

# Opere di Asfaltatura: esposizione ad inquinanti particolati e misure di prevenzione

**Domenico Maria Cavallo**

Dipartimento di Scienze Chimiche ed Ambientali - Università degli Studi dell'Insubria (Como)

## **INTRODUZIONE**

L'Airborne Particulate Matter (PM), Particolato Aerodisperso rappresenta uno tra i più importanti inquinanti presenti in area urbana. Numerosi studi a livello mondiale hanno infatti dimostrato che l'inquinamento da particolato aerodisperso, ai livelli comunemente riscontrabili in molte aree urbane ed industriali, contribuisce in maniera significativa alla morbilità e mortalità nella popolazione generale, soprattutto per patologie cardio-respiratorie.

In generale il PM risulta costituito da una miscela eterogenea di numerose componenti e sia quelle maggioritarie che le componenti minoritarie mostrano variazioni geografiche in quantità e composizione abbastanza significative non adeguatamente riflesse nei risultati degli studi epidemiologici sugli effetti sulla salute. Infatti, anche se l'eterogeneità in composizione, distribuzione, dimensione e destino delle particelle di particolato atmosferico sia nota ormai da lungo tempo, i collegamenti statistici che legano la conoscenza del PM e gli effetti sulla salute si basano su concetti semplificati che spesso non tengono conto della composizione chimica. Uno degli obiettivi prioritari della ricerca in questo campo, è quello di capire se i meccanismi di tossicità delle particelle siano definiti in alcune particolari frazioni dimensionali (l'interesse si sta rivolgendo prevalentemente a quelle più fini) oppure sia la composizione chimica di queste l'elemento discriminante sulla tossicità. È per questo motivo che, specialmente negli ultimi anni, si sta assistendo all'approfondimento del "particle chemistry" nel "particle size".

L'atmosfera è rappresentabile come un sistema poli-fasico formato non solo da gas, ma anche da aerosol di liquidi e polveri finemente suddivisi. L'insieme di tutte queste particelle viene comunemente definita "Airborne Particulate Matter" (PM) ed è rappresentato da una variegata miscela di sostanze organiche ed inorganiche. A causa della complessa composizione quali-quantitativa dettata da parametri quali dimensione, composizione e origine del PM, il particolato aerodisperso è stato definito e classificato in vario modo.

Con il termine di "Total Suspended Particulate Matter" (TSP) si intende l'insieme delle polveri che vengono raccolte da un campionatore standard. Questo era il parametro che veniva valutato per la determinazione della esposizione totale alle polveri fino alla fine degli anni '80. A causa della complessità della composizione qualitativo-quantitativa e dell'importanza del dimensionamento delle particelle in relazione agli effetti sulla salute; per descrivere il particolato, sono state successivamente eseguite diverse classificazioni e denominazioni.

Un parametro indispensabile per la classificazione è rappresentato dal diametro aerodinamico ( $D_{ae}$ ), che è definito come diametro di una particella sferica equivalente di densità  $1 \text{ g/cm}^3$  che ha la stessa velocità di caduta per gravità della particella in esame.

Il diametro aerodinamico è un fattore estremamente rilevante ai fini delle differenti classificazioni in quanto esprime dirette relazioni con il trasporto e la deposizione delle particelle nell'aria, con la potenziale penetrabilità e sito di deposizione delle particelle all'interno dell'apparato respiratorio; con la composizione chimica e le sorgenti delle particelle primarie delle particelle.

È molto importante notare come le dimensioni delle particelle variano in un intervallo di quattro ordini di grandezza (da pochi nanometri a decine di micrometri), e come la massa e il numero di particelle tendono a dividerle in due macro-gruppi: "coarse mode" e "fine mode".

Partendo dal presupposto che la definizione del PM dovesse necessariamente comprendere entrambi (campionamento e aspetti fisiologici), nel 1989 da Sorerholm, propose di adottare come convenzione internazionale per l'International Organization for Standardization (ISO), quella definita dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) per l'European Committee for Standardization (CEN), che in base all'efficienza di campionamento, definisce:

- Frazione Inalabile: particelle raccolte con un diametro aerodinamico compreso tra 0 e 100  $\mu\text{m}$
- Frazione Toracica: particelle raccolte con un diametro aerodinamico compreso tra 0 e 30  $\mu\text{m}$
- Frazione Respirabile: particelle raccolte con un diametro aerodinamico compreso tra 0 e 10  $\mu\text{m}$

