effettuati presso questa linea non permettono un'analisi statistica, ma indicano comunque valori puntuali più alti, sia per IPA che per le polveri, rispetto a quelli riscontrati nelle altre linee automatiche, anche se inferiori a quelle manuali.

due nuove linee di vulcanizzazione per i pneumatici particolari di tipo "antiforatura", che non sono state oggetto di monitoraggio in quanto l'attività produttiva al momento dei campionamenti era assai limitata.

I livelli di IPPD e 6PPD non sono confrontabili con gli altri stabilimenti, in quanto sono utilizzate entrambe le sostanze, mentre negli altri stabilimenti è presente quasi esclusivamente la 6PPD. I campioni delle due sostanze evidenziano nello stabilimento concentrazioni correlate tra di loro, con una concentrazione relativa di 6PPD pari a circa il 30-40% di quella di IPPD.



Le concentrazioni medie sono state per la 6PPD $M = 0,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [MG $0,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - IC 90% $0,25 - 0,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$] e per la IPPD pari a $M = 1,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [MG $1,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - IC 90% $0,71 - 1,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$], con differenze (anche se non elevate) tra i campioni delle linee manuali e quelle automatiche.

Ditta C

Produzione pneumatici per veicoli industriali

Per quel che riguarda la ditta C, che produce pneumatici di grandi dimensioni, si rileva che esistono tre principali reparti di vulcanizzazione.

I tre reparti, attivati in periodi successivi, adottano sistemi di allontanamento dei fumi sostanzialmente differenti. In un reparto, di maggiore dimensione, e di tecnologia più antiquata, sono presenti solo alcuni torrini al di sopra delle linee, mentre nei corridoi tra una linea e l'altra è immessa aria condizionata, per allontanare gli inquinanti dalle aree di transito degli operatori.

Un secondo reparto presenta nell'area di scarico un sistema aspirante nell'area di scarico dei pneumatici, ma nessuna cappa.

L'ultimo reparto, più moderno, è dotato torrini a soffitto e di cappa su tutta la linea, nell'area posta dietro i vulcanizzatori, applica un sistema analogo a quello presente presso altri stabilimenti.

Tutti i reparti sono inoltre dotati lungo i corridoi di passaggio tra una linea e l'altra viene immessa aria pulita.

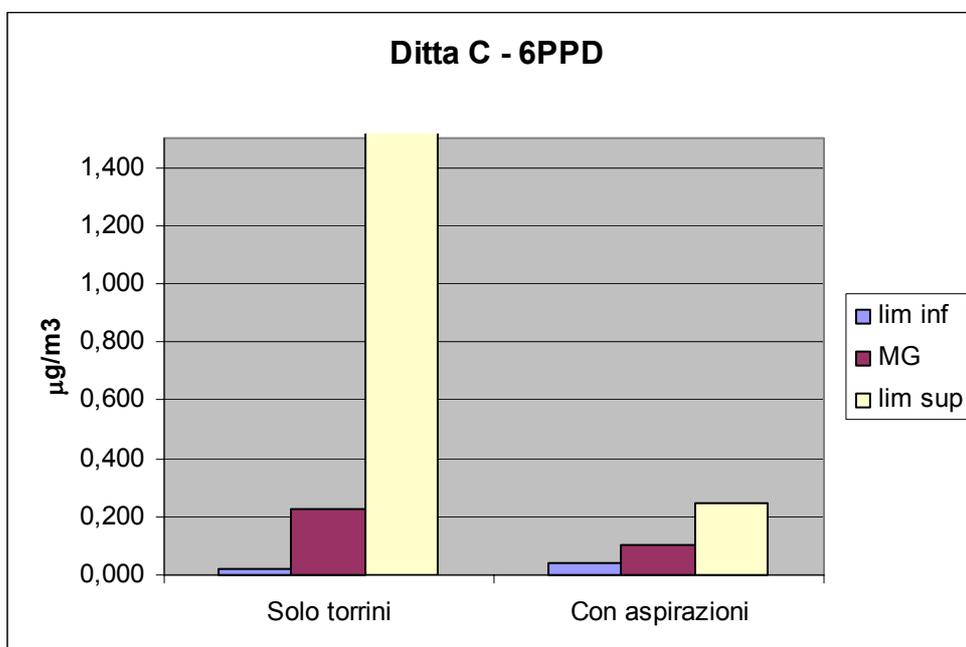
I reparti sono a carico e scarico automatico. Lungo le linee avvengono comunque numerosi operazioni di gestione delle presse, di manutenzione, sostituzione stampi, ecc.

I risultati evidenziano una concentrazione di polveri e IPA decisamente superiori presso le linee che adottano la soluzione con soli torrini, con concentrazioni pari a circa il doppio per tutti i parametri analizzati, rispetto alla soluzione presente presso le linee dotate di sistema di aspirazione più moderno.

Per quel che riguarda le polveri il confronto evidenzia $M = 0,33 \text{ mg/m}^3$ [MG 0,33 mg/m³- IC 90% 0,25 – 0,44 mg/m³] per la soluzione con torrini e $M = 0,13 \text{ mg/m}^3$ [MG 0,11 mg/m³- IC 90% 0,06 – 0,20 mg/m³] per il sistema con cappa aspirata.

I valori di IPA totali i dati sono rispettivamente $M = 0,188 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ [MG 0,177 $\mu\text{g/m}^3$ - IC 90% 0,134 – 0,234 $\mu\text{g/m}^3$] per la soluzione con torrini e $M = 0,156 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ [MG 0,112 $\mu\text{g/m}^3$ - IC 90% 0,040 – 0,313 $\mu\text{g/m}^3$] per la soluzione con cappa.

Analogo andamento si rileva per la 6PPD (la IPPD, non utilizzata, è sempre risultata inferiore ai limiti di rilevabilità).



Dove sono presenti le aspirazioni localizzate, si evidenziano concentrazioni leggermente superiori nell'area di scarico del pneumatico, rispetto al centro della linea, che risulta l'area più pulita.

I risultati dimostrano quindi che il sistema di aspirazione presente lungo le linee più moderne è in grado di diminuire i livelli di esposizione, rispetto all'utilizzo di torrini. Questo nonostante in più punti è evidente che l'efficacia dell'aspirazione è limitata al momento dell'apertura della pressa, mentre è completa nel momento in cui il pneumatico viene spostato verso la cappa.

Il passaggio da una tecnologia di prevenzione all'altra comporta comunque un abbassamento significativo delle concentrazioni medie, con una riduzione ad un terzo delle concentrazioni di polveri, del 40% dei livelli di IPA e di oltre il 50% dei livelli di 6PPD. Le concentrazioni medie nel reparto dotato di cappa aspirante risultano inferiori alle medie del comparto per le polveri, gli IPA totali e la 6PPD, a differenza del reparto con torrini, dove le concentrazioni risultano superiori al settore analizzato, anche analizzando il sottosettore dei pneumatici per veicoli industriali.

In un altro fabbricato dello stabilimento è presente un altro reparto di cottura, utilizzato per la ricopertura dei pneumatici usati. Sono presenti due linee di vulcanizzatori. La vulcanizzazione interessa quasi esclusivamente il battistrada. In questo reparto è presente sulle linee un sistema aspirante a cortina, ma senza immissione di aria nel corridoio centrale. Il carico dei pneumatici avviene manualmente, mentre lo scarico avviene dalla pressa automaticamente, ma successivamente l'operatore sposta il pneumatico lateralmente alla pressa, in un'area sotto l'aspirazione. Al momento del sopralluogo, la situazione era differente, e il pneumatico veniva messo in posizione anteriore alla pressa, fuori dalla cappa, in prossimità di alcune aspirazioni dimensionate per pneumatici di dimensioni inferiori e di limitata efficacia.

I livelli riscontrati mostrano concentrazioni medie analoghe al resto dello stabilimento, in particolare confrontabili con i valori presenti presso le linee tecnologicamente più avanzate. Questo dimostra, oltre probabilmente a fattori inferiori di emissione di sostanze chimiche dovute ad una vulcanizzazione che interessa solo una parte del pneumatico, anche un buon livello di efficienza del sistema di aspirazione presente, anche a seguito delle modifiche apportate.

Ditta D

Produzione di pneumatici per veicoli industriali

In questo stabilimento vengono prodotti pneumatici di grandi dimensioni, per veicoli industriali. Il caricamento dei pneumatici avviene in modo automatico, ma con la presenza dell'operatore che aziona il comando delle presse. L'approvvigionamento di pneumatici crudi alle linee avviene tramite carrelli e in qualche caso con muletti automatici. Lo scarico è automatizzato.

Anche presso questo stabilimento sono stati riscontrate numerose lavorazioni in prossimità dei vulcanizzatori, oltre a quelle di normale gestione produttiva.

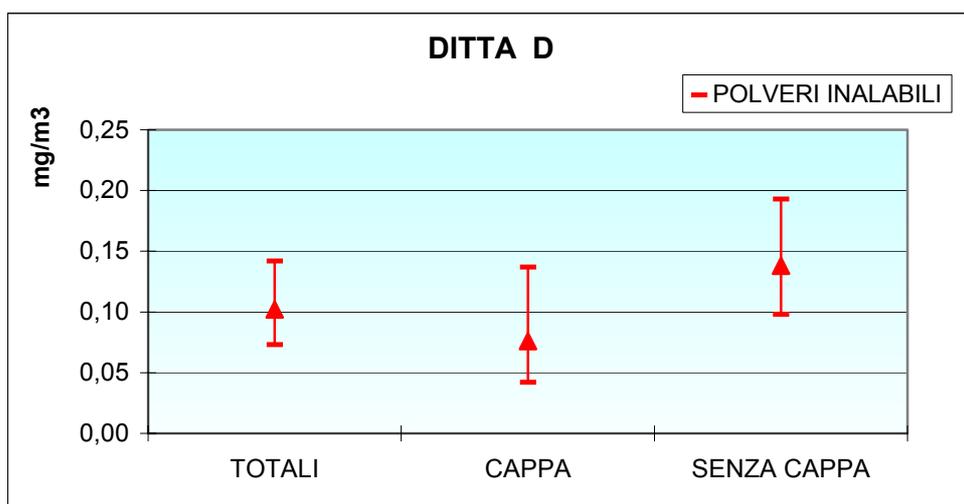
Si segnala come particolarità che, rispetto al momento del sopralluogo, l'azienda ha effettuato delle modifiche ai sistemi di ventilazione presenti. Le modifiche effettuate sono ancora parziali e riguardano solo alcune linee. Su queste linee è stato adottato un sistema analogo a quello presente presso la ditta A, ma dimensionato in modo differente. Sull'area delle presse è ora presente quindi una cappa a cortina, che sfrutta in parte l'effetto camino e in parte la presenza di alcuni torrini a soffitto che rispetto al sopralluogo sono aumentati in numero. Lungo i corridoi, tra le linee di vulcanizzatori, sono presenti dei sistemi di distribuzione e immissione di aria.

Le altre linee, che costituiscono la parte più importante del reparto di vulcanizzazione, sono tuttora sprovviste di sistema di aspirazione localizzata, se si esclude la presenza di alcuni torrini e aperture a soffitto. L'aria di immissione viene ottenuta con l'apertura di finestroni presenti lungo le pareti.

I risultati evidenziano andamenti analoghi per le polveri e per gli IPA, mentre i valori di IPPD e 6PPD sono risultati quasi sempre inferiori ai limiti di rilevabilità, ad eccezione di due campioni, entrambi riscontrati nell'area di reparto provvista di soli torrini, con valori di poco superiori al limite di sensibilità analitica.

In media le concentrazioni sono inferiori nell'area in cui è stata installata la cappa, con importanti differenze per concentrazioni di polveri inalabili. La riduzione dei livelli di esposizione attribuibile alla presenza della cappa è di circa il 40%, con una riduzione più significativa per le polveri e leggermente inferiore per gli IPA totali.

In particolare presso l'area con cappa per le polveri inalabili la concentrazione è risultata in tre campioni su cinque inferiori al limite di rilevabilità ($< 0,1 \text{ mg/m}^3$), con concentrazioni medie $M= 0,09 \text{ mg/m}^3$ [MG $0,08 \text{ mg/m}^3$ - IC 90% $0,04 - 0,14 \text{ mg/m}^3$], mentre lungo le linee 100, 200, 300 e 400 le concentrazioni sono maggiori $M= 0,15 \text{ mg/m}^3$ [MG $0,14 \text{ mg/m}^3$ - IC 90% $0,10 - 0,19 \text{ mg/m}^3$], con tutti i risultati superiori a limite di rilevabilità analitica.



Le concentrazioni di IPA sono risultate per l'area con cappa di MG $0,129 \mu\text{g/m}^3$ - IC 90% $0,063 - 0,266 \mu\text{g/m}^3$], confrontabili quindi con la media del settore. Nell'area senza cappa le concentrazioni sono comprese tra $0,149 \mu\text{g/m}^3$ e $0,222 \mu\text{g/m}^3$. indicando, seppur in modo non completo a causa del numero limitato di campioni disponibili, livelli superiori correlabili all'assenza di un sistema di ventilazione forzata localizzata.

I risultati ottenuti riguardano campionamenti effettuati durante giornate particolarmente calde o comunque effettuate quando i finestroni presenti e altre porte di accesso ai reparti risultavano aperte e quindi con una evidente diluizione degli inquinanti, agevolata anche dalla cubatura dei locali, decisamente superiore rispetto ad altri impianti analizzati.

In analogia con quanto accaduto presso la ditta A e in considerazione anche di quanto segnalato dai lavoratori, è da ipotizzare che nel periodo invernale la situazione possa essere differente, con un maggior carico di inquinanti aerodispersi, sia per la chiusura di alcune aperture, sia per una possibile riduzione dell'aria estratta.

Analisi qualitative su canister

A seguito dell'acquisto da parte della struttura laboratoristica di ARPA di Grugliasco di mezzi di captazione di aria tal quale (canister) sono stati effettuati una serie di prelievi per l'analisi qualitativa di alcune delle sostanze organiche che si sviluppano o si possono sviluppare presso i reparti di vulcanizzazione. Proprio le finalità di questo tipo di prelievo, di caratterizzazione degli inquinanti emessi e al fine di ridurre l'eventuale presenza di sostanze che potessero essere generate in altre aree dei reparti, sono stati effettuati prelievi anche "alla sorgente", al momento dell'apertura degli stampi, in posizione superiore allo stampo o leggermente laterale (in funzione anche dell'accessibilità). I risultati evidenziano la presenza di numerosi composti. Sono state identificate oltre 70 sostanze, con una percentuale di riconoscimento minima del 75%.

Praticamente in tutti i campioni è stata riscontrata la presenza di anilina e di altri derivati dell'anilina (tra le quali una n-nitrosoamina), toluidina e derivati, componenti che possono essere presenti in tracce come contaminante delle ammine utilizzate e/o che si generano per decomposizione termica della 6PPD, utilizzata in tutti gli stabilimenti.

E' stato riscontrato anche il solfuro di carbonio, composto che si forma dalla decomposizione di alcuni additivi utilizzati nel settore, la cui presenza è segnalata anche nei dati reperibili dalla letteratura scientifica.

Altre sostanze di rilievo identificate sono altre ammine e composti aromatici quali il benzene, il toluene, lo stirene, gli xileni, altri alchil benzeni e il naftalene. Altre molecole identificate appartengono alle famiglie degli ftalati, degli alcani, dei cicloalcani e il benzotiazolo.

CONCLUSIONI

Il progetto ha permesso di affrontare in modo omogeneo un settore di produzione, come quello della produzione pneumatici, che presenta numerose problematiche, sia per quel che riguarda la valutazione dell'esposizione che per la possibile associazione con le patologie segnalate, in quanto è caratterizzato da un'esposizione a miscele complesse, composte anche da centinaia di sostanze.

Sono stati scelti, in funzione dell'analisi bibliografica effettuata e delle disponibilità analitiche dei laboratori ARPA, alcuni parametri ritenuti significativi ai fini dell'esposizione e analizzati con sistematicità presso gli stabilimenti oggetto del piano di comparto. Tale tipologia di intervento ha permesso una migliore valutazione delle soluzioni impiantistiche adottate dalle aziende, anche alla luce di quanto emerso dalla relazione sui sistemi di ventilazione redatta dal Politecnico di Milano.

I risultati dei monitoraggi hanno confermato quelle che erano le informazioni reperibili nella letteratura scientifica, che indicano come il settore sia caratterizzato da un'esposizione a numerosi agenti chimici, presenti in genere in livelli non elevati, a volta anche in tracce, ai quali però è associato un eccesso di malattie tumorali, di attività mutagena del particolato e di malattie dell'apparato respiratorio e da contatto. Queste evidenze sono confermate anche negli studi più recenti, nonostante i miglioramenti intervenuti nel settore, e indicano che pur essendo stato ridotto nel tempo il rischio, non è stato ancora eliminato.

L'effettuazione di campioni di controllo presso aree "pulite" degli stabilimenti (uffici) ha permesso di escludere per inquinanti ubiquitari come gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) il contributo ambientale, uno dei principali fattori di confusione quando si è in presenza di "basse" concentrazioni, identificando lo stampaggio del pneumatico come la sorgente degli IPA riscontrati nei reparti di cottura.

I risultati dei monitoraggi hanno confermato le informazioni reperibili nella letteratura scientifica, che indicano come il settore sia caratterizzato da un'esposizione a numerosi agenti chimici, presenti in genere in livelli non elevati, a volta anche in tracce, ai quali però è associato un eccesso di malattie tumorali, di attività mutagena del particolato e di malattie dell'apparato respiratorio e da contatto. Queste evidenze sono confermate anche negli studi più recenti, nonostante i miglioramenti intervenuti nel settore ed indicano che, pur essendo stato ridotto nel tempo, il rischio non è stato ancora eliminato.

L'effettuazione di campioni di controllo presso aree "pulite" degli stabilimenti (uffici) ha permesso di escludere per inquinanti ubiquitari come gli Idrocarburi Policiclici Aromatici

(IPA) un significativo contributo ambientale, uno dei principali fattori di incertezza quando si è in presenza di “basse” concentrazioni, identificando lo stampaggio del pneumatico come la sorgente degli IPA riscontrati nei reparti di cottura.

Differenze significative si sono riscontrate tra la vulcanizzazione di pneumatici in funzione delle loro dimensioni, con una maggiore emissione degli inquinanti presso i reparti di produzione di pneumatici per auto, legata ad un tempo inferiore di vulcanizzazione ed una maggiore concentrazione di presse.

Differenze rilevanti sono riscontrate nel confronto tra le concentrazioni misurate in funzione della tipologia di soluzione impiantistica adottata dalle diverse ditte e tra le soluzioni adottate all'interno degli stessi stabilimenti, quando presenti diverse tecnologie. In alcune situazioni si sono identificate eventuali criticità puntuali.

Alcuni sistemi di prevenzione adottati hanno mostrato una limitata efficacia e un'elevata variabilità dell'efficienza, soprattutto per le tecnologie che sfruttano in parte il contributo della ventilazione naturale, non rispondendo a condizioni di buona tecnica e di adozione di migliori tecnologie in grado di limitare l'esposizione a numerosi agenti chimici in un settore caratterizzato potenzialmente da effetti cancerogeni e/o mutageni.

L'intervento ha dimostrato come un migliore controllo delle emissioni generate durante la vulcanizzazione è in grado di ridurre significativamente e in modo efficace i livelli di esposizione, con fattori di riduzione differenti per polveri e IPA. Efficaci interventi di riduzione delle concentrazioni sono il confinamento delle presse, la presenza di aspirazione forzata e l'immissione di aria pulita e condizionata.

L'adozione di quelle che possono essere considerate le migliori tecnologie riscontrate nel comparto permette di ottenere livelli di polveri medi pari a $M = 0,12 \text{ mg/m}^3$ [MG $0,10 \text{ mg/m}^3$ - IC 90% $0,08 - 0,13 \text{ mg/m}^3$]. Nelle stesse condizioni le concentrazioni di IPA totali sono in media $M = 0,178 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ [MG $0,134 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ - IC 90% $0,100 - 0,179 \text{ } \mu\text{g/m}^3$], valori di concentrazione comunque decisamente superiori a quelle presenti nei campioni effettuati presso gli uffici.

Questi interventi di prevenzione permettono quindi di ottenere importanti miglioramenti nelle condizioni degli ambienti di lavoro, con la possibilità di ridurre nel tempo la probabilità di sviluppo di malattie attualmente correlate o correlabili

all'esposizione occupazionale ad agenti chimici, cancerogeni e/ mutageni nell'industria della produzione dei pneumatici.

L'utilizzo di altre soluzioni di ventilazione, di efficacia più limitata o l'assenza di sistemi di ventilazione localizzata, comportano nell'area dei vulcanizzatori concentrazioni decisamente più alte, anche di 4-5 volte maggiori.

Tutti gli impianti hanno comunque presentato situazioni migliorabili, anche con piccoli interventi di maggior confinamento delle aree di pressa, in particolare per le aree di inizio e fine linea (zona di scarico dei pneumatici).

Durante le varie fasi di avanzamento del progetto, si è riscontrato che da parte delle ditte sono stati effettuati alcuni interventi per risolvere o ridurre alcune situazioni riscontrate al momento dei sopralluoghi. In particolare sono state fatti interventi sostanziali sulle linee di vulcanizzazione presenti presso la ditta D, ancora in fase di ultimazione, e presso il reparto di ricopertura della ditta C. Presso la ditta A è stato inoltre sostituito un prodotto costituito da una miscela di arilparafenilendiammine, non meglio specificate, con un prodotto contenente solo 6PPD.

Nei reparti di vulcanizzazione possono assumere particolare rilevanza nel quadro espositivo tutta una serie di operazioni, sia per la gestione degli impianti che per la loro manutenzione, che vengono effettuate lungo le linee di vulcanizzazione o in aree quali le passerelle e i tappeti di raffreddamento dei pneumatici vulcanizzati.