Secondo gli aspetti fisiologici dell'apparato respiratorio le particelle con un diametro aerodinamico compreso tra 0 e 0,2  $\mu\text{m}$  si comportano in modo simile ai gas, mentre le particelle con diametro aerodinamico compreso tra 0,2 e 0,5  $\mu\text{m}$  possono penetrare ed allo stesso modo essere espulse dall'apparato respiratorio. Il più significativo cambiamento alla proposta in accordo con il protocollo ISO/CEN consiste nell'incremento del punto medio di taglio per le polveri respirabili da 3,5 a 4,25  $\mu\text{m}$ . Se, quindi, le convenzioni di campionamento per le diverse frazioni inalabile, toracica e respirabile sono ormai da tempo internazionalmente riconosciute (CEN 1991, EN 481), si stanno sempre più rendendo necessari dei protocolli operativi per valutare la qualità di risposta dei campionatori ai livelli di prestazionali richiesti da tali normative.

Questa, tuttora, rappresenta una priorità molto importante a livello internazionale, necessaria al raggiungimento di quella armonizzazione e standardizzazione dei metodi di controllo e d'analisi che pone i suoi fondamenti nella conoscenza scientifica completa e nella comprensione approfondita sia delle strategie di misura, che dei metodi analitici, oltre che delle limitazioni ad essi associate.

Infatti, i campionamenti eseguiti attraverso differenti strumenti e metodi, diventano uno dei più importanti fattori limitanti sui risultati pubblicati negli studi scientifici: questi dati, infatti, vengono poi utilizzati anche nei numerosi studi di confronto, che spesso si ritrovano in letteratura, tra analisi gravimetrica dei PM, negli studi di caratterizzazione della morfologia e composizione, negli studi di tossicologia ed in quelli epidemiologici.

### **DESCRIZIONE DELLE SORGENTI E DEI PROCESSI DI FORMAZIONE**

Particolato sospeso è un termine utilizzato per descrivere solidi o liquidi finemente suddivisi sospesi nell'aria, originati da un grande numero di sorgenti naturali e antropiche. La maggior parte queste ultime risulta concentrata in zone ad elevata densità industriale e urbana: da qui nasce la definizione di particolato urbano che sembra presentare differenze trascurabili entro un raggio di 100 km dalle grandi metropoli urbane (escludendo la presenza di impedimenti come montagne tra i centri urbani e rurali. Un studio del 1993 [Hildemann (1993)] ha dimostrato che inceneritori di scala industriale, impianti di riscaldamento, e autoveicoli senza catalizzatore emettono soprattutto particelle con  $D_{ae}$  compreso tra 0,1-0,2  $\mu\text{m}$ , mentre il particolato emesso dai motori diesel risulta costituito di aggregati di particelle sferoidali ultrafini di carbone con  $D_{ae}$  intorno a 0,1  $\mu\text{m}$  ("nuclei"). Inoltre ciascuna delle sorgenti sopraccitate, a seconda del combustibile impiegato, emette particelle contenenti elementi chimici specifici che consentono di individuarne la provenienza. Le sorgenti di inquinamento del PM sono molteplici. Esse sono molto variabili sia per gli aspetti quantitativi (concentrazioni, massa, etc.) che per gli aspetti qualitativi (composizione, caratteristiche chimico-fisiche etc.). Il maggior contributo alla formazione