In tutti gli stabilimenti, anche quelli con una maggiore automazione, è stata riscontrata in tutte le giornate di prelievo la presenza lungo le linee di vulcanizzatori di numerosi operatori. Gli interventi di bonifica dovrebbero quindi anche essere indirizzati a ridurre l'esposizione durante queste operazioni.

Cuneo, 05/10/07

BIBLIOGRAFIA

- [1]. Pollution par les fumées de vulcanisation s l'industrie du caoutchouc. J.F. Certin et Al. Cahiers de notes documentaires n° 154 1° trimestre 1994 pp35-42
- [2]. Exposure to Nitrosamines, Carbon Black, Asbestos, and Talc and Mortality from stomach, Lung, and Laryngeal Cancer in a Cohort of Rubber Workers. K. Straif et Al. American Journal of Epidemiology. Vol. 152 numero 4 15 agosto 2000 pp. 297 - 306
- [3]. Cancer risk in the rubber industry: a review of the recent epidemiological evidence M. Kogevinas et Al. Occup Environ Med 1998; Vol 55 pp. 1 – 12
- [4]. IARC [1982]. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans: the rubber industry. Vol. 28. Lyon, France: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer.
- [5]. N-nitrosamines. L. Jay et Al. Occupational Medicine Vol. 14, n° 4. pp.839 – 848.
- [6]. Exposure related mutagens in urine of rubber workers associated with inhalable particulate and dermal exposure. Vermeulen R. Et AL. Occup Environ Med. 2003 Feb;60(2):97-103.
- [7]. Monitoring airborne genotoxicants in the rubber industry using genotoxicity tests and chemical analyses. Monarca S. et AL. Mutat Res. 2001 Feb 20;490(2):159-69.
- [8]. Exposure to mutagenic airborne particulate in a rubber manufacturing plant. Fracasso ME et AL. Mutat Res. 1999 Apr 26;441(1):43-51.
- [9]. Mutagenicity of airborne particulates in the rubber industry. Baranski B et Al. J Appl Toxicol. 1989 Dec;9(6):389-93.
- [10]. N-nitrosoamines volatiles dans l'industrie du caoutchouc. B. Oury et Al. Cahiers de notes documentaires. N° 168 3° trimestre 1997. pp. 441 – 452.
- [11]. Assessment of exposure to carcinogenic N-nitrosamines in the rubber industry. B. Oury et Al. Int Arch Occup Environ Health. 1997 Vol. 70 pp. 261 – 271.
- [12]. Worker Exposure to Nitrosamines in a Rubber Vehicle Sealing Plant. BD Reh, JM Fajen. AIHAJ Vol 57. pp 918-923 (1996)
- [13]. Vermeulen R, Bos RP, Pertjjs J, Kromhout H. Exposure related mutagens in urine of rubber workers associated with inhalable particulate and dermal exposure. Occup Environ Med. 2003 Vol. 60(2):97-103.

- [14]. Mutagenic profile of rubber dust and fume exposure in two rubber tire companies. Vermeulen R, Bos RP, de Hartog J, van Drooge H, Kromhout H. *Mutat Res.* 2000. Vol. 468(2). pp.165-171.
- [15]. Workplace risk factors for cancer in the German rubber industry: part 1. Mortality from respiratory cancers. SK Weiland et Al. *Occup Environ Med* 1998; vol. 55. pp. 317-324.
- [16]. Workplace risk factors for cancer in the German rubber industry: part 2. Mortality from non-respiratory cancers. SK Weiland et Al. *Occup Environ Med* 1998; vol. 55. pp. 325-332.
- [17]. Cancer mortality in the British rubber industry: 1946-1980. T Sorahan et Al. *British Journal of Industrial Medicine* 1986. Vol. 43. pp. 363-373.
- [18]. Cancer risk in the rubber industry : a review of the recent epidemiological evidence. M Kogevinas et Al. *Occup Environ Med.* 1998. Vol.55. pp. 1-22
- [19]. Exposure to Nitrosamines, Carbon Black, Asbestos, and Talc and Mortality from Stomach, Lung, and Laryngeal Cancer in a Cohort of Rubber Workers. K Straif et Al. *American Journal of Epidemiology.* Vol.152. n.4. pp. 297-306. 2000.
- [20]. A meta-analysis of risk estimates for prostate cancer related to tire and rubber manufacturing operations. E Roland et Al. *J Occup Environ Med.* Vol 41. n°12. pp. 1079-1084.
- [21]. Cancer mortality in a northern Italian cohort of rubber workers. E Negri et Al. *British Journal of Industrial Medicine.* 1989. Vol.46. pp. 626-628.
- [22]. Rubber Industry Epidemiology. SV Roth. *Occup Med.* Vol.14. 1999. pp.849-856.
- [23]. ISPEL I profili di rischio nei comparti produttivi dell'artigianato, delle piccole e medie industrie e pubblici esercizi: Gomma (vulcanizzazione)- Dr. P. Ricci – Responsabile SPSAL – ASL Mantova 2003.
- [24]. Cohort mortality study of rubber and plastics product makers in Italy. E. Ietri, S Belli, P Comba, A Gerosa, GB Raffi, RM Pirastu. *Occup Med* Vol 47. pp. 417-422- 1997
- [25]. Respiratory symptoms and occupational exposure. A cross-sectional study in a contemporary general population cohort. R. Vermulen, H Smit, H Kromhout, D Heederik. *Environ Health.* 2002;1(1):5.
- [26]. Historical limitation of determinant based exposure grouping in the rubber manufacturing industry. R. Vermulen, H Kromhout. *Occup Environ. Med* 2005; Vol.62; 793 – 799.

- [27]. Trends in exposure to inhalable particulate and dermal contamination in the rubber manufacturing industry. R. Vermulen. *Annals of Occupational Hygiene*. 2000, vol. 44. pp. 343-354.
- [28]. Mutagenic exposure in the rubber manufacturing industry; An industry-wide survey. E Vermeulen, RP Bos, H Kromohout. *Mutation Research*. 2001. Vol.490(1). pp. 27-34
- [29]. Monitoring airborne genotoxicants in the rubber industry using genotoxicity tests and chemical analyses. S Monarca et Al. *Mutation Research*. Vol. 490. 2001. pp. 159-169.
- [30]. A database of Exposure in the Rubber Manufacturing Industry: design and quality control. F De Vocht et Al. *Ann Occup Hyg*. Vol 49. n° 8. pp. 691-701. 2005.
- [31]. Exposure to Rubber fume and Rubber Process Dust in the General Rubber Goods, Tyre Manufacturing and Retread Industries. AA Dost, D Redman, G Cox. *Ann. Occup. Hyg*. Vol.44 n°5. pp 329-342. 2000.
- [32]. Ascertainment of hand dermatitis using a symptom-based questionnaire; applicability in an industrial population. E Vermoeulen. *Contact dermatitis*; 2002; vol. 42. pp.202-206
- [33]. Rubber manufacture: sampling and identification of volatile pollutants. Cocheo V, Bellomo ML, Bombi GG [1983]. *Am Ind Hyg Assoc J* 44(7):521–527
- [34]. Exposure to high concentrations of nitrosamines and cancer mortality among a cohort of rubber workers. K Straif et Al. *Occup Environ Med*. 2000. Vol.57. pp.180-187.
- [35]. Pulmonary effects of inhaled dust and fumes: exposure-response study in rubber workers. E Meijer et Al. *Am J Ind Med* Vol. 33 pp. 16-23. 1998.
- [36]. Cytogenic Risk Assessment in Workers of Rubber Industry. S Yadav, AK Chhillar. *IHJG* 1(4). pp.243-248- 2001.
- [37]. Empirical modelling of chemical exposure in the rubber-manufacturing industry. H Kromohout. *Ann Occ Hyg*. Vol 38. n°1 pp 3-22. 1994
- [38]. Prevention and control of chemical exposure in the rubber manufacturing industry in the Netherlands. P Swuste et Al. *Ann Occup Hyg* Vol.37 pp. 117-134. 1993
- [39]. Urothelial cell DNA adducts among rubber manufacturing workers. R Vemeulen et AL. *Environ Mol Mutagen*. 2002;39(4): pp.306-13
- [40]. Historical limitation of determinant based exposure grouping in the rubber manufacturing industry. R Vermeulen, H Kromhout. *Occup Environ Med* 2005. Vol.62. pp.793-799.

- [41]. Occupational exposure to rubber vulcanization products during repair of rubber conveyor belts in a brown coal mine. JP Gromiec. J Environ Monit. 2002. Vol.4. pp. 1054-1059.
- [42]. La valutazione dell'esposizione tramite misurazione degli agenti chimici. R Riggio, C Cassinelli, P Castellano, C Arcari. Atti del convegno RisCh 06. Modena 13/10/06. Vol.1 pp.289-315.
- [43]. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition POLYNUCLEAR AROMATIC HYDROCARBONS by HPLC: METHOD 5506, Issue 3, dated 15 January 1998
- [44]. OSHA (Occupational Safety & Health Administration), organic method #87, date February 1991
- [45]. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED, TOTAL: METHOD 0500, Issue 2, dated 15 August 1994
- [46]. EPA Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Second Edition, dated January 1999
- [47]. EPA Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Second Edition, dated January 1997
- [48]. MDHS n° 47/2 Determination of rubber process dust rubber fume (measured as cyclohexane-soluble material) in air. June 1999. HSE

Siti web:

www.osha.gov

www.cdc.gov/niosh

www.iarc.fr

<http://exasrub.iras.uu.nl/>

www.pubmed.com

Tecnologia degli impianti di aspirazione e ventilazione

di Renato Rota - Politecnico di Milano

Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria chimica "G. Natta"

Tra le numerose postazioni presenti negli stabilimenti di produzione pneumatici in questa memoria si è focalizzata l'attenzione sulle presse di vulcanizzazione.

Queste postazioni sono caratterizzate dalla presenza di una sorgente di inquinante associata a una sorgente di calore, in grado quindi di creare un moto ascensionale dell'aria dalla sorgente di inquinante verso la parte alta dell'ambiente di lavoro. Questo tipo di sorgenti presentano quindi delle peculiarità legate proprio al moto spontaneo del pennacchio caldo che si origina dalla sorgente calda e che trasporta gli inquinanti verso l'alto.

Risulta necessario provvedere al presidio di queste postazioni con sistemi di aspirazione forzata; infatti, la ventilazione naturale (basata cioè sul moto spontaneo dei fumi caldi verso la parte alta del capannone) risulta essere da un lato fortemente dipendente dalle condizioni meteorologiche (temperatura, velocità e direzione del vento prevalenti in una particolare giornata) per poter fornire una protezione efficace, e dall'altro facilmente penalizzata dalla presenza di correnti d'aria spurie nel capannone o dalla modifica impropria da parte dei lavoratori (legata per esempio all'esigenza di controllare il microclima nelle diverse stagioni) delle aperture di ingresso e uscita dell'aria nel capannone stesso.

Tipologie di sorgenti e variabili di progetto

Assunto quindi che è necessario presidiare queste postazioni con un sistema di ventilazione locale con aspirazione e mandata forzate, in generale le variabili di progetto di un sistema di ventilazione locale sono la geometria della cappa, la portata di aria aspirata e reintegrata nel capannone e la posizione degli ingressi e delle uscite dell'aria rispetto alla sorgente e alla zona occupata dai lavoratori. Si possono individuare tre tipi di sorgenti di inquinanti, che definiscono in prima approssimazione la tipologia della cappa da utilizzare:

1. sorgenti che emettono inquinanti a basse velocità e non formano un pennacchio galleggiante;
2. sorgenti che formano un pennacchio galleggiante;
3. sorgenti che emettono inquinanti ad alta velocità.

Nel primo caso, a causa della presenza di gradienti di concentrazione in tutte le direzioni dello spazio, la diffusione dei contaminanti avviene in tutte le direzioni. Dato che non sono presenti spinte di galleggiamento o elevate velocità iniziali, la velocità con cui gli inquinanti diffondono è condizionata essenzialmente dalla velocità dell'aria nell'ambiente di lavoro.

Nel secondo tipo di sorgenti le forze motrici in gioco sono legate alle spinte di galleggiamento (dovute essenzialmente alla elevata temperatura della sorgente) e quindi i contaminanti diffondono nello spazio attraverso pennacchi galleggianti che hanno origine al di sopra di superfici calde e si muovono verso l'alto.

Infine, in presenza di sorgenti ad alta velocità il movimento dei contaminanti avviene attraverso un getto d'aria o di gas emessi dal processo, oppure a causa del moto delle particelle generate con una elevata velocità iniziale.

Le molte tipologie di cappe esistenti possono essere suddivise in cappe chiuse (o a cabina) e in cappe aperte (o esterne).

Le cappe chiuse racchiudono parzialmente o completamente l'apparecchiatura o il punto di generazione dell'inquinante; l'aspirazione interna alla cappa, se ben progettata, impedisce alla quasi totalità dell'inquinante di fuoriuscire nell'ambiente di lavoro. Le cappe chiuse sono da preferire in tutti i casi in cui la configurazione del processo e l'operazione lo permettono perché forniscono il migliore controllo dei contaminanti con la minore portata di aria, e quindi consentono una riduzione dei costi. Se una chiusura completa della cappa non è possibile, è comunque buona pratica minimizzare le aperture presenti nelle pareti della cappa.

Le cappe aperte sono invece delle aspirazioni poste vicino alla sorgente di emissione senza però racchiuderla. La funzione primaria di una cappa è quella di creare un campo di velocità dell'aria nell'ambiente di lavoro in grado di catturare l'inquinante e trasportarlo all'interno della cappa stessa.

La Figura 1 fornisce la nomenclatura essenziale dei sistemi di ventilazione locale. Si definisce solitamente:

- superficie frontale: superficie dell'apertura della cappa;
- sorgente: punto di emissione dell'inquinante;
- portata di aspirazione: portata di aria aspirata dalla cappa;
- velocità di cattura: velocità dell'aria misurata nel punto in cui il contaminante viene generato;
- velocità della faccia o frontale: velocità dell'aria misurata sul piano di ingresso dell'aria nella cappa;
- velocità del condotto: velocità dell'aria nel condotto di aspirazione.

La cattura e il controllo degli inquinanti emessi dalla sorgente si ottiene mediante il flusso di aria creato dalla cappa di aspirazione.

Per cappe aperte che devono controllare sorgenti che emettono inquinanti a basse velocità e non formano un pennacchio galleggiante, il flusso di aria richiamato verso l'area frontale della cappa deve essere sufficiente a vincere tutte le correnti d'aria presenti nell'ambiente di lavoro (che possono essere generate per esempio da correnti di aria calda, macchine o materiali in movimento, movimenti dell'operatore, aperture che provocano correnti d'aria con velocità superiori a 0,25 m/s) e a trasportare l'inquinante nella cappa. In altri termini, la portata di aria aspirata deve creare un campo di moto davanti alla faccia della cappa tale per cui le velocità indotte nel punto in cui viene generato l'inquinante sia tale da convogliare l'inquinante nella cappa.

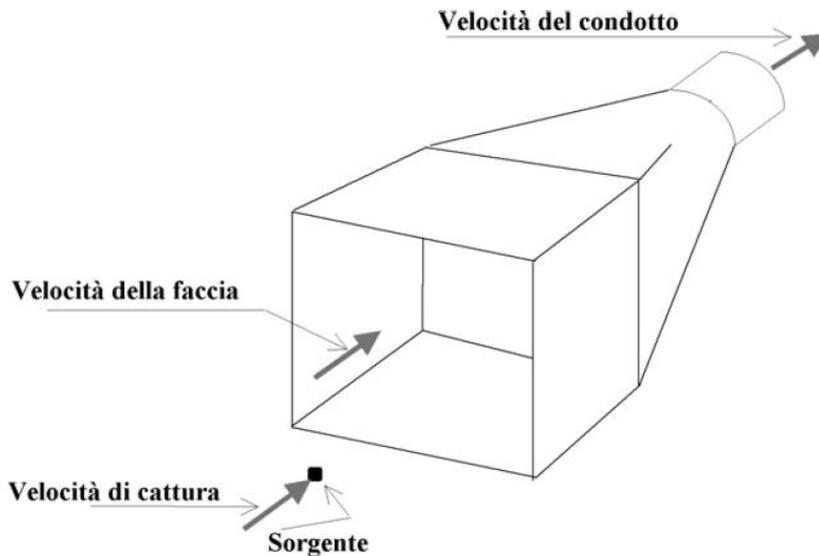


Figura 1 – Nomenclatura essenziale dei sistemi di ventilazione locale con aspirazione forzata.

Questo è per esempio il caso illustrato nella Figura 2 per il caso della sorgente fredda: il moto dell'aria in prossimità della sorgente di inquinante è determinato dall'aspirazione della cappa e deve essere in grado di vincere le correnti d'aria presenti nell'ambiente e convogliare l'inquinante nella cappa.

Nel caso invece in cui la sorgente sia calda, la portata di aspirazione non deve creare una velocità dell'aria in corrispondenza della sorgente in grado di catturare l'inquinante, ma deve disturbare il meno possibile il pennacchio generato dalla sorgente calda che spontaneamente tende a portarsi all'interno della cappa. La portata di aria aspirata dalla cappa in questo caso, mostrato sempre nella Figura 2, deve quindi più semplicemente ricevere tutto il pennacchio caldo che si muove verso l'alto e vincere le correnti d'aria spurie. Ricevere il pennacchio significa che la portata di aria aspirata dalla cappa deve essere maggiore della portata del pennacchio in corrispondenza della faccia della cappa (altrimenti una parte del pennacchio non potrebbe entrare nella cappa stessa e rifluirebbe nell'ambiente di lavoro), mentre vincere le correnti spurie significa che deve creare un moto dell'aria in direzione della cappa che sia in grado di impedire la deflessione del pennacchio a opera delle correnti d'aria del locale.

Questo non può essere in generale garantito dal campo di moto generato dalla sola aria di aspirazione, in quanto si ricadrebbe in pratica nella situazione precedente caratteristica delle sorgenti fredde e si perderebbe quindi il vantaggio della presenza di un pennacchio caldo che spontaneamente si porta verso la cappa (cosa che consente di ridurre significativamente le portate di aria di aspirazione richieste per il controllo degli inquinanti emessi), ma viene solitamente garantito dalla combinazione di un'opportuna chiusura della cappa e da un opportuno posizionamento degli ingressi dell'aria di reintegro rispetto alla posizione della cappa, delle sorgenti di inquinante e della zona occupata dagli operatori.

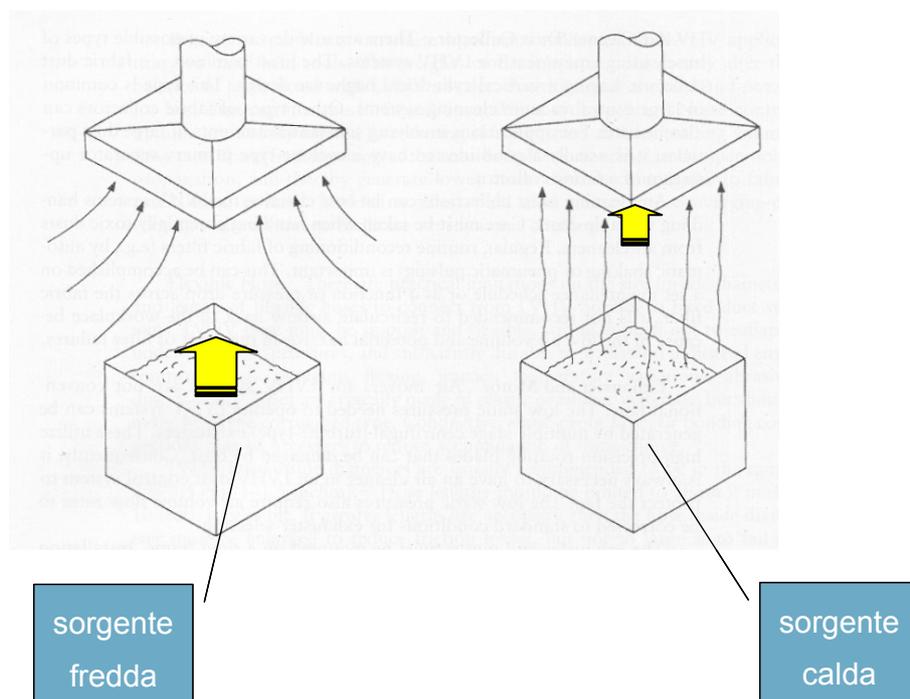


Figura 2 – Cattura di inquinanti emessi da sorgenti fredde e calde.

La chiusura della cappa rappresenta, per quanto possibile, un mezzo estremamente efficace per ridurre la portata di aria necessaria a ottenere un controllo adeguato della dispersione degli inquinanti nell'ambiente di lavoro. Un esempio di chiusura di una cappa è mostrato nella Figura 3. Nel caso di cappa aperta l'aria aspirata viene richiamata da tutte le parti e il campo di moto generato dall'aspirazione decade molto rapidamente allontanandosi dalla faccia della cappa; per trascinare l'inquinante nella cappa è necessaria quindi un'elevata portata d'aria in grado di creare un'elevata velocità in corrispondenza del punto dove viene liberato l'inquinante. Se invece la cappa è chiusa (anche solo parzialmente come nell'esempio di Figura 3, dove è presente un'apertura per consentire l'ingresso del nastro trasportatore), la portata di aria aspirata viene richiamata solo attraverso l'apertura presente e quindi la velocità in corrispondenza di questa apertura (che deve solo impedire la diffusione dell'inquinante all'esterno) dipende solo dal rapporto tra la portata di aria e la sezione dell'apertura, ma non dalla distanza dell'apertura stessa dal punto di aspirazione. Se l'apertura è abbastanza piccola, una portata di aria molto minore rispetto al caso di cappa aperta è quindi in grado di produrre un'elevata velocità sull'apertura. Un secondo importante effetto della chiusura della cappa è rappresentato dalla barriera che le pareti di chiusura della cappa oppongono alle correnti d'aria spurie presenti nell'ambiente di lavoro. Mentre nel caso di cappa aperta le correnti di aria spuria attraversano la regione dove viene liberato l'inquinante e possono quindi trascinarlo verso l'ambiente di lavoro, nel caso di cappa chiusa tali correnti non possono raggiungere la sorgente di inquinante e quindi non possono interferire col processo di cattura operato dalla cappa. Questo risulta particolarmente importante nel caso di pennacchi caldi, in quanto il campo di moto generato dalla cappa è solitamente trascurabile (la portata di aria di aspirazione viene solitamente progettata al solo scopo di ricevere il pennacchio caldo) e le correnti spurie possono deflettere il pennacchio portandolo fuori dalla faccia della cappa e creando così un rientro dell'inquinante nell'ambiente di lavoro.

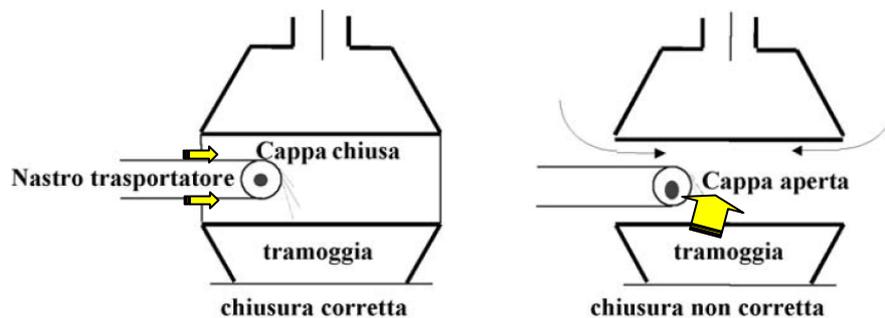


Figura 3 – Esempio di chiusura corretta e non corretta di una cappa.

Nel caso in cui non sia possibile una chiusura pressoché completa della cappa riveste un ruolo importante anche la posizione relativa degli ingressi e uscite dell'aria dal capannone, delle sorgenti di inquinanti e degli operatori. Il criterio generale da seguire è che il flusso di aria pulita in ingresso deve attraversare la zona occupata dagli operatori prima di incontrare la sorgente di inquinante e risalire verso la cappa; per nessuna ragione l'aria immessa nel capannone deve creare delle correnti che disturbino il moto dell'inquinante dalla sorgente alla cappa o incontrare la sorgente di inquinante prima di attraversare la zona occupata dagli operatori.

Un caso particolare di quest'ultima norma di buona tecnica è rappresentato dal fatto che la posizione degli operatori (sia durante il normale funzionamento degli impianti, sia durante le fasi di manutenzione) non deve mai essere sul percorso che l'aria di ventilazione compie tra la sorgente di inquinante e la cappa, come illustrato nella Figura 5.

I criteri generali di progettazione di aspirazioni localizzate per i casi di interesse possono quindi essere riassunti come segue.

Nel caso di pennacchi caldi (quali quelli originati dalle presse di vulcanizzazione):

- la cappa deve essere posizionata in modo tale da ricevere il pennacchio e la portata d'aria deve essere superiore alla portata del pennacchio caldo sulla faccia della cappa;
- devono essere previsti schermi che racchiudano il più possibile la zona di formazione degli inquinanti al fine di schermare eventuali correnti spurie presenti nell'ambiente che tenderebbero a deflettere il pennacchio fuori dalla faccia della cappa. Tali schermi possono essere delle paratie fisse oppure mobili costituite da strisce di materiale plastico flessibile; in questo caso le strisce devono essere previste in due file sovrapposte al fine di massimizzarne l'efficacia, come mostrato nella Figura 4;
- l'aria di reintegro non deve disturbare il moto ascensionale del pennacchio e deve attraversare la zona occupata dagli operatori prima di incontrare la sorgente di inquinanti;
- gli operatori non devono operare nella zona compresa tra la sorgente di inquinante e la faccia della cappa.

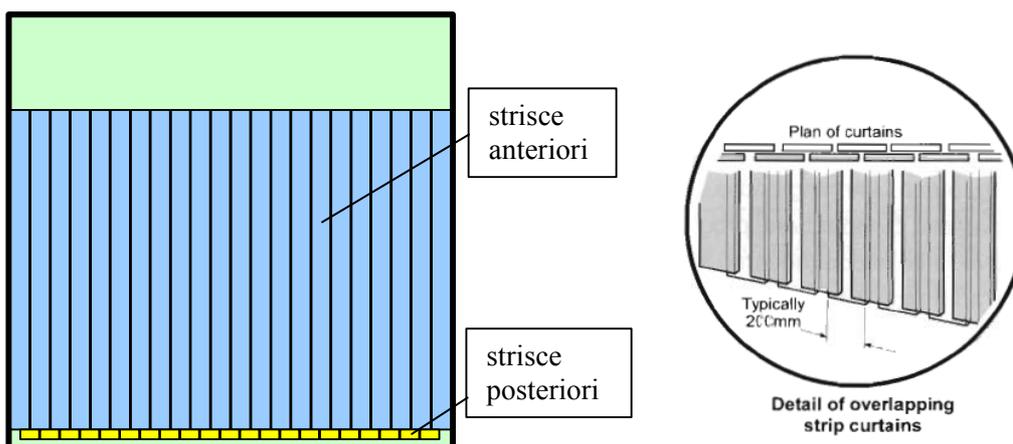


Figura 4 – Esempio di strisce di plastica flessibile sovrapposte per il confinamento parziale.

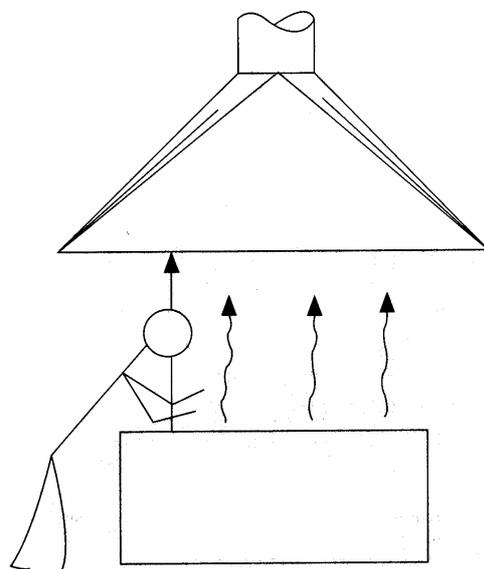


Figura 5 – Posizione relativa scorretta di ingressi di aria – sorgente – operatore – cappa.

Nel caso invece di sorgenti che possono essere chiuse quasi totalmente (come le bocche di caricamento dei mescolatori) la portata di aria deve essere tale da creare una velocità sull'apertura in grado di evitare la fuoriuscita degli inquinanti.

Pennacchi caldi

Se all'interno di un ambiente un oggetto si trova a una temperatura superiore a quella dell'aria circostante esso cede calore all'aria che viene così riscaldata e, a causa delle forze di galleggiamento, si muove verso l'alto. Le correnti d'aria che si formano attraverso questo meccanismo sono chiamate correnti per convezione naturale o pennacchi caldi.

Man mano che il pennacchio caldo si muove verso l'alto, esso richiama al suo interno parte dell'aria circostante; in questo modo la portata del pennacchio caldo in movimento verso l'alto aumenta con la quota; nello stesso tempo, poiché l'aria richiamata nel pennacchio è fredda e ferma, la temperatura e la velocità del

pennacchio stesso (che risultano distribuite in modo gaussiano, con un valore massimo al centro del pennacchio e minimo ai bordi) diminuiscono con la quota, come illustrato in Figura 6. Ne consegue che il moto verticale del pennacchio cessa quando la temperatura del pennacchio stesso diventa simile a quella dell'aria circostante e quindi le forze di galleggiamento non risultano più significative. Inoltre, la portata di aria di un flusso in convezione naturale dipende dalla temperatura e dalla geometria della superficie o della sorgente e dalla temperatura dell'aria dell'ambiente.

La progettazione di sistemi di ventilazione sopra sorgenti calde richiede quindi una conoscenza delle caratteristiche del pennacchio galleggiante.

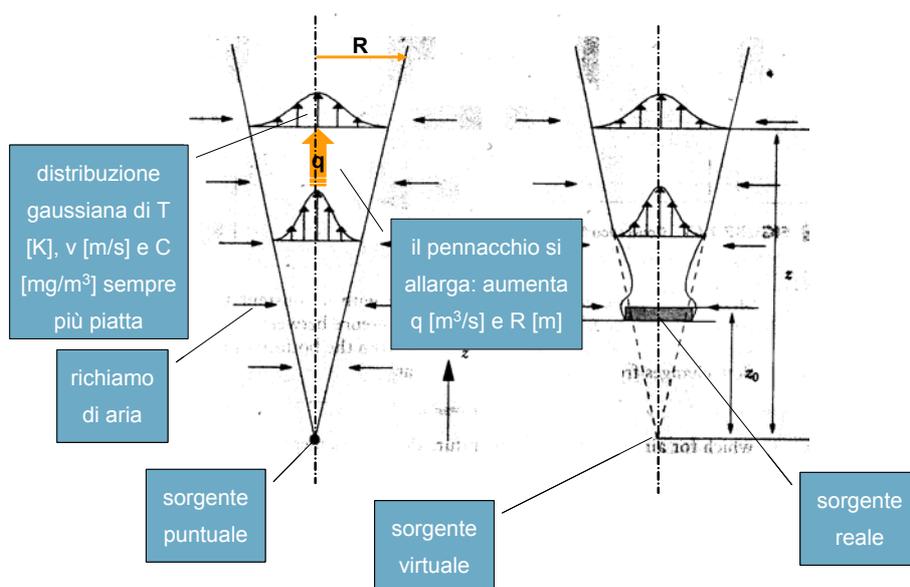


Figura 6 – Schematizzazione di un pennacchio caldo che si innalza da una sorgente di dimensioni infinitesime (puntuale) o finite.

Alcune relazioni analitiche per determinare i parametri di interesse (temperatura, velocità e portata d'aria) di pennacchi sopra sorgenti calde puntiformi o lineari sono riportate in Tabella 1.

Parametro	Sorgente puntiforme
Velocità nel centro del pennacchio (m/s)	$v_z = 0,128 \cdot \Phi^{\frac{1}{3}} \cdot z^{-\frac{1}{3}}$
Differenza di temperatura tra il centro del pennacchio e l'ambiente (°C)	$\Delta T = 0,329 \cdot \Phi^{\frac{2}{3}} \cdot z^{-\frac{5}{3}}$
Portata del pennacchio (m³/s)	$q_{v,z} = 0,005 \cdot \Phi^{\frac{1}{3}} \cdot z^{\frac{5}{3}}$

Tabella 1 - Relazioni analitiche per il calcolo di alcune variabili relative a pennacchi caldi su sorgenti puntiformi. Φ = flusso termico convettivo; z = altezza al di sopra della sorgente

Esse si basano sull'ipotesi che la sorgente abbia una dimensione trascurabile rispetto all'ambiente e non tengono quindi conto della dimensione della sorgente reale e correlano le diverse variabili al flusso termico convettivo originato dalla sorgente calda.

La conoscenza della potenza termica emessa dalla sorgente permette di ricavare il flusso termico con la relazione $\Phi = k \cdot \Phi_{tot}$, dove Φ è il flusso termico convettivo (W) e Φ_{tot} è la potenza termica emessa dalla sorgente (W).

La Tabella 2 riporta alcuni valori tipici di k per situazioni di questo tipo.

Tipo di sorgente	Intervallo di valori di k
Tubi e condotti	0,7 – 0,9
Componenti di dimensione ridotta	0,4 – 0,6
Componenti di grande dimensione	0,3 – 0,5

Tabella 2 - Valori tipici della costante k distinti in base alla sorgente

Queste relazioni sono riassunte nella Figura 7 per il caso di interesse relativo alle presse di vulcanizzazione.

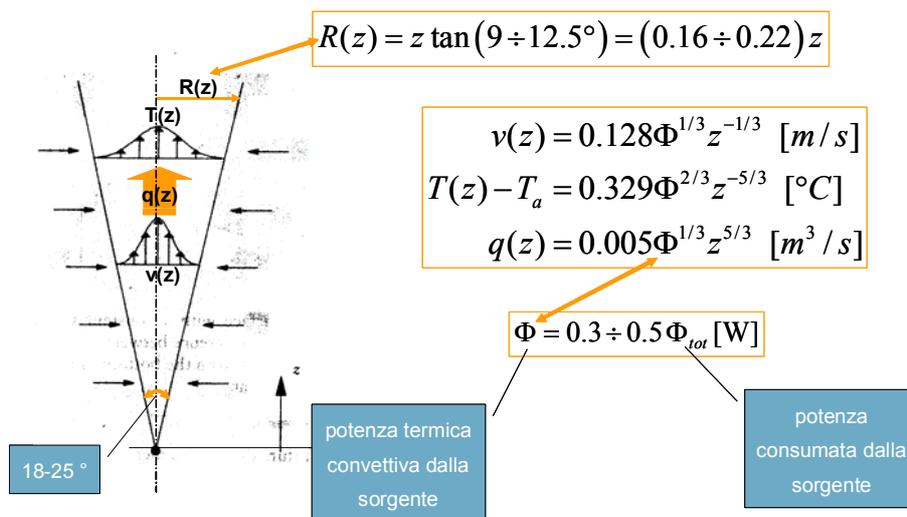


Figura 7 – Relazioni analitiche per il calcolo delle caratteristiche di un pennacchio caldo.

Poiché il calcolo della potenza termica generata dalla sorgente non è sempre agevole, è possibile surrogare tale informazione con delle misure di temperatura e/o velocità a una quota z sopra l'asse centrale della sorgente calda; da tali misure, utilizzando le relazioni precedenti, è possibile ottenere una stima della potenza convettiva scambiata dalla sorgente calda:

$$T(z) - T_a = 0.329 \Phi^{2/3} z^{-5/3} \quad \mapsto \quad \Phi = \left(\frac{T(z) - T_a}{0.329 z^{-5/3}} \right)^{3/2}$$

come riassunto nella Figura 8, dove viene anche riportata la relazione di maggior interesse per la progettazione del sistema di aspirazione, cioè la portata del pennacchio a una data quota z .

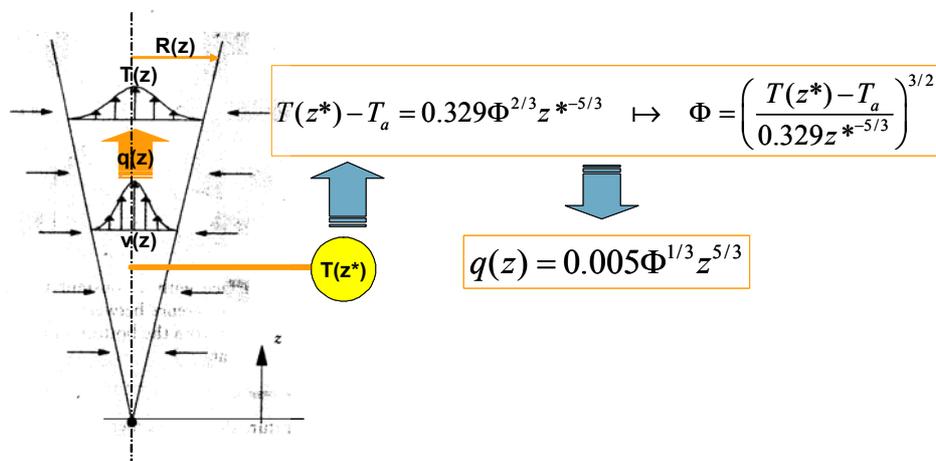


Figura 8 – Relazioni per il calcolo delle caratteristiche di un pennacchio caldo sulla base di misure di temperatura sull’asse verticale del pennacchio stesso.

Le sorgenti reali sono in realtà più complesse del caso di sorgente puntuale; per tener conto dell’effettiva dimensione della sorgente si introduce solitamente una “sorgente virtuale” per il calcolo della portata del pennacchio in funzione della quota, come schematizzato nella Figura 9. L’origine virtuale della sorgente puntuale si trova lungo l’asse del pennacchio ad una distanza z_0 dalla sorgente reale sull’altro lato della superficie rispetto alla sorgente reale.

Per stimare la posizione della sorgente virtuale nel caso di pennacchi che si formano sopra dei corpi con un rapporto tra altezza e larghezza simile si utilizza una stima di massimo (Figura 10) e una di minimo (Figura 11).

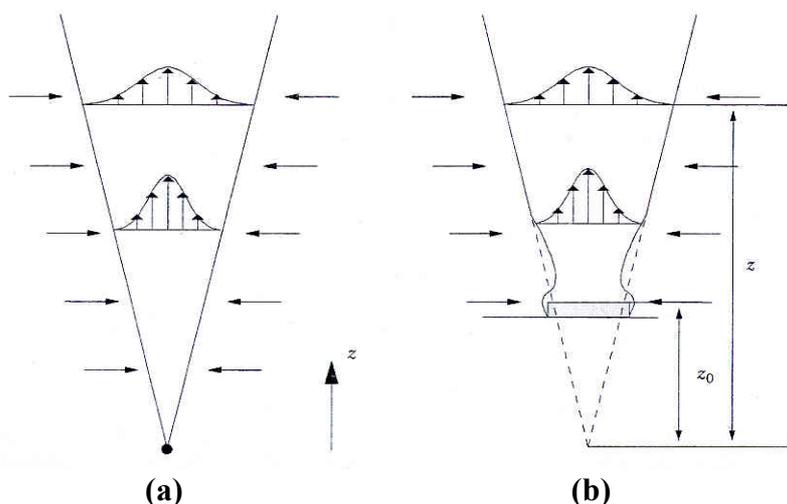


Figura 9 - Posizione della sorgente virtuale nel caso di sorgente puntuale (a) e reale con dimensione finita (b)

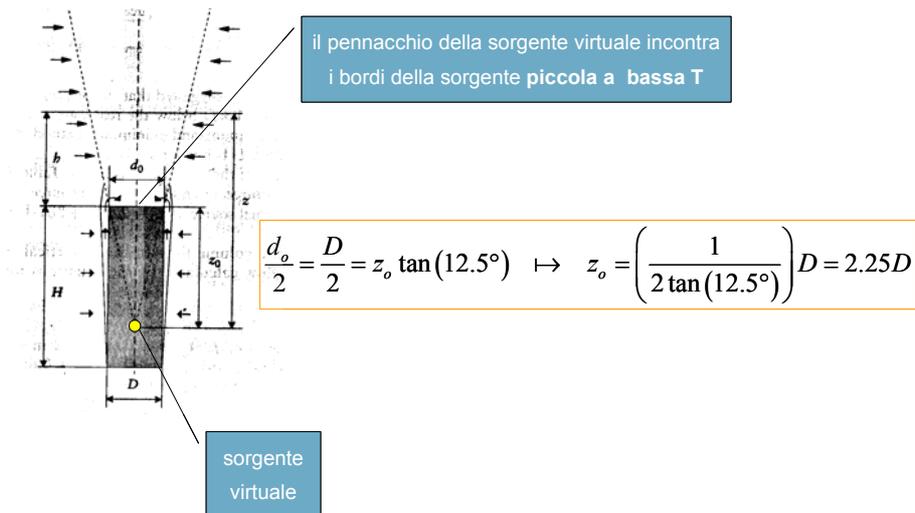


Figura 10 – Sorgente di dimensioni finite: caso di massimo.

La stima di massimo consiste nel sostituire la sorgente reale con una puntiforme virtuale posizionata in modo tale che il bordo del pennacchio intersechi il bordo della superficie superiore della sorgente reale. La stima di minimo consiste nel posizionare la sorgente puntiforme in modo tale che il diametro del pennacchio risulta l'80% del diametro della superficie superiore della sorgente ed è calcolato ad un'altezza pari a un terzo del diametro al di sotto della superficie. L'angolo di apertura del pennacchio è di circa 25° (più precisamente, compreso tra 18 e 25°). L'applicazione corretta di questo metodo prevede di utilizzare il caso massimo se la sorgente si trova a bassa temperatura mentre è opportuno il caso minimo per sorgenti di grandi dimensioni e ad alta temperatura.

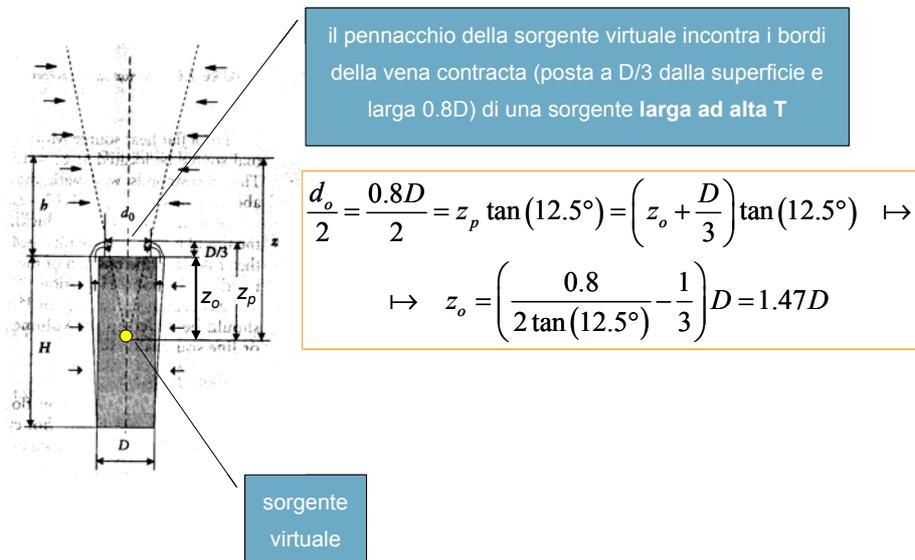


Figura 11 – Sorgente di dimensioni finite: caso di minima.

Se la sorgente di calore reale è praticamente piatta (cioè con dimensione verticale trascurabile) la sorgente virtuale viene posizionata a una distanza $z_0 = 1,7 - 2,1 \cdot D$ al di sotto della superficie, valore coerente con l'intervallo ottenibile con la stima di massimo e di minimo discussa in precedenza.