degli aerosol aerodispersi deriva fundamentalmente dalle sorgenti di combustione sia negli ambienti esterni, che in quelli di vita e di lavoro. L'energia richiesta per rompere queste particelle in particelle più a minor diametro aerodinamico aumenta al diminuire della dimensione delle particelle. Per questo motivo da questo tipo di processi si formano particelle con un  $D_{ae}$  in genere al massimo di 1  $\mu\text{m}$ . Per il particolato fine, con diametri aerodinamici inferiori ai 2,5  $\mu\text{m}$  invece, le fonti maggiori sono costituite, in ambiente esterno, soprattutto da processi incompleti di combustione (motori Diesel, combustione di legna), mentre in ambienti interni, da fumo di tabacco, impianti di riscaldamento (in particolare stufe a kerosene). Secondo recenti acquisizioni, la parte più fine del particolato è rappresentata in quantità importanti dagli aerosol di secondaria formazione (conversione gas-particella) e cioè da particelle derivanti da processi di combustione e da ricondensazione di vapori inorganici e metallici: è formato per lo più da solfati, nitrati, idrocarburi aromatici e carbone. Infatti, le particelle più piccole ("fine" e "ultra-fine mode") si formano direttamente da gas attraverso reazioni di nucleazione, o di ricondensazione di sostanze a bassa pressione di vapore provenienti per lo più da vaporizzazioni o combustioni ad alta temperatura (come nel caso degli ossidi di N, S; VOC;...) o da reazioni chimiche e fotochimiche in atmosfera che originano nuclei primari di aggregazione. I nuclei primari, a loro volta, o reagiscono dando luogo alla tipica serie di reazioni presenti in atmosfera ( $\text{SO}_2$  a dare  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{NO}_2$  a dare  $\text{HNO}_3$ ;  $\text{NH}_3$  a dare  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) generando in questo modo nuclei di formazione secondari che, coagulando tra loro, "nucleano" formando "cluster molecolari" con  $D_{ae}$  inferiori a 100 nanometri. Questi "cluster molecolari" possono proseguire il loro accrescimento mediante o processi di: coagulazione (combinazione di più particelle in una più grande) che risultano efficaci in caso di un elevato numero di particelle, o di condensazione (condensazione di gas o molecole allo stato di vapore sulla superficie di particelle già esistenti) consistenti in caso di elevate superfici disponibili. L'energia richiesta per entrambe le vie di formazione aumenta all'aumentare delle dimensioni delle particelle stesse. Per questo motivo da questi processi si vengono a formare particelle con  $D_{ae}$  in genere al massimo di 1  $\mu\text{m}$ . Sia per i processi di rottura meccanica che per quelli di condensazione e nucleazione, le particelle tendono ad accumularsi in un intervallo di diametri aerodinamici compresi tra 0,1 e 1  $\mu\text{m}$ , che per tale motivo viene definito "accumulation range".

Per quanto concerne la via inalatoria come principale via di esposizione, come discusso da Lippmann è importante sottolineare che, con normale inspirazione dal naso, le particelle si depositano a vario livello nelle vie respiratorie in base al loro diametro aerodinamico:

- la parte più grossolana delle particelle inalate ( $>10 \mu\text{m}$ ) si deposita, per lo più, sulla superficie delle prime vie aeree, cioè nella parte extratoracica del tratto respiratorio (al di sopra della laringe);
- le particelle con  $D_{ae}$  compreso tra 5-10  $\mu\text{m}$  si depositano nelle vie respiratorie con diametro più ampio (laringe, trachea, bronchi);
- le particelle con  $D_{ae}$  fino a 0,5-5  $\mu\text{m}$  si depositano nelle vie aeree in prossimità delle zone di scambio gassoso (alveoli);
- una parte estremamente fine può essere esalata per effetto dei moti Browniani, infatti si ipotizza che le particelle con  $D_a$  tra 0-0,2  $\mu\text{m}$  si comportino in modo simile ai gas.

Numerosi studi hanno dimostrato che non solo l'anatomia del tratto respiratorio e le modalità di respirazione (numero, volume, velocità degli atti respiratori), ma anche le caratteristiche della particelle (dimensione, forma, carica elettrica, densità, igroscopicità), condizionano sia l'immissione che la deposizione della particelle.

Respirando con la bocca, la deposizione extratoracica si riduce, mentre le deposizioni profonde aumentano notevolmente: questo fenomeno si verifica anche durante la conversazione.

Una volta penetrate e depositate all'interno del polmone, la maggior parte delle particelle possono essere rimosse attraverso diversi meccanismi, tra cui:

- attività mucociliare per la frazione insolubile depositata sulle vie aeree ciliate (ascensore muciliare);
- attività dei macrofagi alveolari;

Sebbene l'attività mucociliare venga generalmente effettuata nell'arco di 24-48 ore e l'attività di fagocitosi sia generalmente rapida, in presenza di particelle insolubili (biopersistenti) la rimozione dei macrofagi necessita di un tempo di emivita che da settimane, passa a mesi o ad anni.

### ***METODICHE DI CAMPIONAMENTO***

Durante le operazioni di asfaltatura, che si svolgono in ambiente esterno, è possibile che i lavoratori siano esposti ad un ambiente polveroso. Polverosità dell'aria si può presentare anche negli impianti di produzione sia durante il carico degli inerti nelle tramogge, sia per dispersioni accidentali di filler dalle tubazioni di raccordo (soprattutto durante le operazioni di riempimento dei silos).

Tra gli inquinanti particolati che originano dai processi di asfaltatura i più importanti risultano essere indubbiamente gli IPA. Gli IPA possono essere presenti in aria sia sotto forma di vapori che di aerosol, in funzione della tensione di vapore e delle condizioni di temperatura ambiente e del processo che si sta considerando, pertanto nella scelta della tecnica di campionamento si deve tenere in considerazione che una valutazione corretta deve prevedere l'analisi quantitativa sia della frazione adsorbita sul particolato che di quella in fase vapore.