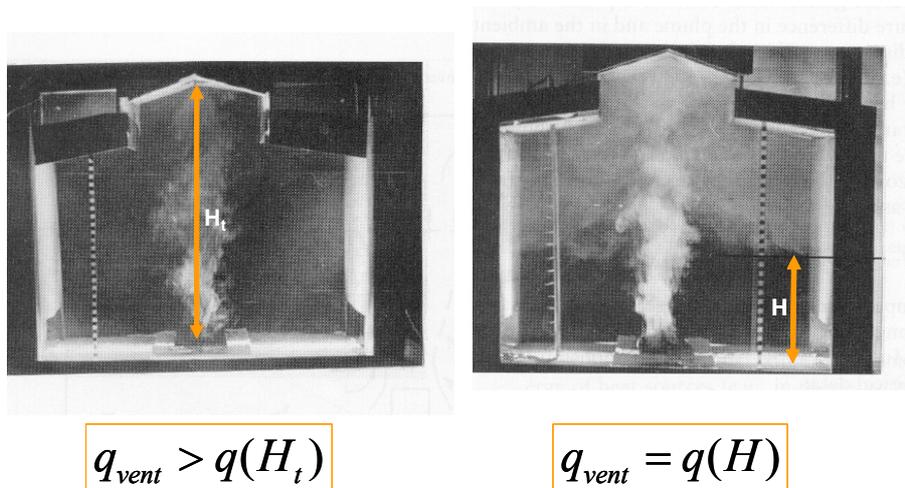


Figura 12 – Comportamento di un pennacchio caldo in un ambiente confinato in funzione della portata di aria entrante nell'ambiente, q_{vent} .

Quanto detto in precedenza risulta valido per pennacchi caldi in ambienti non confinati, in cui cioè non vi sia un limite imposto dal confinamento alla quantità di aria che può essere inglobata nel pennacchio caldo man mano che si innalza. Se invece il pennacchio caldo si origina in un ambiente confinato (come un capannone), la portata di aria entrante nell'ambiente rappresenta un limite superiore alla portata di aria che può essere inglobata nel pennacchio; se la portata in ingresso al capannone è superiore a quella richiamata dal pennacchio alla quota di scarico dell'aria dal capannone (solitamente sul tetto) il comportamento del pennacchio è analogo a quello di un pennacchio libero; in caso contrario, come mostrato nella Figura 12, si forma una stratificazione nell'ambiente alla quota in cui la portata del pennacchio eguaglia quella dell'aria entrante nell'ambiente.

Al di sotto di tale quota il pennacchio si comporta essenzialmente come un pennacchio libero, per cui valgono quindi le relazioni discusse in precedenza.

Sulla base di queste relazioni e delle norme generali di buona tecnica per la progettazione delle ventilazioni locali discusse in precedenza, si possono definire le seguenti norme di buona tecnica per la progettazione dei sistemi di ventilazione sopra sorgenti calde quali le linee delle presse di vulcanizzazione:

1. le aree contenenti le linee delle presse di vulcanizzazione devono essere presidiate con aspirazioni forzate poste in alto rispetto alle linee stesse così da sfruttare il moto ascensionale del pennacchio caldo che si genera;
2. le aree contenenti le linee delle presse di vulcanizzazione devono essere confinate il più possibile in generale e completamente al di sopra di una certa quota (in altri termini, a tale quota si trova la faccia della cappa a cortina suggerita per questa situazione);
3. il confinamento totale deve iniziare dalla quota più bassa compatibile con le esigenze di operabilità degli impianti; al di sopra di tale quota non devono essere presenti aperture in quanto il pennacchio caldo tende spontaneamente a diffondere verso tali aperture;
4. al di sotto della quota di confinamento totale deve essere presente un confinamento parziale di tutte le zone la cui accessibilità non è strettamente richiesta da motivi di operabilità dell'impianto al fine di limitare l'azione di disturbo

della traiettoria verticale del pennacchio caldo a opera delle correnti d'aria spurie presenti nel capannone;

5. nella parte superiore della zona di completo confinamento devono essere presenti delle aspirazioni che consentano:
 - 5.1. di ottenere una portata di aria superiore (come indicazione di massima, del 20% superiore) alla portata del pennacchio alla quota di inizio di completo confinamento, cioè sulla faccia della cappa, al fine di catturare tutto il pennacchio caldo; tale portata si può calcolare, per la singola pressa di vulcanizzazione e sulla base di misure di temperatura sull'asse verticale della pressa, come: $q(h) = 18 \left((T(H) - T_a) / (0.329 H^{-5/3}) \right)^{1/2} h^{5/3} [m^3 / h]$, dove H è la quota a cui sono state effettuate le misure di temperatura T(H), mentre h è la quota della cappa;
 - 5.2. di distribuire uniformemente l'aria aspirata su tutta la faccia della cappa (in altri termini, la velocità della faccia deve essere uniforme) al fine di evitare che le zone caratterizzate da velocità di faccia inferiore non siano in grado di catturare l'intero pennacchio;
6. le dimensioni della faccia della cappa devono essere tali da contenere il pennacchio; in particolare, la cappa deve sporgere dal bordo della pressa di almeno il 15-20% della distanza tra la pressa e la faccia della cappa per evitare che il pennacchio non venga completamente intercettato dalla cappa, come illustrato nella Figura 13;

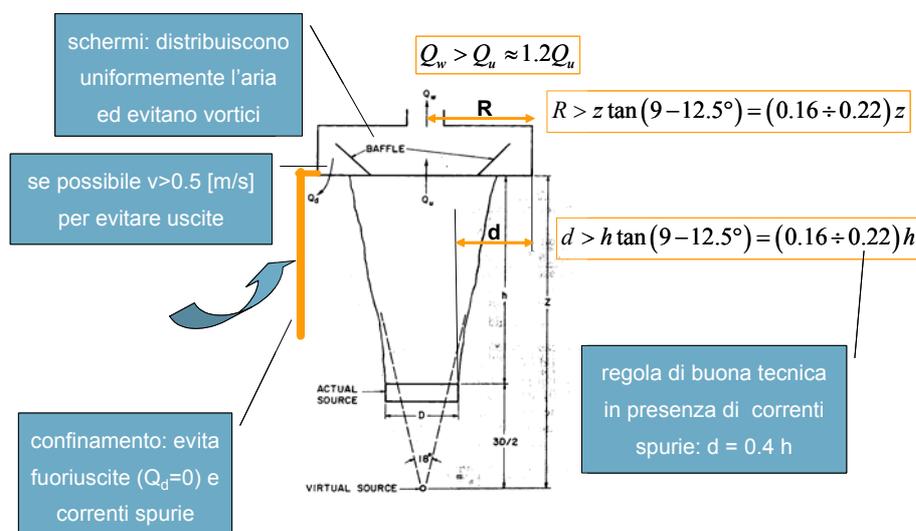


Figura 13 – Criteri di progetto per cappe a cortina sopra sorgenti calde.

7. l'aria aspirata deve essere reintegrata con una portata di aria leggermente inferiore (così da mantenere il capannone in leggera depressione e assicurare che tutta l'aria esca attraverso le aspirazioni) distribuita in modo ragionevolmente uniforme lungo le linee delle presse così da evitare correnti d'aria in grado di deflettere il pennacchio e portarlo fuori dalla cappa;
8. gli scarichi dell'aria all'esterno del capannone devono essere tali da impedire il rientro nel capannone (in particolare attraverso le prese dell'aria di reintegro) dell'aria scaricata;

9. deve essere garantita una verifica del funzionamento e una manutenzione periodica del sistema di ventilazione.

Il rischio cancerogeno nell'industria di produzione di pneumatici: evidenze epidemiologiche

di Angelo d'Errico

Servizio Sovrazonale di Epidemiologia - ASL 5 - Regione Piemonte

Un aumento del rischio cancerogeno tra i lavoratori dell'industria della gomma e dei pneumatici è stato evidenziato più di 50 anni fa. Le prime segnalazioni riguardavano soprattutto eccessi di tumori della vescica, come quelli riportati da Case & Hosker (1954) a carico dei lavoratori impiegati nel settore della gomma, e da Davies (1965) in addetti alla produzione di cavi elettrici in Gran Bretagna. L'agente responsabile di tali eccessi fu individuato nella beta-naftilamina, che fino almeno alla fine degli anni '40 era presente come contaminante in due antiossidanti molto diffusi nell'industria della gomma. Dopo che nel 1938 fu dimostrata la capacità della beta-naftilamina di indurre tumori vescicali in cani trattati con questa sostanza (Hueper et al., 1938), il suo utilizzo fu bandito in molti paesi. Alcuni antiossidanti in uso dopo il 1950 contenevano comunque ancora impurità di beta-naftilamina, anche se in concentrazioni 25-50 volte inferiori a quelle prima del 1949 (Veys, 1996).

Dopo i primi studi pionieristici, negli anni '60 iniziarono alcuni dei più importanti studi epidemiologici su coorti di lavoratori del settore gomma. Tra questi, in Gran Bretagna fu avviato dalla British Rubber Manufacturing Association uno studio di mortalità su 34000 uomini occupati in 6 grandi industrie della gomma nel periodo 1946-60, seguiti fino al 1975 (Parkes, 1969; Parkes et al., 1982; Sorahan et al., 1986 e 1989); questo studio non evidenziava eccessi di tumori della vescica, ma d'altra parte osservava significativi eccessi di tumori del polmone, dello stomaco, della faringe e dell'esofago. Un secondo studio di coorte fu condotto dall'Health and Safety Executive britannico su 40867 uomini impiegati per almeno un anno nel settore gomma in 381 aziende, studiati per mortalità fino al 1976 (Fox et al., 1974; Fox & Collier, 1976; Baxter & Werner, 1980). Al contrario del primo, questo studio trovò un eccesso significativo di tumori della vescica, ma solo in esposti ad antiossidanti contenenti beta-naftilamina prima del 1950; inoltre, anch'esso riscontrava un significativo eccesso di tumori del polmone e dello stomaco, quest'ultimo concentrato nel settore pneumatici. Sempre in Gran Bretagna, un terzo studio di coorte fu condotto su 5948 lavoratori dell'industria dei pneumatici nelle Midlands, potenzialmente esposti a beta-naftilamina nel periodo 1945-49: anche questo studio osservò un eccesso significativo di tumori vescicali (Veys, 1969).

Parallelamente, negli U.S.A. vennero iniziati studi di mortalità sui lavoratori di tre grandi aziende situate ad Akron, Ohio, e impegnate nella produzione di pneumatici e di altri manufatti in gomma (McMichael et al., 1974, 1975 e 1976; Andjelkovic et al., 1976; Monson & Fine, 1978). I risultati di questi studi mostrarono eccessi di leucemie, di tumori linfatici, della vescica, del polmone, dello stomaco e del cervello a carico dei lavoratori impiegati nel settore della gomma.

Nel 1982 l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) pubblicava una monografia sull'industria della gomma, che, sulla base della revisione degli studi epidemiologici condotti fino a quella data, concludeva affermando che vi era evidenza sufficiente di un significativo incremento nel rischio di alcuni tumori in questo settore, ma senza identificare con certezza uno o più fattori causali (IARC, 1982). Gli eccessi tumorali considerati consistentemente elevati dalla monografia riguardavano le leucemie, i tumori maligni della vescica, del polmone e dello stomaco. Tuttavia, mentre per le leucemie e i tumori della vescica l'associazione era ritenuta causale, e dovuta rispettivamente

all'esposizione a benzene (e ad altri solventi) e a beta-naftilamina, per i tumori del polmone e dello stomaco gli eccessi erano considerati reali, ma probabilmente attribuibili a confondimento socioeconomico.

Alla fine degli anni '90 fu effettuata una nuova revisione degli studi sul rischio cancerogeno nell'industria della gomma pubblicati dopo la Monografia IARC del 1982 (Kogevinas et al., 1998), in cui vennero inclusi 12 studi di coorte, 7 studi caso-controllo in coorte, 48 studi caso-controllo e 23 studi basati su fonti amministrative (certificati di morte, registri tumori, o record-linkage tra dati censuari e registri tumori). Questa revisione concludeva confermando la presenza di eccessi di leucemia, tumori della vescica e del polmone osservati negli studi sui lavoratori della gomma precedenti al 1982, mentre i suoi risultati non supportavano l'esistenza di eccessi di cancro dello stomaco. Essa evidenziava anche un consistente eccesso per i tumori della laringe, oltre ad eccessi di rischio non consistenti per altri tumori, in particolare linfomi, tumori del pancreas e del cervello.

Esaminando in maggior dettaglio i risultati di Kogevinas et al. (1998) relativi alle varie sedi tumorali, questa revisione riscontrava incrementi nel rischio di tumori della vescica superiori al 50% in 6 studi di coorte su 12 (range RR: 1.6-5.2) e in 11 studi caso-controllo su 15 (range RR: 1.5-5.7), senza osservare sostanziali differenze nel rischio tra sotto-settori produttivi e per specifiche aree di lavoro. Inoltre, evidenziava che il rischio probabilmente non era cessato con l'eliminazione della beta-naftilamina, sulla base dei risultati di uno studio tedesco che aveva osservato un significativo eccesso di tumori vescicali (RR = 2.14) su lavoratori assunti dopo gli anni '60 (Weiland et al., 1996). Riguardo alle leucemie, la revisione riportava rischi relativi in un range 1.5-2.3 in 3 studi di coorte e nel reparto di vulcanizzazione della coorte Akron, oltre ad elevati eccessi in 2 studi caso-controllo in coorte per esposizione a benzene e altri solventi, che non apparivano limitati a specifici reparti. In particolare, in uno studio di coorte norvegese 6 casi di leucemia su 9 avevano una esposizione documentata a colle contenenti fino al 4% di benzene (Norseth et al., 1983). I tumori del polmone presentavano un rischio incrementato in 4 studi di coorte su 10 e nel reparto di vulcanizzazione della coorte Akron, oltre che in 3 studi caso-controllo e 2 caso-controllo in coorte su 11; gli eccessi non apparivano limitati a specifiche lavorazioni, ma erano riscontrati in molti reparti diversi, tra cui pesatura, mescole, calandratura, vulcanizzazione. Tra gli studi su lavoratori impiegati dopo il 1960 nessun eccesso di tumori del polmone era stato invece osservato in 2 coorti, mentre un modesto, ma significativo incremento di rischio era stato rilevato nella coorte tedesca (RR = 1.36). Per i tumori dello stomaco l'eccesso di rischio era modesto, essendo stati osservati rischi relativi inferiori a 1.6 in 7 studi di coorte su 13, mentre gli altri sei presentavano un deficit di rischio; per questa sede tumorale, gli eccessi apparivano concentrati nei reparti di pesatura e mescole in 2 studi e in mansioni esposte ad alti livelli di polveri nella coorte BRMA (Sorahan et al., 1989). Al contrario, il rischio di tumori della laringe risultava consistentemente elevato in tutti gli studi revisionati (7 di coorte e 2 caso-controllo).

Tra i limiti di questa revisione, gli autori commentavano che da un lato un'esposizione dettagliata ai vari fattori di rischio era assente in quasi tutti gli studi, quindi una valutazione del rischio cancerogeno relativo a specifici agenti o processi produttivi non era possibile, dall'altro che la maggioranza degli studi erano basati sulla mortalità tumorale, che per molti siti non è un buon surrogato dell'incidenza. Inoltre, per siti tumorali diversi da quelli descritti sopra appariva difficile esprimere una valutazione sulla consistenza degli eccessi di rischio osservati, dal momento che la presentazione dei risultati era incompleta e probabilmente viziata da una sovrarappresentazione dei risultati positivi. Infine, sulla base di segnalazioni di una riduzione dei livelli di esposizione ad agenti chimici nel settore della gomma nel corso negli anni '70-'80 nei paesi industrializzati (Kromhout et al., 1994; Swuste & Kromhout, 1996), una riduzione dell'incidenza tumorale era attesa in questi

lavoratori, ma gli studi su lavoratori impiegati nel settore a partire dagli anni '60 non avevano ancora sufficiente potenza per identificare eccessi moderati di tumori. Dopo la revisione di Kogevinas et al. (1998), un importante contributo sul rischio cancerogeno nell'industria della gomma è stato fornito da uno studio di coorte sulla mortalità tumorale 1981-1991 di 8933 lavoratori tedeschi assunti dopo il 1950 ed impiegati per almeno un anno in questo settore. Questo studio era già stato incluso nella revisione del 1998 (Weiland et al., 1996), ma successivamente la coorte era stata analizzata per area di lavoro, considerando il periodo storico di esposizione e la durata dell'impiego nell'area di lavoro (Weiland et al., 1998a, 1998b; Straif et al., 1998; Straif et al., 1999). Inoltre la coorte era stata anche analizzata per esposizione ad asbesto, talco, nitrosoamine e nerofumo, considerando tre livelli di esposizione cumulativa per mezzo di misurazioni e giudizi di igienisti industriali (Straif et al., 2000a, 2000b). In uno di questi studi gli autori furono in grado di dimostrare significativi eccessi di tumori del polmone, della laringe e dello stomaco nei lavoratori esposti ad asbesto e a talco contaminato da questo materiale, osservando altresì significative relazioni dose-risposta tra livelli di esposizione a talco e mortalità per tumori del polmone, e tra livelli di esposizione a talco o asbesto e mortalità per tumore dello stomaco (Straif et al., 2000a). In un'altra analisi dei dati di questa coorte fu dimostrata la presenza di una significativa associazione tra elevata esposizione a nitrosoamine e mortalità sia per cancro delle labbra, della cavità orale e della faringe (RR = 3.9), sia dell'esofago (RR = 7.3); per entrambi questi siti tumorali gli autori osservavano anche un trend nell'aumento del rischio di morte in relazione all'intensità di esposizione a nitrosoamine (Straif et al., 2000b), che supportava la natura causale di queste associazioni. Alcune nitrosoamine erano da molti anni sospettate di essere responsabili di alcuni degli eccessi osservati nell'industria della gomma. Per esempio, la cancerogenicità della N-nitrosodimetilamina (NDMA) era già stata dimostrata su ratti 50 anni fa (Magee & Barnes, 1956), mentre in lavoratori esposti ad olii da taglio sintetici era stata riscontrata una significativa correlazione tra alterazioni cromosomiche ed esposizione a N-nitrosodietanolamina (NDELA) (Fuchs et al., 1995). Entrambe queste sostanze sono state classificate come probabilmente cancerogene per l'uomo (2A) dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC, 1987), sulla base della sufficiente evidenza di cancerogenicità in animali da esperimento. Inoltre, le più alte concentrazioni di nitrosoamine nell'ambiente umano sono state misurate nell'industria della gomma (Fajen et al., 1979; Spiegelhalder & Preussmann, 1983; Nutt, 1983). Queste sostanze sono presenti soprattutto nei fumi e nelle polveri generate nella vulcanizzazione, a causa della trasformazione di agenti acceleranti, ritardanti o vulcanizzanti (ditiocarbammati, sulfonamidi, tiourami e ditiomorfoline) (Daubourg et al., 1992; Spiegelhalder et al., 1992). I livelli di esposizione a nitrosoamine sarebbero elevati anche in tempi recenti, come dimostrerebbero i risultati di uno studio francese nel quale circa un quinto delle misurazioni totali in 24 aziende della gomma e il 90% di quelle effettuate nella vulcanizzazione erano superiori al TRK tedesco di 2.5 mg/mc, con molti valori superiori a 20 mg/mc (Oury et al., 1997). Al contrario, un recente studio multicentrico condotto in vari paesi, tra cui Olanda, Gran Bretagna, Polonia, Svezia e Danimarca, ha riportato basse concentrazioni sia di NDMA che di N-Nitrosomorfolina (Nmor) nell'industria della gomma, con media geometrica in un range tra 0.05 e 0.3 mg/mc.

Tra gli altri studi di coorte successivi alla revisione di Kogevinas et al. (1998), si segnalano in particolare due aggiornamenti del follow-up di studi iniziati negli anni '60. Il primo è quello condotto dalla BRMA, che ha trovato nei lavoratori impiegati dopo il 1981 un eccesso significativo di mortalità per mieloma multiplo in entrambi i sessi (maschi: SMR = 385; femmine: SMR = 952), ma un deficit di rischio per cancro del polmone e dello stomaco (Dost et al., 2007); l'altro è l'aggiornamento dello studio di coorte delle Midlands, che non ha osservato eccessi di cancro della vescica in 3038 lavoratori impiegati dopo il

1950 (Veys, 2004). Due studi caso-controllo, condotti in una coorte di 1598 lavoratori della gomma a Shangai, hanno mostrato inoltre un eccesso significativo di cancro del pancreas (OR = 9.3) nell'area della vulcanizzazione (Li & Yu, 2002) e un incremento di rischio non significativo per il cancro dell'esofago nell'area delle mescole (OR = 2.7) (Li & Yu, 2000). Infine, una meta-analisi sul rischio di cancro della prostata associato alla produzione di pneumatici e altri manufatti in gomma, effettuata revisionando 9 studi di coorte e 3 caso-controllo, non evidenziava alcuna associazione (meta-RR = 1.03) (Stewart et al., 1999). Studi recenti basati su markers citogenetici, molecolari e di mutagenesi mostrerebbero comunque la persistenza di esposizione a sostanze cancerogene nell'industria della gomma. Per esempio, un significativo incremento di scambi tra cromatidi fratelli (SCE) e aberrazioni cromosomiche (CA) è stato osservato da Sorsa et al. (1983) in 55 addetti a pesatura e mescole, e da Yadav & Chhillar (2001) in 50 lavoratori impiegati in varie mansioni nella produzione di pneumatici, rispetto a controlli; quest'ultimo studio ha anche riscontrato un significativo aumento sia di CA che di SCE con la durata di impiego. Inoltre, uno studio olandese ha trovato un significativo incremento di addotti al DNA delle cellule uroteliali negli addetti a pesatura e vulcanizzazione (Vermeulen et al., 2002). Da parte degli stessi autori è stato stimato un contributo del 21% da parte del particolato aereo e del 62% di quello cutaneo, estratti con cicloesano, sull'incremento della mutagenicità urinaria settimanale osservata in 224 lavoratori impiegati in vari settori della gomma (Vermeulen et al., 2003).

In conclusione, eccetto che per le leucemie, i tumori del polmone, della laringe, dello stomaco, dell'esofago e delle prime vie aeree, gli altri siti tumorali non presentano incrementi consistenti di rischio in letteratura e l'esistenza di una loro associazione con fattori di rischio occupazionali appare discutibile. Gli incrementi di rischio osservati per tumore del polmone e della laringe parrebbero principalmente dovuti ad asbesto o a talco contaminato con asbesto, e forse a IPA per alcune mansioni esposte a livelli particolarmente elevati, mentre quelli di tumori della faringe e dell'esofago (e forse anche dello stomaco) sono probabilmente attribuibili all'esposizione a nitrosoamine. Gli eccessi di tumore della vescica sembrerebbero molto ridotti in tempi recenti, anche se non completamente scomparsi, e sarebbero verosimilmente attribuibili a tracce di amine cancerogene contaminanti le amine aromatiche impiegate. Riguardo agli eccessi di leucemie, riscontrati anche in tempi non remoti, essi sarebbero dovuti all'esposizione a benzene, contenuto in piccole percentuali in solventi, o ad altri solventi.

BIBLIOGRAFIA

- Andjelkovic D, Taulbee J, Symons M. Mortality experience of a cohort of rubber workers 1964-73. *J Occup Med* 1976;18:387- 94.
- Baxter PJ, Werner JB. Mortality in the British rubber industries 1967-1974. London: Her Majesty's Stationery Office, 1980.
- Case RA, Hosker ME. Tumour of the urinary bladder as an occupational disease in the rubber industry in England and Wales. *Br J Prev Soc Med* 1954;8:39-50.
- Daubourg N, Coupard A, Pepe A. N-nitrosamines volatiles et atmospheres industrielles. *Caoutchouc & Plastiques* 1992;717:103-114.
- Davies JM. Bladder tumours in the electric-cable industry. *Lancet* 1965;1:143-6.

- Dost A, Straughan J, Sorahan T. A cohort mortality and cancer incidence survey of recent entrants (1982-91) to the UK rubber industry: findings for 1983-2004. *Occup Med (Lond)* 2007;57:186-90.
- Fajen JM, Carson GA, Rounbehler DP, Fan TY, Vita R, Goff UE, Wolf MH, Edwards GS, Fine DH, Reinhold V, Biemann K. N-nitrosamines in the rubber and tire industry. *Science* 1979;205:1262-4.
- Fox AJ, Collier PF. A survey of occupational cancer in the rubber and cablemaking industries: analysis of deaths occurring in 1972-74. *Br J Ind Med* 1976;33:249-64.
- Fox AJ, Lindars DC, Owen R. A survey of occupational cancer in the rubber and cablemaking industries: results of five-year analysis, 1967-71. *Br J Ind Med* 1974;31:140-51.
- Fuchs J, Burg J, Hengstler JG, Bolm-Audorff U, Oesch F. DNA damage in mononuclear blood cells of metal workers exposed to N-nitrosodiethanolamine in synthetic cutting fluids. *Mutat Res* 1995; 342:95-102.
- Hueper WE, Wiley FH, Wolfe HD. Experimental production of bladder tumors in dogs by administration of betanaphthylamine. *J Industr Hyg Toxicol* 1938; 20:46-84.
- International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Vol 28. The rubber industry. Lyon: IARC, 1982.
- International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Vol. 17. Some N-nitroso compounds. Lyon: IARC, 1978.
- International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Supplement 7. Overall Evaluations of Carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs Volumes 1 to 42. Lyon: IARC, 1987.
- Kogevinas M, Sala M, Boffetta P, Kazerouni N, Kromhout H, Hoar-Zahm S. Cancer risk in the rubber industry: a review of the recent epidemiological evidence. *Occup Environ Med* 1998;55:1-12.
- Kromhout H, Swuste P, Boleij JS. Empirical modelling of chemical exposure in the rubber-manufacturing industry. *Ann Occup Hyg* 1994;38:3-22.
- Li K, Yu S. A nested case-control study on risk of pancreatic cancer among workers in the rubber industry. *Pancreas* 2002;24:417-8.
- Li K, Yu S. Oesophageal cancer and occupational exposure to rubber: a nested case-control study. *Ann Occup Hyg* 2000;44:355-9.
- Magee PN, Barnes JM. The production of malignant primary hepatic tumours in the rat by feeding dimethylnitrosamine. *Br J Cancer* 1956;10:114-22.
- McMichael AJ, Andjelkovic DA, Tyroler HA. Cancer mortality among rubber workers: an epidemiologic study. *Ann N Y Acad Sci* 1976;271:125-37.
- McMichael AJ, Spirtas R, Kupper LL, Gamble JF. Solvent exposure and leukemia among rubber workers: an epidemiologic study. *J Occup Med* 1975;17:234-9.
- McMichael AJ, Spirtas R, Kupper LL. An epidemiologic study of mortality within a cohort of rubber workers, 1964-72. *J Occup Med* 1974;16:458-64.
- Monson RR, Fine LJ. Cancer mortality and morbidity among rubber workers. *J Natl Cancer Inst* 1978; 61:1047-53.
- Oury B, Limasset JC, Protois JC. Assessment of exposure to carcinogenic N-nitrosamines in the rubber industry. *Int Arch Occup Environ Health* 1997;70:261-71.
- Parkes HG, Veys CA, Waterhouse JA, Peters A. Cancer mortality in the British rubber industry. *Br J Ind Med* 1982;39:209-20.

- Parkes HG. Epidemiology and etiology of human bladder cancer: occupational bladder cancer in the British rubber industry. *J Natl Cancer Inst* 1969;43:249-52.
- Sorahan T, Parkes HG, Veys CA, Waterhouse JA, Straughan JK, Nutt A. Mortality in the British rubber industry 1946-85. *Br J Ind Med* 1989;46:1-10.
- Sorahan T, Parkes HG, Veys CA, Waterhouse JA. Cancer mortality in the British rubber industry: 1946-80. *Br J Ind Med* 1986;43:363-73.
- Sorsa M, Falck K, Mäki-Paakkanen J, Vainio H. Genotoxic hazards in the rubber industry. *Scand J Work Environ Health* 1983;9:103-7.
- Spiegelhalter B, Preussmann R. Occupational nitrosamine exposure. 1. Rubber and tyre industry. *Carcinogenesis* 1983;4:1147-52.
- Spiegelhalter B, Voger G, Preussmann R, Menting KH, Graf HJ. Inhibition of N-nitrosamine formation in rubber vulcanizates. In: O'Neill IK, Bartsch H (eds), Nitroso compounds: biological mechanisms, exposures and cancer etiology. IARC technical report No 11 (11th International Meeting on N-nitroso compounds, Kailua-Kona, Hawaii, 1 and 2 November 1991). IARC, Lyon, 1992:39-122.
- Stewart RE, Dennis LK, Dawson DV, Resnick MI. A meta-analysis of risk estimates for prostate cancer related to tire and rubber manufacturing operations. *J Occup Environ Med* 1999;41:1079-84.
- Straif K, Chambless L, Weiland SK, Wienke A, Bungers M, Taeger D, Keil U. Occupational risk factors for mortality from stomach and lung cancer among rubber workers: an analysis using internal controls and refined exposure assessment. *Int J Epidemiol* 1999;28:1037-43.
- Straif K, Keil U, Taeger D, Holthenrich D, Sun Y, Bungers M, Weiland SK. Exposure to nitrosamines, carbon black, asbestos, and talc and mortality from stomach, lung, and laryngeal cancer in a cohort of rubber workers. *Am J Epidemiol* 2000a;152:297-306.
- Straif K, Weiland SK, Bungers M, Holthenrich D, Taeger D, Yi S, Keil U. Exposure to high concentrations of nitrosamines and cancer mortality among a cohort of rubber workers. *Occup Environ Med* 2000b;57:180-7.
- Straif K, Weiland SK, Werner B, Chambless L, Mundt KA, Keil U. Workplace risk factors for cancer in the German rubber industry: Part 2. Mortality from non-respiratory cancers. *Occup Environ Med* 1998;55:325-32.
- Swuste P, Kromhout H. Improving working conditions in the rubber manufacturing industry in the Netherlands. *Occ Hyg* 1996;3:341-9.
- Vermeulen R, Bos RP, Pertijns J, Kromhout H. Exposure related mutagens in urine of rubber workers associated with inhalable particulate and dermal exposure. *Occup Environ Med* 2003;60:97-103.
- Vermeulen R, Talaska G, Schumann B, Bos RP, Rothman N, Kromhout H. Urothelial cell DNA adducts in rubber workers. *Environ Mol Mutagen* 2002;39:306-13.
- Veys CA. Two epidemiological inquiries into the incidence of bladder tumors in industrial workers. *J Natl Cancer Inst* 1969;43:219-26.
- Veys CA. Bladder cancer in rubber workers: a phenyl beta-naphthylamine (PBNA) exposed workforce. *Prog Rubber Plast Technol* 1996;12:258-73.
- Veys CA. Bladder tumours in rubber workers: a factory study 1946-1995. *Occup Med (Lond)* 2004;54:322-9.
- Weiland SK, Mundt KA, Keil U, Kraemer B, Birk T, Person M, Bucher AM, Straif K, Schumann J, Chambless L. Cancer mortality among workers in the German rubber industry: 1981-91. *Occup Environ Med* 1996; 53:289-98.

- Weiland SK, Straif K, Chambless L, Werner B, Mundt KA, Bucher A, Birk T, Keil U. Workplace risk factors for cancer in the German rubber industry: Part 1. Mortality from respiratory cancers. *Occup Environ Med* 1998;55:317-24.
- Yadav JS, Chhillar AK. Cytogenetics risk assessment in workers of rubber industry. *Int J Hum Genet* 2001,1:243-8.

L'esperienza del comparto del canavese

di Marco Fontana * - Anna Maria Scibelli * - Lauro Reviglione **

* SS 20.02 Strutture di Igiene Industriale ARPA Piemonte

** Spresal ASL 9 Ivrea

PREMESSA

La presente relazione riguarda gli esiti dei sopralluoghi e dei monitoraggi ambientali effettuati presso le ditte del comparto stampaggio gomma presenti sul territorio di competenza della ASL 9 di Ivrea, nell'ambito del progetto "VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO NEL COMPARTO GOMMA" realizzato dallo S.pre.S.A.L. in collaborazione con l'ARPA Piemonte, Struttura di Igiene Industriale. e con il Laboratorio di Igiene Industriale del CTO/CRF/M.ADELAIDE per quanto riguarda la parte dei monitoraggi biologici.

La D.G.R. n. 6577 del 8/7/2002 assegna alla struttura di Igiene Industriale" dell'ARPA Piemonte il ruolo di struttura di II livello a favore della rete di prevenzione regionale (Regione-Direzione Sanità Pubblica e S.Pre.S.A.L.), congiuntamente al Laboratorio di Igiene Industriale del CTO/CRF/M. ADELAIDE.

1) IL CICLO PRODUTTIVO

2.1) Ciclo produttivo del comparto stampaggio della gomma.

Le ditte oggetto delle indagini ambientali per la realizzazione del progetto "*Valutazione del rischio chimico nel comparto gomma*", producono in generale articoli tecnici in gomma e gomma metallo, essenzialmente per il settore automobilistico.

Il processo produttivo, estremamente semplice, è così schematizzabile:

- stampaggio, in presse orizzontali e/o verticali;
- vulcanizzazione della gomma;
- rifinitura e sbavatura del pezzo;
- imballaggio e spedizione.

Le aziende acquistano, in generale, un semilavorato in gomma già pronto per lo stampaggio, fornito in strisce imballate, con composizione e dimensioni richieste. Le strisce vengono caricate dall'operatore nelle presse ad iniezione per lo stampaggio di elastomeri; la gomma viene preriscaldata nella stazione di preriscaldamento in modo tale da riempire la cavità interna dell'unità di iniezione (pistone).

Una volta che il pistone è carico, la gomma viene iniettata nello stampo alla pressione necessaria per occludere tutte le figure (cavità) dello stampo stesso e sottoposta a processo di vulcanizzazione a temperature variabili, in genere comprese tra 180 - 200 °C. Gli stampi sono conformi ai disegni forniti dai clienti e la produzione avviene quasi esclusivamente per commessa.

Il prodotto ottenuto viene separato dagli scarti dello stampaggio e sottoposto a sbavatura, cioè viene eliminato l'eccesso di materiale dal pezzo vulcanizzato ancora caldo.

Seguono, infine, le fasi dell'imballaggio e spedizione del prodotto.

Parallelamente allo svolgersi del processo produttivo principale, all'occorrenza, vengono realizzati gli stampi in relazione alle specifiche richieste dei clienti. Le aziende normalmente, dispongono di apposita attrezzatura per la produzione di stampi, e per la loro manutenzione.

Il processo produttivo è lo stesso per i tutti i prodotti realizzati; in quanto, i diversi manufatti sono ottenuti applicando alle presse i relativi stampi.

2.2) Lavorazione della gomma

Per comprendere la tipologia dei fumi di vulcanizzazione, bisogna far riferimento a tutto il processo di lavorazione della gomma a partire dai suoi componenti di base, anche se le aziende del comparto studiato, realizzano solo le ultime due fasi.

La lavorazione della gomma avviene attraverso le seguenti fasi:

- ⇒ la *masticazione*, in cui l'elastomero di base viene sminuzzato e trattato a caldo in estrusori o in mescolatori, per facilitare l'aggiunta degli altri ingredienti;
- ⇒ la *preparazione della mescola*, nella quale si dosano i vari additivi che vengono mescolati assieme all'elastomero di base che può essere di origine naturale o sintetica;
- ⇒ la *formatura dei pezzi*, in cui il prodotto mescolato viene estruso o trafilato o sottoposto a calandratura;
- ⇒ lo *stampaggio*, operazione che permette di dare alla gomma la forma desiderata;
- ⇒ la *vulcanizzazione*, fase in cui l'elastomero perde le proprie caratteristiche plastiche per acquistare quelle di un materiale elastico. Il processo di reticolazione coinvolge un insieme di reazioni chimiche il cui risultato è la formazione di un reticolo tridimensionale permanente tra le molecole di gomma, tale da impedire scorrimenti di molecole le une rispetto alle altre. Il termine vulcanizzazione è stato utilizzato

originariamente per indicare il processo di reticolazione della gomma naturale con zolfo ad alta temperatura, ma oggi, in senso più lato, comprende ogni reazione chimica che produce effetti analoghi, sugli elastomeri o su altri materiali polimerici.

Di seguito riportiamo uno schema del meccanismo della reazione di vulcanizzazione:



2.3) I costituenti della gomma

2.3.1) *elastomeri di base*

Un elastomero è un polimero che, da solo o opportunamente trasformato (mescolato con vari ingredienti e reticolato), presenta, nelle condizioni di utilizzo, proprietà elastiche per cui, se sottoposto a forze di trazione, raggiunge allungamenti elevati (diverse volte la propria lunghezza) e, rimuovendo la sollecitazione, recupera sostanzialmente e in tempi brevi le dimensioni iniziali. Esistono elastomeri naturali ed elastomeri sintetici. Vi sono molte famiglie di elastomeri sintetici. Tra le più importanti vi sono il polibutadiene (BR), le gomme stirene-butadiene (SBR), le gomme etilene propilene (EPR), le gomme etilene, propilene, diene (EPDM), le gomme nitriliche (NBR) le gomme acriliche (ACM) e quelle a base di isobutilene e isoprene (IIR). Dall'analisi delle schede di sicurezza e del documento di valutazione del rischio chimico, si è costruita la tabella 1, dove sono riportati i principali tipi di elastomeri di base delle mescole impiegate nel comparto in studio con i relativi quantitativi annui in tonnellate. Il valore si riferisce alla somma dei quantitativi dichiarati dalle ditte per ogni singola mescola costituita dallo stesso elastomero di base.

COMPOSIZIONE CHIMICA	Quantità annua totale (tonnellate)	% DI UTILIZZO
NBR (Elastomero copolimero Acrilonitrile – Butadiene)	828	34%
EPDM (Elastomero terpolimero Etilene–Propilene–Diene Monomero)	700	29%
CR (Elastomero Policloroprenico)	658	27%
NR (Poliisopropilene naturale)	151	6.2%
NBR/SBR (Elastomero copolimero Acrilonitrile – Butadiene/Stirene - Butadiene)	80	3.2%
Si-VMQ (Elastomero siliconico Polidimetil – Vinil – Silossanico)	5.6	0.2%
SEBS (Elastomero Stirene-Etilene-Butilene-Stirene)	5.0	0.2%
EAM (Elastomero copolimero Etilen - vinil - Acetato - Monomero)	5.0	0.2%
PUR (Elastomero poliuretano)	0.9	< 0.1%
NBR/PVC (Elastomero copolimero Acrilonitrile - Butadiene/Polivinilcloruro)	0.2	< 0.1%
Si-FVMQ (Elastomero fluorosiliconico Polidimetil – Vinil – Silossanico)	0.04	< 0.1%
TOTALE	2433.74	2433.74

TABELLA 1: principali tipi di elastomeri utilizzati per le mescole del comparto

2.3.2) additivi della gomma

I principali additivi della gomma sono :

- cariche
- pigmenti
- plastificanti
- ausiliari per la lavorazione
- antinvecchianti
- agenti vulcanizzanti
- acceleranti di vulcanizzazione
- ritardanti di vulcanizzazione
- attivanti
- deodoranti
- antifiamma

- adesivanti
- conservanti
- essiccanti

Le cariche

Sia la fuliggine che le cariche minerali vengono aggiunte in grandi quantità per permettere la lavorazione e per ottenere le caratteristiche desiderate, soprattutto la durezza. La maggior parte delle cariche ha un'azione rinforzante sulle gomme vulcanizzate, ovvero un miglioramento di una serie di caratteristiche come la resistenza a trazione, l'allungamento a rottura, il modulo, la resistenza a rottura a trazione e la resistenza all'abrasione. Non esiste una carica che migliori contemporaneamente tutte le caratteristiche.

Senza le cariche, l'utilizzo pratico della maggior parte dei tipi di gomma sintetica sarebbe quasi impossibile.

Pigmenti

I pigmenti permettono di colorare solo le mescole contenenti cariche chiare, mentre quelle con carica di nerofumo non possono subire nessuna colorazione.

Possono essere di natura organica o inorganica.

I pigmenti inorganici sono (ossido ferrico, ossido di cromo, biossido di titanio, solfuro di cadmio, ecc.) non sono solubili nella gomma e nelle sostanze con cui il prodotto finito viene in contatto, per tale ragione sono molto resistenti.

I pigmenti organici si distinguono per essere particolarmente brillanti, ma sono generalmente sensibili alla temperatura ed alla luce e si rovinano facilmente.

Plastificanti

Vengono utilizzati al fine di aumentare la plasticità della mescola per migliorare la lavorabilità, la distribuzione delle cariche, al fine di modificare le caratteristiche del prodotto vulcanizzato, come ad esempio la durezza, l'elasticità alle basse temperature ed il comportamento elastico. La maggior parte dei plastificanti è liquida a temperatura ambiente. Esiste, però, una serie di plastificanti solidi e in pasta che hanno speciali compiti tecnologici. A seconda della loro diversa struttura i plastificanti hanno anche effetti diversi sulla lavorabilità e sulle caratteristiche del vulcanizzato. Per ottenere effetti ottimali si usano tagli di diversi tipi di plastificanti.

Ausiliari per la lavorazione

Ad essi appartengono le resine, i saponi, le cere, gli idrocarburi solidi, gli acidi grassi ed il fatturato, ovvero un prodotto polimerizzato composto di oli e grassi insaturi con zolfo e

cloruro di zolfo. Tali materiali conferiscono al prodotto grezzo una buona stabilità dimensionale. In questo modo gli articoli mantengono stabile la loro forma dalla vulcanizzazione in aria fino alla vulcanizzazione completa.

Antinvecchianti

Sono composti organici usati in dosi relativamente basse (dall'1 al 3%) per ritardare l'invecchiamento dei vulcanizzati. Essi hanno il compito di garantire al prodotto finito una protezione efficace e duratura contro ogni forma di invecchiamento e prolungare considerevolmente la loro durata sia durante l'impiego che durante la semplice conservazione in magazzino.

Agenti vulcanizzanti

Si intendono tutte le sostanze che producono la vulcanizzazione. Lo zolfo (che peraltro influisce sulle caratteristiche meccaniche e sull'invecchiamento del vulcanizzato) è sempre rimasto il più importante agente vulcanizzante. Con esso si possono vulcanizzare solo quei tipi di gomma che hanno legami doppi nella catena principale (quali NR, IR, BR, SBR, IIR, NBR). La vulcanizzazione a zolfo richiede quantità dello stesso relativamente elevate e lunghi tempi di vulcanizzazione.

Acceleranti di vulcanizzazione

Fin dalla scoperta della vulcanizzazione a zolfo si è cercato di trovare delle sostanze che permettessero di diminuire la durata della vulcanizzazione e di ridurre le dosi di zolfo. Gli ossidi di metallo come l'ossido di piombo, di zinco, di magnesio e di calcio sono stati i primi acceleranti, ma la loro efficacia non si è mostrata soddisfacente. Il progresso decisivo è stato segnato dall'introduzione degli acceleranti organici, i quali permettono una sostanziale diminuzione del tempo e della temperatura di vulcanizzazione, nonché una notevole riduzione delle dosi di zolfo.

Ritardanti di vulcanizzazione

I ritardanti sono sostanze che limitano il pericolo di prevulcanizzazione delle mescole, senza però diminuire la velocità di vulcanizzazione. Per prevulcanizzazione si intende un inizio prematuro della vulcanizzazione durante la produzione, la lavorazione o la conservazione in magazzino di una mescola.