Relativamente agli IPA adsorbiti è necessario procedere con le tecniche di campionamento messe a punto per la frazione inalabile del particolato aerodisperso, ciò al fine di considerare sia gli IPA che potenzialmente vengono assorbiti dai polmoni, sia quelli che invece raggiungono l'apparato digerente. Infatti la parte dimensionalmente più grande delle particelle solide in aria viene bloccata dalle prime vie aeree, viene generalmente deglutita e raggiunge l'apparato digerente, la frazione di dimensioni minori (frazione respirabile), comunque compresa nella frazione inalabile, raggiungerà invece i polmoni oppure, in caso di rimozione mucociliare, lo stomaco.

Gli IPA in fase vapore vengono invece campionati con tecniche differenti.

La durata del campionamento va individuata di volta in volta in funzione della possibile concentrazione degli IPA in aria e alla sensibilità (limite di rilevabilità) della tecnica di analisi utilizzata.

La **durata del campionamento** sarà, inoltre, condizionata dalla mansione svolta. Se il lavoro svolto non subisce variazioni nell'arco della giornata è sufficiente eseguire un campionamento per una durata pari alla metà del turno di lavoro, se invece, nell'arco della giornata vengono svolte attività diverse che possono comportare per l'addetto livelli differenti di esposizione il campionamento dovrà essere prolungato per tutto il turno di lavoro, oppure, nel caso in cui si volesse evidenziare quale delle attività comporta un maggiore rischio, si potrà eseguire un campionamento per ciascuna delle attività svolte.

Si ricorda inoltre che i metodi ufficiali per il campionamento e l'analisi prevedono un volume minimo di campionamento, ciò, in considerazione del fatto che anche il flusso di campionamento deve essere compreso in un certo intervallo, determinerà una durata minima del campionamento.

Relativamente al **flusso di campionamento** si possono fare considerazioni diverse nel caso di IPA in fase vapore e IPA su particolato aerodisperso.

Per il campionamento della fase vapore il flusso dipenderà dal sistema di captazione e sarà da considerarsi ottimale qualora garantisca la massima efficienza di cattura (determinazione sperimentale).

Per quanto riguarda invece il campionamento delle particelle inalabili il flusso di campionamento deve essere scelto in base al diametro dell'ingresso dell'aria in modo tale che sia garantita una velocità in ingresso pari a 1,25 m/s (che è considerata la velocità di ingresso nell'apparato respiratorio durante un atto respiratorio medio).

**Tabella 1:** parametri di campionamento indicati dai metodi ufficiali

<b>METODO</b>	<b>FLUSSO</b>	<b>Vmin</b>	<b>Vmax</b>	<b>N° BIANCHI sul campo</b>
NIOSH 5506 E 5515	2 l/min	200 l	1.000 l	3-10
NIOSH 5800	1-2 l/min	5 l	1.000 l	2-10
OSHA 58	2 l/min	960 l	----	1
EPA TO13	200-280 l/min	325 m <sup>3</sup>	----	1
PAH-BCMELP	200-280 l/min	325 m <sup>3</sup>	----	1
DM 159/94	70 m <sup>3</sup> /h	1680 m <sup>3</sup>	1680 m <sup>3</sup>	----

La frazione di IPA aerodispersa in forma particellare potrebbe essere campionata con metodi diversi: filtrazione, gorgogliamento, impatto e separazione granulometrica, sedimentazione, precipitazione elettrostatica, ecc. Nelle applicazioni pratiche, così come indicato dai metodi ufficiali, si utilizza la filtrazione su membrana. Le membrane possono essere costituite di diversi materiali tra cui le fibre di vetro o di quarzo, la fibra di vetro ricoperta di teflon, il teflon o l'argento.

Anche per il campionamento della frazione di IPA in fase vapore potrebbero essere utilizzati metodi diversi, nella pratica i metodi utilizzati prevedono l'adsorbimento degli IPA su un substrato solido.

Il sistema di captazione è generalmente costituito da una fiala contenente resina adsorbente oppure da un tampone di schiuma di poliuretano che può essere o meno contenuta in una fiala. Le resine adsorbenti che possono essere utilizzate sono di tipo diverso, ma quella indicata dai metodi ufficiali è la XAD2.