Attivanti

Gli attivanti sono sostanze che, in dosi limitate, aumentano l'efficacia degli acceleranti. A questo scopo vengono utilizzati soprattutto l'ossido di zinco e l'acido stearico, peraltro utilizzati contemporaneamente nella maggior parte delle mescole.

Deodoranti

Con l'aggiunta di deodoranti nella mescola, l'odore caratteristico della gomma può essere migliorato, neutralizzato od eliminato. I deodoranti sono costituiti da profumi composti da oli etilici o da altri composti di odore gradevole. Data la loro notevole efficacia è sufficiente una quantità molto limitata per ottenere un effetto ottimale.

Agenti antifiamma

Sono additivi che riducono notevolmente l'infiammabilità dei vulcanizzati di gomma naturale e sintetica, ciò significa che sotto l'azione diretta della fiamma bruciano, ma si spengono quando la fiamma si allontana. Come antifiamma per esempio si usano la paraffina clorurata e l'idrossido di alluminio. Per ottenere un'infiammabilità ottimale si utilizzano combinazioni dei vari antifiamma.

Agenti adesivanti

Per molti prodotti di gomma sollecitati dinamicamente come i pneumatici, le cinghie trapezoidali, i nastri trasportatori, ecc..., esistono particolari esigenze di attacco tra la gomma ed i rinforzi in materiale tessile, in metallo ed in fibra di vetro. Con speciali aggiunte nelle mescole si possono ottenere elevate capacità d'adesione. Nel corso della vulcanizzazione si forma una resina efficace nel processo di adesività.

Conservanti

I conservanti sono agenti che vengono inseriti nelle mescole per conferire agli articoli di gomma caratteristiche antibatteriche. Tali articoli hanno la proprietà di uccidere o danneggiare i germi con cui vengono a contatto, di modo che questi non si riproducano.

Agenti essiccanti

Sono assorbitori di umidità, ovvero agenti ausiliari (normalmente ossido di calcio preparato in modo particolare) che limitano l'umidità degli ingredienti di mescola ed eliminano, quindi, la porosità o la formazione di bolle durante la vulcanizzazione. Questi agenti sono utilizzati in particolare per le mescole vulcanizzate in continuo con aria calda.

2) RISCHIO CHIMICO

3.1) I composti emessi dalla lavorazione della gomma

Nel 1982 la IARC pubblicava la monografia n°28 dedicata all'industria della gomma che rappresentava la seconda esperienza dell'Agenzia sulla valutazione del rischio oncogeno da esposizioni complesse di tipo occupazionale. Una consistente parte dei dati epidemiologici al riguardo indicava un eccesso di rischio per certi tumori particolari (vescica, stomaco, sangue e polmone) accumulato nei decenni precedenti. L'esistenza di un rischio genotossico per i lavoratori è sospettabile sia per l'elevata varietà di sostanze chimiche, spesso ricche di impurezze, impiegate nei cicli lavorativi sia per le complesse interazioni tra composti che si verificano durante le lavorazioni a caldo delle mescole, con conseguente formazione di nuove molecole.

Negli ultimi anni vi è stato, grazie ad una maggiore attenzione generale, un miglioramento delle situazioni di esposizione professionale, tuttavia, resta la necessità del controllo delle "basse esposizioni", problema sul quale è stata focalizzata l'attenzione del presente progetto e che trova puntuale riscontro nell'applicazione dei D.lgs 66/00 e 25/02.

Dall'analisi del ciclo produttivo del comparto, la vulcanizzazione risulta essere la fonte principale delle emissioni di sostanze volatili, sia per le alte temperature (oltre i 160°C), che per i tempi prolungati di permanenza al calore.

I fumi di vulcanizzazione sono una miscela complessa di sostanze che dipendono dalla natura del polimero lavorato, dagli additivi, dai distaccanti utilizzati e dai prodotti di decomposizione che si originano per effetto della temperatura.

I principali agenti chimici presenti sono i seguenti:

- ⇒ idrocarburi policiclici aromatici (IPA),
- ⇒ N-nitrosammine,
- ⇒ Etilentiourea,
- ⇒ Solfuro di carbonio,
- ⇒ Aldeidi,
- ⇒ Metalli pesanti
- ⇒ Sostanze Organiche Volatili (SOV);
- ⇒ 1,3-Butadiene;
- ⇒ Ammine aromatiche,
- ⇒ Para fenilendiammine (6PPD e IPPD);
- ⇒ Particelle Inalabili.

Sono stati monitorati, in base a criteri misti di pericolosità e abbondanza e di disponibilità strumentale dei laboratori d'analisi le seguenti sostanze pericolose:

- ⇒ idrocarburi policiclici aromatici (IPA),
- ⇒ Sostanze Organiche Volatili (SOV);
- ⇒ 1,3-Butadiene;
- ⇒ Para fenilendiammine (6PPD e IPPD);
- ⇒ Particelle Inalabili.

L'esposizione professionale riguarda principalmente le vie respiratorie degli addetti alle presse ed è relativa all'intero turno lavorativo di circa otto ore giornaliere.

3.2) Cenni sul rischio cancerogeno nell'industria della gomma

Il lavoro nell'industria della gomma comporta l'esposizione a numerose sostanze cancerogene per l'uomo.

I lavoratori che erano occupati negli anni '40 - '70 avevano un elevato rischio di cancro alla vescica associato alla esposizione alle ammine aromatiche.

Il gruppo di ammine aromatiche comprende molte sostanze cancerogene per la vescica: 2- naftilamina (CAS 91-59-8), 4- aminodifenile (CAS 92-67-1), benzidina, (CAS 92-87-5), 4- nitrodifenile (CAS 92-93-3).

In particolare per queste sostanze è intervenuto il decreto legislativo 77 del 1992, che ha recepito la direttiva europea 88/364/CEE. L'articolo 6, in particolare, fa divieto alla produzione e utilizzazione di tali sostanze, ad eccezione che siano presenti durante la lavorazione, o al termine di essa in concentrazione inferiore allo 0,1 % in peso.

Le leucemie ed i linfomi sono stati associati all'esposizione ai solventi (benzene e 1,3-butadiene), soprattutto in quei settori dell'industria della gomma dove si fa grande uso di mastice (es. calzature, tessili) e agli ftalati (plastificanti), utilizzati nei settori del riciclaggio, della riparazione dei pneumatici, della produzione della gomma sintetica e della vulcanizzazione.

I tumori all'apparato respiratorio sono associati sia ai prodotti di decomposizione termica degli oli aromatici, presenti nei fumi e vapori di vulcanizzazione (IPA - Idrocarburi Aromatici Policiclici) e nella presenza di nerofumo ad alto tenore di IPA nelle cariche, che

all'esposizione ad amianto contenuto (un tempo) nelle cariche ed oggi ancora nei materiali di coibentazione (ad esempio delle presse di vulcanizzazione o nei fasci tubieri di protezione degli impianti elettrici), ed infine anche come contaminante del talco usato come distaccante.

Vi sono, inoltre, indicazioni indirette di una possibile associazione causale tra esposizione a 1,3-butadiene ed insorgenza di carcinomi polmonari (senza distinzione di tipo istologico). Vi sono delle segnalazioni di un eccesso di tumori allo stomaco (rispetto ai valori medi attesi) forse per l'esposizione a nitrosoammine

Le nitrosoammine sono usate tal quali come materie prime ma possono anche derivare dalla decomposizione degli oli aromatici usati come distaccanti, o nelle lavorazioni che fanno uso di tecnologie con sali nitrosi e nitrici nelle quali si formano come sottoprodotti tossici.

Sempre per quanto riguarda il problema dei tumori nell'industria della gomma occorre tenere presente la questione dei monomeri contenuti come impurezze nelle materie prime (polimeri) usate. Si tratta di sostanza come l'acrilonitrile, il cloruro di vinile, l'epicloridrina, lo stirene, l'isoprene e il cloroprene. Per alcuni di questi: acrilonitrile, cloruro di vinile, stirene, epicloridrina e cloroprene, si tratta di sostanze a vario grado di cancerogenicità.

Questi monomeri presenti come impurezze possono liberarsi durante le fasi di lavorazione, in particolare per riscaldamento e per attriti .

Sono stati segnalati anche tumori cutanei nell'industria dei pneumatici, probabilmente per il contatto con prodotti contenenti benzo(a)pirene, idrocarburi policiclici aromatici (quali nerofumo o carbon black, che costituisce la carica rinforzante di maggiore impiego nelle mescole) e oli minerali usati come plastificanti.

L'industria della gomma è interessata alla applicazione del titolo VII del D.Lgs. 62694 relativo ai rischi cancerogeni.[9]

3.3) Esposizione a IPA

Per idrocarburi policiclici aromatici si intende una ampia gamma (circa 500) di composti organici con due o più anelli benzenici. Gli IPA si caratterizzano per il loro basso grado di solubilità in acqua, l'elevata capacità di aderire a materiale organico e la buona solubilità nei lipidi e in molti solventi organici.

Nello stampaggio della gomma, l'origine degli IPA è legata sia alla produzione per degradazione termica, sia alla liberazione in quanto già presenti nelle materie prime delle mescole in lavorazione nelle presse (oli minerali e nero di carbone).

A causa della natura cancerogena degli IPA, l'esposizione a tali composti dovrebbe essere ridotta al livello più basso possibile.

TABELLA 2: Classificazione e etichettatura degli Idrocarburi Policiclici Aromatici

INQUINANTE	CAS	FRASI DI RISCHIO	CANCEROGENICITÀ'		
			ACGIH	IARC	CEE
Acenaftene*	83-32-9	(R45 Cat.2-50-53*)		2A	(R45 *)
Acenaftilene*	208-96-8	(R36/37/38 *)			
Antracene*	120-12-7	(R20/21/22-42/43*)		3	
Benzo[a]antracene	56-55-3	R45-50-53	A2	2A	R45 C. cat 2
Benzo[a]pirene	50-32-8	R45 -46 60-61-50-53 R43	A2	2A	R45 C. cat 2
Benzo[b]fluorantene	205-99-2	R45-50/53	A2	2B	R45 C. cat 2
Benzo[ghi]perilene*	191-24-2	(R36/37/38 *)		3	
Benzo[k]fluorantene	207-08-9	R45-50/53		2B	R45 C. cat 2
Crisene	218-01-9	R45 -68 Mut.Cat.3-50/53	A3	3	R45 C. cat 2
Dibenzo[a,h]antracene	53-70-3	R45 -50/53		2A	R45 C. cat 2
Fenantrene*	85-01-8	(R45 -50/53 *)		3	(R45 C.cat 2 *)
Fluorantene*	206-44-0	(R20/21/22-40 *)		3	
Fluorene*	86-73-7	(R45 -50/53 *)		3	(R45 C.cat 2 *)
Indeno[1,2,3-cd]pirene*	206-44-0	(R45-50-53-36/37/38*)		2B	(R45*)
Naftalene	91-20-3	R40-22--50-53	A4	2B	R40 C. cat 3
Naftalene *	91-20-3	(R45-11-20/21/22-36/37/38-43-50-53*)			(R45 *)
Pirene*	129-00-0	(R22-36/37/38 *)		3	

*: IPA con classificazione **provvisoria** di pericolosità per gli effetti tossici a breve, a medio e a lungo termine, a cura del responsabile dell'immissione sul mercato di queste sostanze.[10]

3.4) Esposizione a IPPD e 6PPD

Le due ammine aromatiche attualmente più utilizzate nell'industria della gomma sono derivati della parafenilendiammina:

- ⇒ N-(1,3-dimetilbutil)-N'-fenil-p-fenilendiammina (6PPD),
- ⇒ N-isopropil-N-fenil-p-fenilendiammina (IPPD),

Tali sostanze sono impiegate come additivi nelle mescole per prevenire l'azione degenerativa degli agenti ossidanti e dell'ozono. La principale via di penetrazione nell'organismo è la cute, mentre la percentuale di assorbimento attraverso le vie aeree è indicata come meno rilevante. Data la loro azione irritante e sensibilizzante per la pelle occorre evitarne accuratamente il contatto cutaneo.

3.5) Esposizione a 1,3-Butadiene;

L'1,3-butadiene è un derivato del petrolio ed è largamente utilizzato nell'industria della gomma come monomero per la costituzione di elastomeri sintetiche e materiali plastici (omopolimeri e copolimeri).

Nel 1999, la IARC (International Agency for Research on Cancer, agenzia scientifica dell'Organizzazione Mondiale della Sanità avente sede a Lione-Francia) ha classificato l'1,3-butadiene nella categoria **2A** degli "**agente probabilmente cancerogeno per l'uomo**", così come la comunità europea lo ha classificato come cancerogeno di Categoria 1 R45 (può provocare il cancro).

Il valore limite di soglia indicato dall'ACGIH (TLV-TWA) per l'1.3-butadiene è di 4.4 mg/m³.

3.6) Esposizione a Particelle Inalabili

Studi di mutagenicità hanno dimostrato una maggiore attività mutagena del particolato presente nell'industria della gomma, sia come derivante dai reparti di miscelazione che da quello generato dalle lavorazioni a caldo (in particolare miscelazione, banbury e vulcanizzazione). [w]

Per quello che riguarda i fumi di vulcanizzazione esiste un limite di esposizione espresso come frazione estraibile in cicloesano (HSE) di 0,6 mg/m³, parametro che, per motivi tecnici, non è stato possibile verificare.

Nel particolato sono contenuti i principali IPA classificati come cancerogeni dalla CE (R45) o come probabili o possibili cancerogeni dalla IARC. Sono anche presenti, se utilizzati nel ciclo produttivo, alcune ammine aromatiche quali IPPD e 6PPD. Queste sostanze al momento non classificate cancerogene, possono comunque liberare a caldo altre ammine aromatiche sia per degradazione termica sia perché eventualmente presenti come impurezze di sintesi.

Il valore delle polveri inalabili può essere utilizzato come indice dell'efficienza dei sistemi di prevenzione messi in atto dalla ditta (aspirazioni generali e localizzate), in un confronto relativo tra le diverse realtà del comparto. Il confronto con il limite per le polveri non diversamente classificate (TLV-TWA 10 mg/m³) ha quindi puro valore indicativo perché il settore produttivo della gomma pur non essendo contraddistinto da una elevata polverosità (in genere inferiore ad 1 mg/m³), è caratterizzato da una importante pericolosità chimica non riconducibile ad una unica specie o famiglia chimica.

Inoltre le sostanze contenute nel particolato possono penetrare nell'organismo umano attraverso la pelle, che assume, soprattutto con basse dosi inalatorie, un ruolo importante nella definizione della dose espositiva in questo comparto. [4,5,6,7]

3) IMPIANTI DI VULCANIZZAZIONE

Lo stampaggio e la vulcanizzazione della gomma viene realizzata mediante delle presse.

Le presse a iniezione sono i macchinari maggiormente in uso per la trasformazione della gomma. Attraverso tale tecnologia, i manufatti in gomma vengono prodotti mediante l'iniezione di materia prima allo stato fuso, a temperatura e pressione controllate, all'interno della cavità di uno stampo che riproduce le dimensioni e la forma dell'oggetto da produrre. Tali macchine hanno il vantaggio di produrre grandi quantità di prodotto in brevi tempi di ciclo ed una precisa e costante riproduzione del pezzo.

Lo stampaggio a compressione si basa su un principio diverso da quello ad iniezione. La gomma, sotto forma di una dose precalibrata in peso, viene immessa all'interno della cavità nel momento in cui lo stampo è aperto, dopodiché le due parti dello stampo si chiudono comprimendo l'elastomero e dando così forma all'oggetto da produrre.

Lo stampaggio a iniezione è la tecnologia più diffusa nel comparto visionato. Sono presenti 78 presse , di cui 77 ad iniezione e 1 a compressione.

Sia le presse ad iniezione che a compressione presentano modelli verticali e orizzontali.

Il modello più diffuso nel settore in studio sono le presse verticali con 64 presse, mentre, le presse a iniezione orizzontali, presenti solo in una ditta, risultano 14.

Alcuni modelli di presse permettono l'automazione della fase di estrazione del pezzo caldo, limitando così l'intervento dell'operatore. Questo è stato osservato solo in due ditte delle otto controllate.

I modelli più vecchi prevedono lo slittamento verso l'esterno dello stampo per consentire l'estrazione dei pezzi vulcanizzati.

Nelle fotografie 1 e 2 sono illustrate i due diversi modelli di pressa: orizzontali e verticali.

Le presse di ultima generazione sono confinate su tutti i lati e sono dotate di un sistema di aspirazione dei fumi di vulcanizzazione posizionato in maniera tale da evitare che l'operatore ne venga investito durante la fase di estrazione dei pezzi di vulcanizzati e di pulizia dello stampo da eventuali eccessi di gomma.



FOTO 1: pressa ad iniezione orizzontale

Arpa Piemonte - Ente di Diritto Pubblico

SC20 Centro Regionale per l'Epidemiologia e la Salute Ambientale - SS 20.02 Igiene Industriale
Via Sabaudia 164, 10095 Grugliasco (TO) Tel 011 4028305 fax 011 2278429 - e-mail: epidemiologia@arpa.piemonte.it



FOTO 2: pressa ad iniezione verticale

Durante i sopralluoghi effettuali presso le ditte, sono state rilevate mediante check list, le principali caratteristiche tecniche delle presse presenti.

Nella tabella 3 viene riepilogata la situazione osservata.

Le caratteristiche tecniche esaminate sono:

- il confinamento della pressa;
- l'automazione delle diverse fasi;
- le aspirazioni dei fumi di vulcanizzazione;
- lo slittamento verso l'esterno dello stampo;

Sono state prese in considerazione queste particolari proprietà, in quanto influenzano in maniera significativa l'esposizione ai fumi di vulcanizzazione degli operatori.

TABELLA 3: caratteristiche degli impianti di vulcanizzazione nelle diverse ditte

Ditta	Presse Orizzontali	Presse Verticali	Confinamento Presse			Punti di aspirazione delle presse*					Slittamento stampo	Automazione pressa
			Totale	Parziale	Nessun confinamento	posteriore	laterale	superiore	frontale	nessuna aspirazione		
DITTA A		6	2	4		5	1				NO	NO
DITTA B		14	1		13	6	4	1	8		SI	NO
DITTA C	14		14					14			NO	SI
DITTA D		16	16				16				SI	NO
DITTA E		6		6			6				NO	NO
DITTA H		7	4	3		7					NO	SI
DITTA I		7	1	2	4	4	3		5	1	NO	NO
DITTA L		8	4	2	2	5	2		1		SI	NO
SOMMA	14	64	42	17	19							

*: Ogni pressa può avere più punti di aspirazione

5) METODI DI PRELIEVO E ANALISI

Sono stati eseguiti campionamenti di tipo ambientale e personale.

▪ Rilievi di tipo ambientale:

Vengono effettuati in postazioni fisse; la loro finalità è quella di valutare la diffusione degli inquinanti nei reparti e di consentire una mappatura dell'inquinamento nell'ambiente di lavoro.

▪ Rilievi di tipo personale:

Vengono effettuati applicando il mezzo di captazione direttamente sulla persona, in prossimità delle vie respiratorie, al fine di determinare l'esposizione dell'operatore alle sostanze inquinanti durante l'esecuzione delle varie mansioni.

Le linee di prelievo sono costituite dalle seguenti unità principali:

1. sistemi di captazione degli inquinanti (filtri in fibra di vetro, fiale di amberlite);
2. mezzi di aspirazione dotati dei seguenti accessori:
 - ⇒ regolatore di flusso;
 - ⇒ sensore di temperatura;
 - ⇒ temporizzatore.

Le attrezzature utilizzate, quali tubi e raccordi, sono realizzate con materiali inerti onde evitare fenomeni di contaminazione dei campioni.

Per il campionamento di inquinanti aerodispersi sono stati utilizzati i seguenti metodi di prelievo ed analisi:

5.1) Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Il metodo utilizzato è applicabile per la determinazione quantitativa della miscela dei sedici IPA indicati dall'EPA (Environmental Protection Agency): naftalene, acenaftilene, acenaftene, fluorene, fluorantene, fenantrene, antracene, fluorantene, pirene, benzo[a]antracene, crisene, benzo[b]fluorantene, benzo[a]pirene, dibenzo[a,h]antracene, benzo[g,h,i]terilene, indeno[1,2,3-cd]pirene.

La tecnica analitica impiegata per la determinazione degli IPA è stata la cromatografia liquida a elevate prestazioni (HPLC) con rivelatori ultravioletto/visibile a serie di diodi (UVDAD) e spettrofluorimetrico. Per il campionamento degli IPA particellari è stato utilizzato un flusso di aspirazione di 3 l/min e come sistema captante un filtro in fibra di vetro del diametro 37 mm; porosità 1µm mentre per la fase vapore si sono utilizzate fiale di amberlite e un flusso di aspirazione di 2 l/min.

5.1.1) Determinazione analitica degli Idrocarburi Policiclici Aromatici.

☐ Metodo analitico di estrazione

FIALE:

Si pone il supporto in amberlite della fiala in palloncini a cuore; si estrae con 10 ml di una miscela toluene/diclorometano 50:50 V/v.

FILTRI:

Si adagiano i filtri sul fondo di beute da 50 ml; si estrae con 20 ml di una miscela toluene/diclorometano 50:50 V/v.

Si lascia in bagno ad ultrasuoni per 5 minuti e poi in congelatore per 48 ore.

Trascorsi i due giorni sonicare nuovamente per 5 minuti, quindi risciacquare con circa due ml di miscela toluene/diclorometano. Si trasferisce la soluzione estraente in palloncini a cuore, insieme alle soluzioni di lavaggio e si concentra mediante un leggero flusso di azoto ad un volume di circa 1 ml.

☐ Purificazione dell'estratto

Si utilizzano delle colonnine in vetro SPE da 3 ml riempite con silice preventivamente disidratata in stufa a 200°C per 16 ore. Le colonnine sono condizionate con 4 ml circa della miscela estraente e successivamente si fa passare l'estratto concentrato nelle colonnine. Per ottenere un miglior recupero degli analiti dopo il passaggio dell'estratto concentrato si procede all'eluizione delle colonnine con ulteriori 3 aliquote da 3 ml di miscela estraente. Si evapora totalmente sotto leggero flusso di azoto e si riprende con 0.4 ml di soluzione H₂O/Acetonitrile 50:50 V/v.

☐ Condizioni strumentali

⇒ Cromatografo liquido HP 1100 con rivelatore DAD -UV-VIS e Fluorimetro equipaggiato con colonna cromatografica ChromSpher PAH part. 5 um, 250 mm X 4.6 mm o colonna equivalente.

⇒ Flusso: 2 ml/min

- ⇒ Condizioni di eluizione: da 0 a 4 min corsa isocratica con 55% Acetonitrile e 45% H₂O
da 4 a 16.50 min gradiente fino a 100% Acetonitrile
- ⇒ Durata corsa: 20 minuti
- ⇒ Iniezione: mediante autocampionatore con loop da 100 microlitri
- ⇒ Lunghezze d'onda di misura:

Tabella 4: lunghezze d'onda di misura degli IPA

ANALITA	RIVELATORE	Lunghezza d'onda di assorbimento (nm)	Lunghezza d'onda di eccitazione (nm)	Lunghezza d'onda di emissione (nm)
Naftalene	UV - Vis	220		
Acenaftilene	UV - Vis	230		
Acenaftene	UV - Vis	230		
Fluorene	UV - Vis	270		
Fenantrene	UV - Vis	250		
Antracene	Fluorimetro		340	425
Fluorantene	Fluorimetro		340	425
Pirene	Fluorimetro		340	425
Benzo(a)Antracene	Fluorimetro		340	425
Crisene	UV - Vis	270		
Benzo(b)Fluorantene	Fluorimetro		340	425
Benzo(k)Fluorantene	Fluorimetro		340	425
Benzo(a)Pirene	Fluorimetro		340	425
Dibenzo(a,h)Antacene	Fluorimetro		340	425
Benzo(g,h,i)Perilene	Fluorimetro		340	425
Indeno(1,2,3-c,d)Pirene	UV - Vis	250		

Il tracciato cromatografico esemplificativo di quanto si può ottenere con la procedura descritta è riportato di seguito in figura 1:

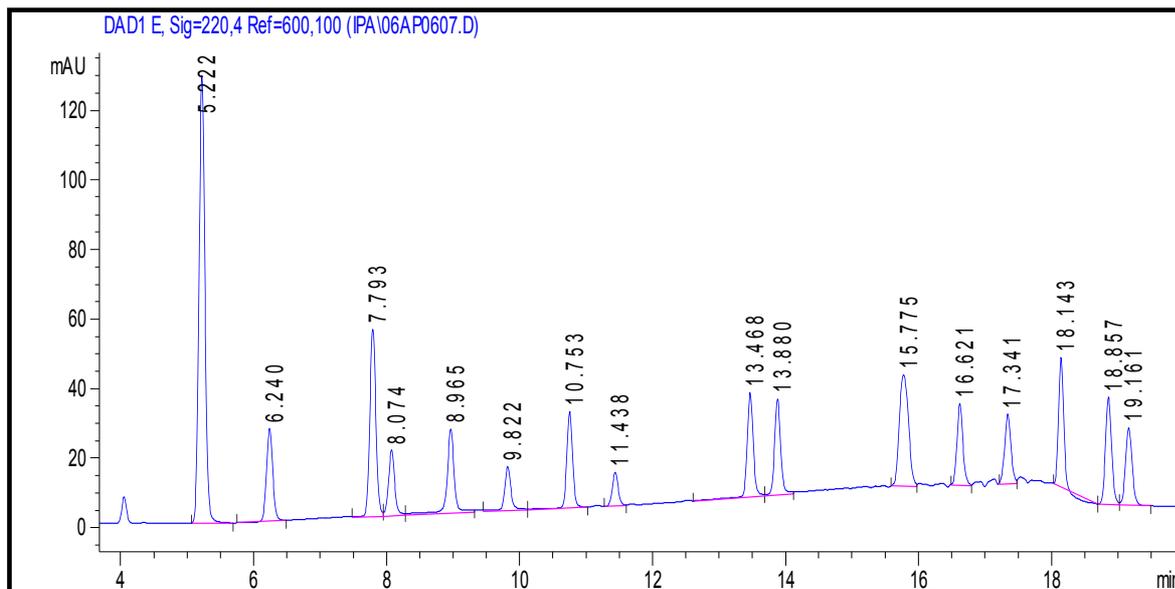


Figura 1: Cromatogramma relativo al rivelatore UV - Vis

il cromatogramma è relativo al solo rivelatore UV – Vis impostato a 220 nm; l’ordine di uscita degli analiti è lo stesso indicato nella tabella di cui sopra.

Nelle figure successive vengono mostrate a titolo di esempio due rette di calibrazione: quella denominata A è relativa agli analiti quantificati con il rivelatore UV – Vis il cui range è compreso tra 25 e 200 µg/l, la B è relativa agli analiti quantificati mediante fluorimetro; il range va da 0,5 a 50 µg/l.

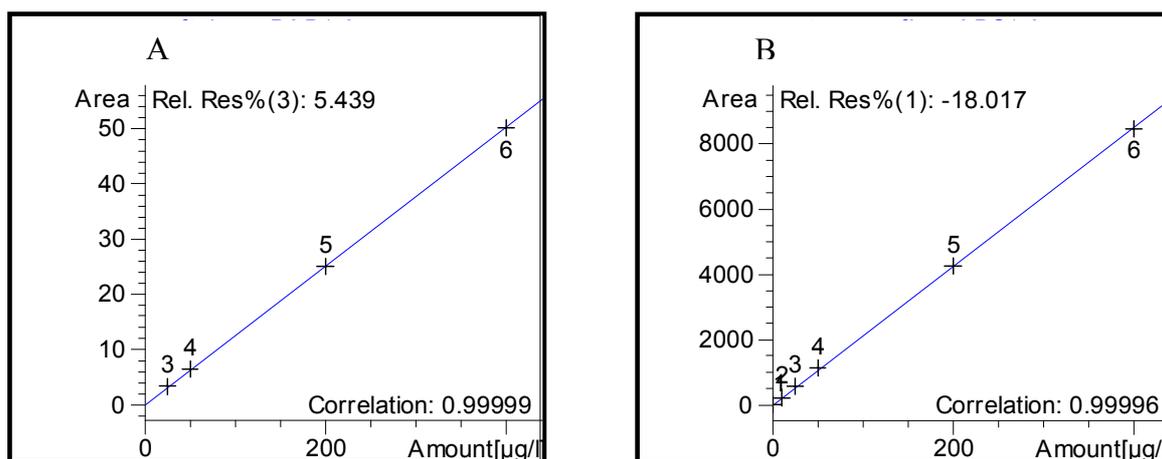


Figura 2: Rette di Calibrazione.

5.2) N-(1,3-dimetilbutil)-N'-fenil-p-fenilendiammina (6PPD) e N-isopropil-N-fenil-p-fenilendiammina (IPPD)

Captazione mediante filtrazione su membrana in fibra di vetro impregnata con una soluzione di acido fosforico (H_3PO_4) ad un flusso di aspirazione di 3 l/min e successiva analisi quantitativa con HPLC e rivelatore spettrofotometrico.

5.2.1) Determinazione analitica delle parafenilendiammine.

☐ Metodo analitico di estrazione

Il filtro in fibra di vetro impregnato prima del campionamento con 0,5 ml di H_3PO_4 0,26N viene posto in una beuta con tappo da 50 ml ed eluito con 2 ml di soluzione 75/25 (v/v) di tampone H_3PO_4 /acetonitrile. La soluzione eluente viene poi direttamente iniettata allo strumento.

☐ Condizioni strumentali

- ⇒ Cromatografo liquido HP 1100 con rivelatore DAD -UV-VIS equipaggiato con colonna cromatografica Alltima C18 part. 3 μ m, 150 mm X 4.6 mm o colonna equivalente.
- ⇒ Flusso: 0,5 ml/min
- ⇒ Condizioni di eluizione: a 0 minuti 75% Tampone H_3PO_4 e 25% Acetonitrile
a 10 min 100% Acetonitrile
- ⇒ Durata corsa: 10 minuti
- ⇒ Iniezione: mediante autocampionatore con loop da 20 microlitri
- ⇒ Lunghezza d'onda di misura: 290 nm.

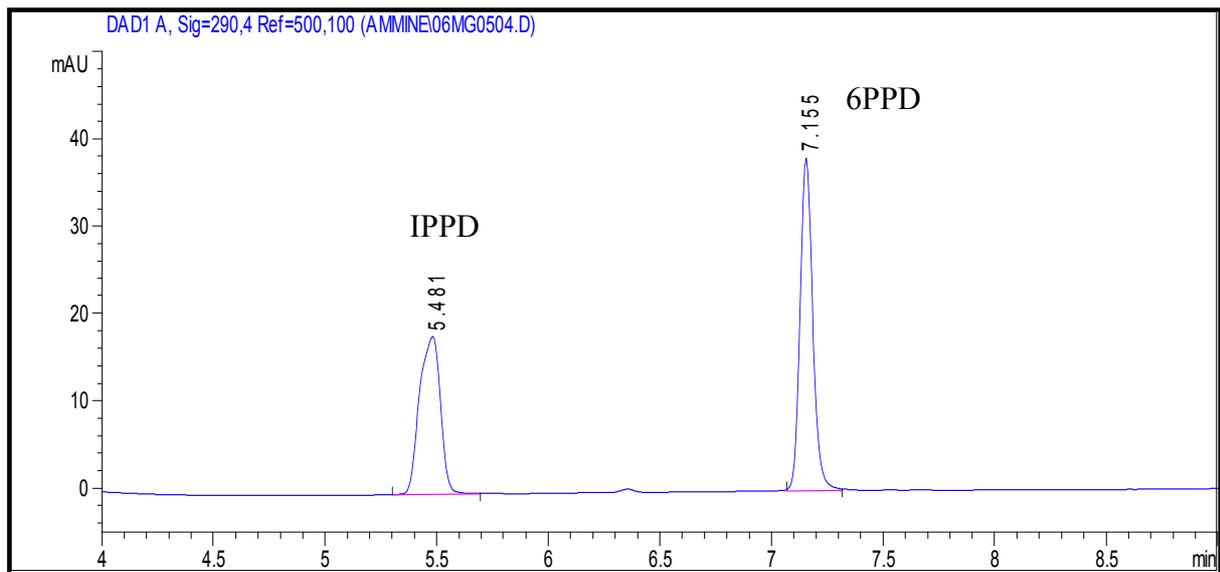


Figura 3: Cromatogramma relativo alle 2 parafenilendiammine di interesse.

Le rette di calibrazione, mostrate in figura 4, sono comprese tra 0.05 e 1 mg/l.

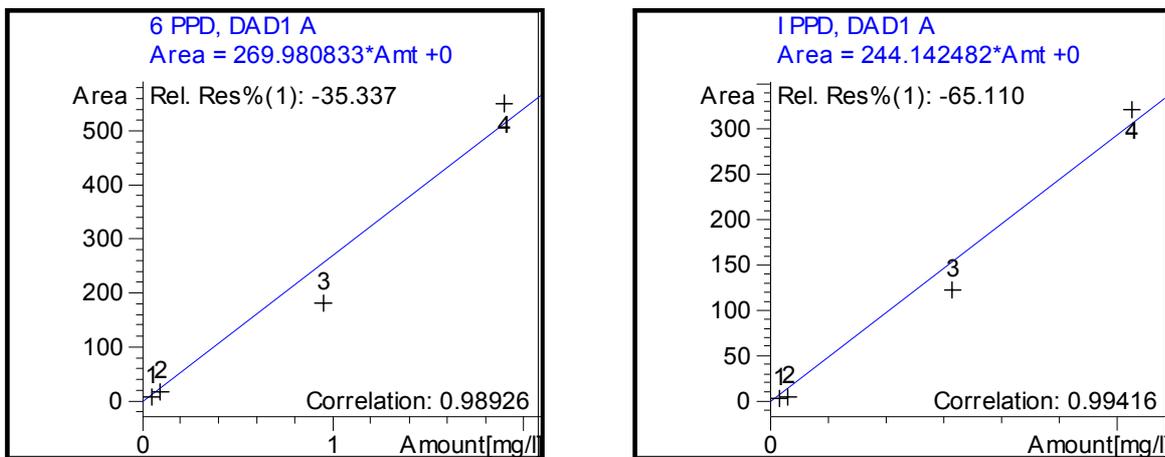


Figura 4: rette di calibrazione.

5.3) Particelle Inalabili

Captazione delle polveri per filtrazione su membrana di nitrato di cellulosa; determinazione gravimetrica dopo taratura e condizionamento della membrana.

La norma UNI-EN 481 del 1994, cui fa riferimento il D.Lgs 25/02, definisce la frazione inalabile delle particelle come “la frazione in massa delle particelle aerodisperse totali che viene inalata attraverso il naso e la bocca”, con diametro medio pari a 100 µm.

5.4) Sostanze organiche volatili - SOV

Si è proceduto con un adsorbimento su fiale di carbone attivo e successivo desadsorbimento con solfuro di carbonio. La quantificazione è stata eseguita mediante gascromatografia con spettrofotometro di massa.

I composti ricercati durante le analisi sono stati i seguenti: 1,1,1-tricloroetano, 1,2-dicloroetano, 1,3,5 –trimetilbenzene, Benzene, Cloroformio, Etilbenzene, Isobutilacetato, Isopropilbenzene, n-Butilacetato, n-Propilbenzene, Stirene, Tetracloroetilene, Toluene, T.ricloroetilene, Xileni.

5.5) 1,3-Butadiene

Captazione dell'aria ambientale in sacchi tedlar con flusso di aspirazione di circa 0.2 l/min e successiva determinazione quantitativa con tecnica gascromatografica e spettrofotometro di massa a trappola ionica.

Tabella.5: Classificazione ed etichettatura delle sostanze organiche volatili.

SOSTANZE ORGANICHE VOLATILI	CAS	FRASI DI RISCHIO	CANCEROGENICITA'		
			ACGIH	IARC	CEE
1,1,1,-Tricloroetano	71-55-6	R: 20-59	A4	3	
1,2-dicloroetano	107-06-2	R: 45-11-36/37/38-22	A4	2B	R45 Cat.2
1,3,5 -Trimetilbenzene	25551-13-7				
Benzene	71-43-2	R: 45-11-48/23/24/25	A1	1	R45 Cat.1
Cloroformio	67-66-3	R: 22-38-40-48/20/22-46	A3	2B	R40 Cat.3
Etilbenzene	100-41-4	R: 11-20	A3	2B	
Isobutilacetato	110-19-0	R: 11-66			
Isopropilbenzene (cumene)	98-82-8	R: 10-37-51/53-65			
n-Butilacetato	123-86-4	R: 10-66-67			
n-Propilbenzene	103-65-1	R: 10-37-51/53-65			
tirene	100-42-5	R:10-20-36/38	A4	2B	
Percloroetilene	127-18-4	R: 40-51/53	A3	2A	R40 Cat.3
Toluene	108-88-3	R: 11-20/48-38-63-65-67	A4	3	
tricloroetilene	79-01-6	R: 45-36/38-52/53-67-68	A5	2A	R45 Cat.2
Xileni	1330-20-7	R: 10-20/21-38	A4	3	
1,3-Butadiene	106-99-0	R: 45-46-12	A2	2A	R45

Le concentrazioni in aria sono così espresse:

- **Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)** in nanogrammi per metro cubo (ng/m³);
- **IPPD e 6PPD** in microgrammi per metro cubo (µg/m³);
- **Le sostanze organiche volatili (SOV), 1,3 Butadiene e le polveri inalabili** in milligrammi per metro cubo (mg/m³);

e sono normalizzate alle seguenti condizioni: **T = 298 K P = 1013 mbar.**

6) MONITORAGGI AMBIENTALI: RISULTATI

I dati raccolti sono stati trattati come relativi ad un **gruppo omogeneo di lavoratori esposti per le attività di stampaggio gomma**.

Si considera, quindi, valida l'ipotesi di una distribuzione dei risultati di tipo log-normale caratterizzata da una **Media Geometrica (MG)**, della quale si indicano anche gli **intervalli di confidenza (IC) al 90%** tramite **test T di Student**, la **deviazione geometrica standard (DGS)** e il valore del **95° percentile**.

Nella tabella 6, sono riportati i risultati di tutti i prelievi personali di **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)**, eseguiti sugli addetti delle presse di tutte le ditte del comparto in studio.

Nella prima colonna della tabella sono riportate le somme dei 16 composti ricercati per ogni prelievo. Viene inoltre riportato il valore della somma dei 6 composti classificati ufficialmente R45, e il valore del BaP per ogni campione

Nella tabella 7, sono riportati i risultati delle elaborazioni statistiche dei dati della tabella 6.

TABELLA 6: campioni personali di IPA degli addetti alle presse

NUMERO CAMPIONE	IPA TOTALI ng/m ³	IPA R45 ng/m ³	BaP ng/m ³
1	1151	25	1,1
2	650	16	1,0
3	929	25	0,8
4	1180	418	9,6
5	912	21	1,0
6	826	14	0,5
7	578	8,0	0,3
8	175	4,0	0,1
9	109	6,0	0,2
10	350	15	1,1
11	116	9,7	0,7
12	183	4,9	0,2
13	1100	13	2,0
14	566	15	2,1
15	412	12	2,5
16	267	14	2,7
17	371	8,7	0,9
18	112	2,4	0,2
19	2221	8,9	0,2
20	81	7,0	0,3
21	210	10	0,3
22	559	9,0	0,3

TABELLA 7: elaborazione statistica dei campioni personali di IPA degli addetti alle presse

	IPA TOT	IPA R45	BaP
Numero campioni	22	22	22
MEDIA ARITMETICA (ng/m ³)	594	30	1,3
MEDIA GEOMETRICA (ng/m ³)	410	12	0,7
IC 90%	291-576	8-17	0.4-1.0
DSG	2,5	2,7	3,1
95°PERCENTILE (ng/m ³)	1179	25	2.7
VALORE MINIMO (ng/m ³)	81	2,4	0,1
VALORE MASSIMO (ng/m ³)	2221	418	9,6

I valori di IPA TOTALI (somma dei sedici IPA ricercati) a cui sono esposti i pressisti del comparto sono compresi tra 81 e 2221 ng/m³, con valori di media geometrica di 410 ng/m³ (IC 90% 291-576) e con una deviazione geometrica standard DGS pari a 2.5.

La percentuale di IPA cancerogeni (R45) rispetto agli IPA totali è di circa il 2,9%.

Tali valori sono sicuramente da ritenersi superiori ai valori ai quali è esposta la popolazione generale.

In tabella 8 si riportano i dati delle medie annuali di IPA (ng/m³) caratteristici per un certo numero di siti in Europa tratta da "Ambient Air Pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)-Position Paper Annexes" July 27th 2001, the Working Group On Polycyclic Aromatic Hydrocarbons.

Tabella 8: Sintesi di dati tipici europei di concentrazione di IPA espressi in ng/m³ come medie annuali.

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	SITI DI FONDO	SITI RURALI	SITI URBANI	SITI URBANI CON INTENSO TRAFFICO
Acenaftilene	0.01	0.3-2.6		
Acenaftene	0.01			
Antracene	n.d. ¹	0.04-15		0.2-0.6
Benzo (a)antracene	0.001 -0.02	0.01-0.9	0.2-1.3	0.6-4.2
Benzo (a)pirene	0.02	0.02-1.6	0.4-2	0.7-3.1
Benzo (b)fluorantene	0.001-0.01	0.04-0.6		
Benzo (ghi)perilene	0.01	0.15-1.0	0.5-2.8	1-4.7
Benzo (k)fluorantene		0.04-0.32	0.2-1	
Crisene		0.02-4.4	0.3-2.2	
Dibenzo (a,h)antracene	n.d. ¹	0.02-1.1	0.06-0.3	0.1-0.4
Fenantrene	0.1-0.3	0.42-150		
Fluorantene	0.14	0.04-7.4		
Fluorene	0.2-0.4	0.3-46		9.9-16.7
Indeno[1,2,3-cd]pirene	0.02-0.04	0.04-0.21	0.3-2.1	1.3-2.6
Naftalene	1-2.5	0.3-10		
Pirene	0.08	0.1-6.1	0.24-1.2	9.2-15

¹ non determinato

Nella tabella 9 sono riportati i dati di **polveri inalabili**, rilevati nei reparti di vulcanizzazione delle ditte del comparto. Sono inoltre riportati i risultati dell'elaborazione statistica dei relativi dati.

TABELLA 9: campioni di polveri inalabili degli addetti alle presse

NUMERO CAMPIONE	Polveri inalabili (mg/m ³)
1	0,61
2	0,55
3	0,70
4	0,51
5	0,71
6	0,25
7	0,41
8	0,31
9	0,30
10	1,4
11	1,1
12	0,80
13	1,9
14	0,90
15	0,90
16	0,40
17	0,42
18	0,29
19	0,41
20	0,28
21	1,3
22	0,62
23	1,12
24	0,71
25	0,44
26	0,87
27	0,21
28	0,24
29	0,19
30	0,21

Numero campioni	30
MEDIA ARITMETICA (mg/m ³)	0,64
MEDIA GEOMETRICA (mg/m ³)	0,53
IC 90% (mg/m ³)	0,43-0,63
DSG	1,9
95°PERCENTILE (mg/m ³)	1.36
VALORE MINIMO (mg/m ³)	0,19
VALORE MASSIMO (mg/m ³)	1,9

I valori di polveri inalabili rilevati nei reparti di vulcanizzazione delle ditte del comparto sono compresi tra 0.19 e 1.9 mg/m³, con valori di media geometrica di 0.53 mg/m³ (IC 90% 0.43-0.63 mg/m³) e con una deviazione geometrica standard DGS pari a 1.9.

Infine nella tabella sottostante sono riportati i valori di **parafenilendiammine (6PPD e IPPD)** ottenuti per le ditte del comparto:

TABELLA 10: campioni di parafenilendiammine per le ditte del comparto

NUMERO CAMPIONE	TIPOLOGIA DI CAMPIONE	6 PPD (µg/m ³)	IPPD (µg/m ³)
1	P	< 0,10	37,5
2	P	< 0,10	307
3	A	< 0,10	< 0,10
4	A	< 0,10	0,30
5	P	< 0,10	< 0,10
6	A	< 0,10	< 0,10
7	A	< 0,10	< 0,10
8	A	0,18	374
9	P	< 0,10	12
10	P	< 0,10	73
11	P	< 0,10	28
12	A	0,11	7,8
13	A	0,14	1,9
14	A	0,16	3,4
15	P	< 0,10	< 0,10
16	P	< 0,10	< 0,10
17	P	< 0,10	< 0,10
18	A	< 0,10	< 0,10
19	A	< 0,10	< 0,10
20	A	< 0,10	< 0,10
21	P	2,92	< 0,10
22	P	2,86	0,30
23	P	< 0,10	< 0,10

I dati ottenuti, come si può notare dalla diversa tipologia di campionamento, non sono rappresentativi di un gruppo omogeneo per cui non possono essere sottoposti ad elaborazione statistica; in ogni modo si evince, laddove le due sostanze sono presenti in

concentrazione maggiore al limite di rilevabilità strumentale, una netta predominanza della IPPD rispetto alla 6PPD. Questo dato, trova ulteriore conferma dal confronto dei dati in tabella con le schede di sicurezza delle mescole in uso nelle giornate di campionamento: per ogni miscela usata si è trovato nella corrispondente scheda un tenore di IPPD intorno al 3%, mentre non è emerso nessun dato rilevante per quanto riguarda la 6PPD. Riportiamo in un istogramma l'andamento dei valori della IPPD nei campioni prelevati presso le ditte, (fig.5).

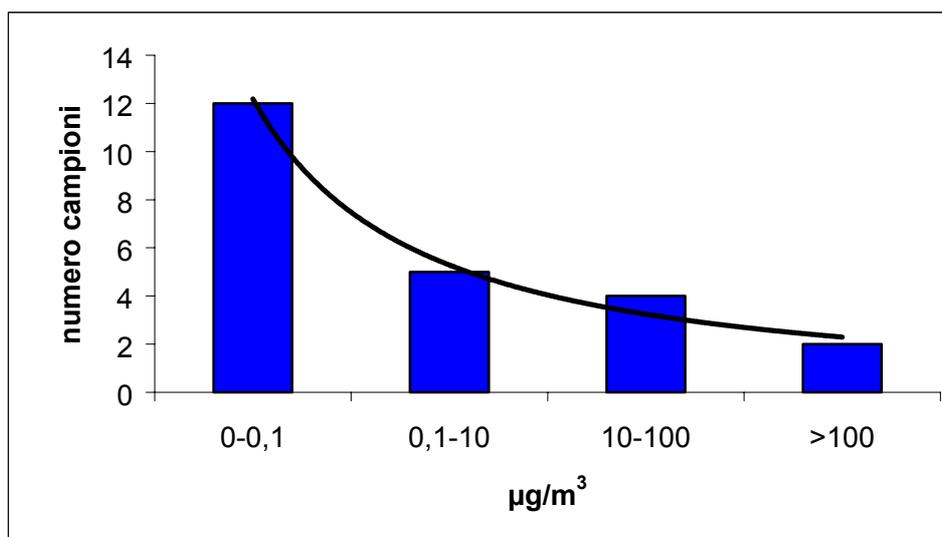


Fig. 5: distribuzione dei valori di IPPD rilevati

I valori di IPPD relativi ai campionamenti personali indicano un livello di esposizione maggiore rispetto a quelli ambientali: questo indica l'obbligo da parte degli addetti del settore di utilizzare opportuni DPI per proteggersi da queste sostanze sensibilizzanti e irritanti.

Il monitoraggio ambientale delle **sostanze organiche volatili (SOV)** ha evidenziato una concentrazione negli ambienti di lavoro molto bassa con la maggior parte dei composti al di sotto dei rispettivi limiti di quantificazione. Inoltre non è stata rilevata la presenza di **1,3 Butadiene** nei reparti di vulcanizzazione delle ditte oggetto delle indagini.

7) CONSIDERAZIONI FINALI

Vengono qui riassunte le valutazioni tecniche su impianti e processi di lavorazione di tutte le ditte esaminate e sono elaborati alcuni indicatori desunti dai sopralluoghi con le concentrazioni misurate relativamente agli IPA.

L'attività di sopralluogo nelle singole unità produttive è stata finalizzata alla scelta dei punti di monitoraggio e alla raccolta di informazioni circa gli ambienti di lavoro, gli impianti di produzione, i sistemi di ventilazione adottati e le condizioni igienico ambientali dei reparti. Dette informazioni sono state elaborate e si è proceduto ad assegnare un punteggio compreso tra 1 e 4 per ogni criterio di valutazione considerati durante i sopralluoghi.

1	2	3	4
NEGATIVO	MEDIOCRE	SUFFICIENTE	BUONO

Per tutte le ditte si è espresso un giudizio sui seguenti criteri di valutazione:

- | | |
|------------|---|
| I | Presenza aspirazioni sulle presse; |
| II | Confinamento delle presse; |
| III | Geometria aspirazioni rispetto alla conformazione stampi e aspirazioni sorgenti secondarie; |
| IV | Stato degli impianti; |
| V | Percezione soggettiva della qualità ambientale. |

Nella tabella 11, sono riportati i punteggi attribuiti ad ogni criterio di valutazione alle singole ditte.

TABELLA 11: elaborazioni evidenze dei sopralluoghi.

DITTE	I	II	III	IV	V	PUNTEGGIO TOTALE	PUNTEGGIO MEDIO
DITTA H	4	4	3	3	4	18	3,6
DITTA A	4	4	3	3	3	17	3,4
DITTA C	4	4	3	3	3	17	3,4
DITTA L	3	3	3	2	3	14	2,8
DITTA E	4	1	2	2	3	12	2,4
DITTA B	4	1	2	1	1	9	1,8
DITTA D	4	1	2	1	1	9	1,8
DITTA I	3	2	2	1	1	9	1,8

Si è espresso un giudizio globale basato sulle informazioni acquisite nel corso dei sopralluoghi attraverso la sommatoria dei singoli punteggi e la media aritmetica finale.

Successivamente sono state messe la valutazione qualitativa delle evidenze dei sopralluoghi, espresse con il punteggio totale (o la media) con i valori della medie aritmetiche delle concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici totali (IPA TOTALI) e il valore massimo, misurati nelle singole ditte mediante prelievi di tipo personale (tabella 12).

TABELLA 12: confronto tra sopralluoghi e monitoraggi ambientali.

DITTA	PUNTEGGIO MEDIO	MEDIA ARITMETICA IPA(ng/m³)	VALORE MASSIMO IPA(ng/m³)
DITTA H	3,6	283	559
DITTA A	3,4	190	350
DITTA C	3,4	543	1100
DITTA L	2,8	910	1151
DITTA E	2,4	526	826
DITTA B	1,8	798	1180
DITTA D	1,8	1084	1913
DITTA I	1,8	1167	2221

Dal confronto emerge chiaramente come le condizioni osservate attraverso check list negli ambienti di lavoro, influiscono sul livello di esposizione professionale ad agenti chimici presenti o prodotti durante il ciclo produttivo.

Infatti, in linea generale si può affermare che c'è una buona correlazione tra l'efficienza dei sistemi di prevenzione adottati e la concentrazione di inquinanti aerodispersi: un punteggio maggiore ottenuto durante i sopralluoghi, corrisponde ad una concentrazione di IPA totali minore e quindi ad un'esposizione professionale più contenuta.

Sono quindi da considerare prioritari interventi di migliorie tecnologiche per le ditte B, D e I, in particolare per quanto riguarda il confinamento delle presse e i sistemi di aspirazione localizzati; più in generale per tutte le aziende si raccomanda una più attenta applicazione delle procedure di pulizia e manutenzione ordinaria degli impianti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] www.cdc.gov/niosh.
- [2] D.Lgs. 25 del 2002.
- [3] Norma UNI EN 689 - Guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategia di misurazione. 1997.
- [4] Vermeulen R, Bos RP, Pertijis J, Kromhout H. Exposure related mutagens in urine of rubber workers associated with inhalable particulate and dermal exposure. *Occup Environ Med*. 2003 Feb;60(2):97-103.
- [5] Vermeulen R, Bos RP, de Hartog J, van Drooge H, Kromhout H. Mutagenic profile of rubber dust and fume exposure in two rubber tire companies. *Mutat Res*. 2000 Jul 10;468(2):165-71.
- [6] Fracasso ME . Exposure to mutagenic airborne particulate in a rubber manufacturing plant. *Mutat Res*. 1999 Apr 26;441(1):43-51.
- [7] Monarca S. Monitoring airborne genotoxicants in the rubber industry using genotoxicity tests and chemical analyses. *Mutat Res*. 2001 Feb 20;490(2):159-69.
- [8] ISPESL I profili di rischio nei comparti produttivi dell'artigianato, delle piccole e medie industrie e pubblici esercizi: Gomma (vulcanizzazione)- Dr. P. Ricci – Responsabile SPSAL – ASL Mantova 2003.
- [9] www.cgil.it/salutesicurezza/Rischi%20da%20agenti%20chimici%20Manuale%20RLS.htm
- [10] La valutazione dell'esposizione inalatoria agli idrocarburi policiclici aromatici e alle polveri inalabili negli addetti alla pavimentazione stradale: l'esperienza di Modena. *Risch-Bitumi* 14 ottobre 2004.

I RISCHI PER LA SALUTE NELL'INDUSTRIA DI PRODUZIONE DI PNEUMATICI

di G. Maina, F. Rossi

Dipartimento di Traumatologia Ortopedia e Medicina del Lavoro. Università di Torino
SCDU Tossicologia ed Epidemiologia Industriale

I rischi occupazionali presenti nella produzione di pneumatici sono di complessa definizione a causa della contraddittorietà dei risultati delle indagini epidemiologiche e delle ricerche igienistico-industriali condotte nei passati decenni. Il rischio da agenti chimici è stato ed è al centro dell'interesse della valutazione del rischio per la salute in questo settore produttivo sin dal 1982 quando la IARC pubblicava la monografia n° 28 dedicata al rischio oncogeno da esposizioni complesse nell'industria della gomma. L'esistenza di tale rischio è sospettabile sia per l'elevata varietà di sostanze chimiche, spesso ricche di impurezze, impiegate nei cicli lavorativi, sia per le complesse interazioni tra composti che si verificano durante le lavorazioni a caldo con conseguente formazione di nuove sostanze conosciute e non.

Innumerevoli sono gli agenti chimici utilizzati, la loro percentuale è variabile nella ricetta e l'esposizione dipende dalle temperature di lavorazione e dall'eventuale legame/ reazione con altre sostanze. Un esempio di agenti chimici utilizzati per migliorare le lavorabilità e la qualità del prodotto è riportato nella tabella 1.

Tabella 1

Acceleranti, Vulcanizzanti, Ritardanti, Antiossidanti	Fraasi R	N° CAS
Monosolfuro di tetrametilurame	R 22 – 43 - 51/53	97-74-5
Disolfuro di tetrametilurame	R 36/37 - 43 - 68	137-26-8
Tetrabuttiluramedisolfuro		1634-02-2
Dibenzotiaziledisolfuro (MBTS)		120-78-5
4,4? Ditiomorfolina		103-34-4
Zolfo eleato		7704-34-9
2-mercaptobenzotiazolo	R 43 – 50/53	149-30-4
2-metilmercaptobenzimidazolo		53988-10-6
Benzotiazolo-2-cicloesilsulfenamide		95-33-0
Etilentiourea	R 61 -22	96-45-7
N-isopropil-N'fenil-p-fenilendiammina	R 22 - 43	101-72-4
Miscela di diaril-p-fenilendiammina	R 43 – 52/53	68953-84-4
2,2,4 trimetil 1,1 diidrochinolina		67780-96-1
Difenilammina diottilata		101-67-7
Difenilammina alchilata		68411-46-1
Esametilentetrammina	R 11 – 42/43	100-97-00

Uno studio condotto nel 1987 dal NIOSH non ha osservato un aumento significativo di pneumoconiosi in 987 soggetti occupati in 9 stabilimenti di fabbricazione di pneumatici; altri studi (Alexandersson et al, 1986) hanno identificato nel naftalene-diisocianato (NDI) la causa della patologia respiratoria tra gli occupati di uno stabilimento di pneumatici in Svezia.

Il contributo dell'esposizione occupazionale alla patologia respiratoria non neoplastica (bronchite, enfisema, asma bronchiale) è stato analizzato in un recente studio di coorte olandese (Tabella 2, Tabella 3)

Tabella 2

Industry	Asthma symptoms OR (95% CI)	Bronchitis symptoms OR (95% CI)
Agriculture, forestry, fishing	0,24 (0,07 – 2,38)	0,58(0,14 – 2,43)
Construction	1,27 (0,28 – 5,81)	3,38(1,02 – 11,27)*
Paper and wood	1,01 (0,28 – 3,67)	0,78(0,24 – 2,57)
Glass, clay and stone	NC	NC
Metal	2,95 (2,77 – 11,23)#	3,17 (0,98 – 10,28)#
Machinery	0,99 (0,25 – 3,94)	1,58 (0,52 – 4,86)
Shipbuilding, motor vehicles, aircraft and other transportation methods	0,45 (0,08 – 2,53)	0,70 (0,20 – 2,40)
Food and Tobacco	0,79 (0,24 – 2,55)	1,08 (0,41 -2,84)
Textiles	0,51 (0,14 – 1,78)	1,02 (0,40 – 2,60)
Chemicals, druggs and paints	0,41(0,04 – 4,03)	0,57 (0,12 – 2,64)
Rubber, plastics and synthetics	4,44 (0,69 – 28,59)	6,52 (1,26 – 53,80)*
Fuel	1,01 (0,08 – 13,19)	1,11 (0,14 – 9,07)
Leather	1,08 (0,17 – 7,04)	0,51 (0,08 – 3,35)
Medicine and science	0,81 (0,31 – 2,08)	0,73 (0,35 – 1,52)
Entertainment and recreation	0,82 (0,16 – 4,25)	1,26 (0,32 – 4,96)
Printing	1,30 (0,15 – 11,32)	3,96 (0,85 – 18,48)*

Legenda # : 0,05 < p 0,10

* : p 0,05

Vermeulen et al. Environmental Health:2002; 1:5-16

Tabella 3

Industry	Classification	Asthma symptoms OR (95% CI)	Bronchitis symptoms OR (95% CI)
Construction	Duration <=20yrs	0,75 (0,15 – 3,75)	1,84 (0,56 – 6,55)
	Duration >=20yrs	1,43 (0,34 – 6,09)	2,25 (0,69 – 7,38)
	Time since first employment < 18 yrs	0,71 (0,15- 3,34)	1,56(0,47 – 5,23)
	Time since first employment > 18 yrs	1,65 (0,36 – 7,52)	2,86(0,78 – 10,51)
Metal	Duration <=20yrs	0,65(0,18 – 2,40)	0,53 (0,18 – 1,59)
	Duration >=20yrs	3,85 (0,98 – 15,13)#	5,28 (1,53 – 18,25)**
	Time since first employment < 18 yrs	0,95 (0,25 – 3,66)	0,80 (0,25 – 2,55)
	Time since first employment > 18 yrs	2,03 (0,55 – 7,55)	2,54 (0,80 – 8,05)
Rubber, plastics and synthetics	Duration <=20yrs	2,01 (0,31 – 13,21)	1,57 (0,28 – 8,98)
	Duration >=20yrs	5,81 (1,13 – 29,78)	6,401 (1,51 – 27,20)*
	Time since first employment < 18 yrs	3,71 (0,74 – 8,61)	2,92 (0,65 – 13,14)
	Time since first employment > 18 yrs	3,80 (0,36 -25,73)	5,21 (1,02 – 26,51)
Printing	Duration <=20yrs	1,14 (0,23 – 5,38)	1,47 (0,44 – 4,96)
	Duration >=20yrs	1,17 (0,19 – 7,11)	2,38 (0,62 – 9,05)
	Time since first employment < 18 yrs	0,83 (0,14- 5,11)	1,44 (0,38 – 5,50)
	Time since first employment > 18 yrs	1,57 (0,27-8,95)	2,66 (0,76 – 9,27)

Legenda # : 0,05 < p 0,10

* : p 0,05

** : p 0,01

Vermeulen et all. Enviromental Health:2002; 1:5-16

L'eccesso di patologia respiratoria non neoplastica è stata ricondotta all'esposizione ai fumi di gomma calda che si liberano nelle lavorazioni a caldo della miscela di gomma. Le lavorazioni nelle quali la miscela di gomma si riscalda per azione di frizione dovuta alla lavorazione stessa (le temperature massime raggiunte non superano i 110°C, essendo mediamente pari a 60 - 80 °C) sono:

- le varie fasi relative alla preparazione e ripresa delle mescole nei mescolatori chiusi (Banbury);
- la trafilatura (o estrusione);
- la calandratura;

- le varie fasi di taglio dei semilavorati (fogliette di gomma, tele gommate, trafilati, profilati).
- le lavorazioni di vulcanizzazione (le temperature sono mediamente di 140 - 160°C, massimo 220°C con apporto di calore esterno): sono particolarmente critiche le fasi di apertura degli stampi e di allontanamento dei pezzi già vulcanizzati ma ancora caldi e “fumanti”.

La composizione dei fumi di gomma calda è caratterizzata da una grande complessità e da una grande varietà di sostanze presenti, variando in rapporto alla formulazione della miscela e/o al processo di produzione e/o alla temperatura raggiunta.

I fumi di cottura e/o di gomma calda sono costituiti da due componenti: una frazione facilmente condensabile, che si ritrova sotto forma particellare o aerosolica insieme alle polveri inorganiche, ed una frazione volatile non condensabile presente quindi allo stato di vapore.

La frazione condensabile comprende due componenti:

a) una parte inorganica comprendente particolato minerale (es. ossido di zinco, ossido di ferro, ossido di magnesio), polveri ambientali, stearato;

b) una parte organica comprendente: zolfo, prodotti vari provenienti dagli elastomeri (bassi polimeri degli elastomeri), idrocarburi policiclici aromatici (IPA adsorbiti al particolato) di varia provenienza, alcuni additivi della gomma come gli antiossidanti (es. IPPD), gli acceleranti, i vulcanizzanti.

La frazione volatile di tipo vapore comprende costituenti ed impurità delle mescole, prodotti di degradazione termica o di ricombinazione (es. prodotti vari provenienti dagli elastomeri, in particolare monomeri come acrilonitrile estirene), oligomeri della gomma residui della polimerizzazione o prodotti della degradazione termica di alcuni elastomeri (es. dimeri dell'isoprene, isomeri del triisobutilene), solventi aromatici (toluene, etilbenzene, isopropilbenzene), zolfo, frazioni bassobollenti degli oli plastificanti da C8 a C14 (di tipo paraffinico o aromatico), IPA a basso PM (2-4 anelli aromatici) in fase vapore, additivi volatili o prodotti di decomposizione degli stessi.

Gli effetti sull'uomo dei fumi di gomma calda sono a tutt'oggi oggetto di studio. L'azione irritante dei fumi di gomma calda sull'apparato respiratorio sarebbe documentata dall'aumentata incidenza di sintomi di tipo respiratorio (tosse, escreato, episodi bronchitici) e di alterazioni della funzionalità polmonare (ostruzione moderata delle vie respiratorie con riduzione dei flussi e volumi polmonari conservati) osservata in soggetti professionalmente esposti ai fumi di gomma calda. In generale gli effetti dell'abitudine al fumo di sigaretta e

dell'esposizione lavorativa ai fumi di gomma calda appaiono essere additivi. Gli studi sperimentali di mutagenesi, ad oggi condotti, hanno evidenziato risultati variabili a seconda delle materie prime utilizzate nella produzione delle mescole di gomma e del livello delle misure di prevenzione ambientale adottate (aspirazioni localizzate, ricambi d'aria, automazione degli impianti, ecc.).

L'azione cancerogena dei fumi di gomma calda è oggetto di vari studi epidemiologici: ad es. è controversa la questione se l'esposizione lavorativa ai fumi di gomma calda possa costituire un aumento del rischio di neoplasie dell'apparato respiratorio (laringe e polmone).

Non esiste un valore limite di esposizione ai fumi di gomma calda come tali. I vari componenti dei fumi di gomma calda sono presenti nei fumi a livello di concentrazione molto basse variabili dai nanogrammi ai microgrammi per metro cubo d'aria campionata. Confrontando i valori rilevati per le sostanze per le quali è previsto un valore di TLV (ACGIH, OEL, OSHA, ecc.), si osserva che i valori rilevati nelle indagini di Igiene Industriale sono di gran lunga inferiori al più restrittivo dei limiti indicati. In assenza di un valore limite ambientale, per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai fumi di gomma calda si può ricorrere all'analisi puntuale delle diverse sostanze contenute nei fumi di gomma calda, come gli idrocarburi policiclici aromatici, gli antiossidanti, le ammine.

Bibliografia

Vermeulen R, Hederik D, Kromhout H, Smit HA. Respiratory symptoms and occupation: a cross-sectional study of the general population. *Env Health* 2002;1:5-16.

Alexandersson R, Gustafsson P, hedenstierma G, Rosen F. Exposure to naphthalene-diisocyanate in a rubber plant: symptoms and lung function. *Arch Environ Health* 1986;41:85-89.

International Agency for Research on Cancer. The rubber industry. Lion: IARC, 1982; IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Vol 28.