Nei casi in cui l'indagine preveda il campionamento di IPA sia in fase vapore che particellata, vengono utilizzati sistemi combinati. Sia i metodi ufficiali che quelli non ufficiali consigliano di mettere la fiala di captazione dei vapori in coda alla membrana. Un limite di questa disposizione può essere costituito dalla capacità della fiala di sostenere il flusso di campionamento necessario affinché la membrana catturi la frazione inalabile dell'aerosol. E' necessario mettere in evidenza che l'utilizzo dei sistemi combinati è consigliabile anche quando si vogliono determinare solo gli IPA ad elevato peso molecolare. Infatti, durante il campionamento su membrana, in funzione del volume campionato, del flusso e della temperatura, si può verificare lo "strippaggio" delle sostanze campionate dal substrato, pertanto se non si dispone a valle della membrana un sistema di captazione dei vapori, la frazione strippata sarà persa. Nella tabella che segue vengono riassunti i supporti di campionamento per gli IPA particolati e in fase vapore previsti dai metodi ufficiali.

**Tabella 2:** supporti di campionamento degli IPA previsti dai Metodi Ufficiali

<b>Metodo</b>	<b>Substrato di campionamento dell'aerosol</b>	<b>Substrato di campionamento dei vapori</b>
NIOSH 5506, 5515 e 5800	Membrana in teflon (politetrafluoroetilene) da 37 mm di diametro e 2 µm di porosità	Fiala di XAD 2 da 100mg/50mg front/back
OSHA 58	Membrana in fibra di vetro da 37 mm di diametro	Non previsto
EPA TO13	Membrana in fibra di quarzo privo di leganti da 105 mm di diametro	Fiala contenente schiuma di poliuretano di 3 pollici di spessore, di 6 cm di diametro e di densità 0,022 g/cm <sup>3</sup> Oppure Fiala contenente circa 55g di XAD 2 da 200 mesh
PAH-BCMELP	Membrana in fibra di quarzo privo di leganti da 105 mm di diametro	Fiala contenente schiuma di poliuretano di 3 pollici di spessore, di 6 cm di diametro e di densità 0,022 g/cm <sup>3</sup> Oppure Fiala contenente poliuretano + fiala contenente circa 55g di XAD2 da 200 mesh
ALLEGATO VII DEL DMA 159/94	Membrana in fibra di vetro privo di leganti di 20 x 25 cm	Non previsto

Il valore limite TLV-TWA, proposto dall'ACGIH (American Conference Governmental Industrial Hygienist), per la concentrazione della frazione inalabile delle polveri aerodisperse prive di specifica attività ("non altrimenti classificate") è pari a 10 mg/m<sup>3</sup>.

### ***POLVERI "NON ALTRIMENTI CLASSIFICATE" NELLE OPERE DI ASFALTATURA***

Tra le varie lavorazioni sicuramente la più esponente a questo tipo di rischio è la fase di fresatura, cioè la rimozione dello strato di asfalto da sostituire mediante scarificatrici dello strato di usura del manto stradale, dove possono essere raggiunti anche livelli di polverosità molto rilevanti ma sempre per tempi contenuti.

Per quanto riguarda invece le fasi di produzione e quelle di stesa dell'asfalto, nell'ambito dello studio PPTP-POPA la valutazione dell'esposizione a Particolato Totale Sospeso (PTS) di 100 asfaltatori mostra che le concentrazioni della frazione inalabile delle polveri aerodisperse nelle opere di asfaltatura sono in media inferiori 8-24 volte ai limiti proposti dall'ACGIH per polveri non altrimenti classificate. Una disamina per mansione evidenzia valori sostanzialmente sovrapponibili e senza differenze statisticamente significative tra gli addetti alla produzione, gli addetti alla vibrofinitrice, gli addetti al rullo, gli autisti e gli asfaltatori manuali, anche se il rischio pare lievemente maggiore negli addetti all'asfaltatura dei marciapiedi.

**CONCENTRAZIONI POLVERI INALABILI (mg/m<sup>3</sup>)  
RISCONTRATE NELLO STUDIO PPTP-POPA**

	Media	Deviazione Standard	Mediana	Minimo	Massimo
<b>Addetto impianto di produzione</b>	0,90	0,25	0,89	0,01	1,79
<b>Asfaltatore autista</b>	0,46	0,13	0,26	0,02	1,25
<b>Asfaltatore manuale strade</b>	0,56	0,11	0,20	0,01	2,57
<b>Asfaltatore manuale marciapiedi</b>	1,28	0,35	1,29	0,40	4,07
<b>Addetto al rullo</b>	0,42	0,11	0,24	0,01	1,53
<b>Addetto alla vibrofinitrice</b>	0,50	0,17	0,27	0,04	1,76
<b>TOTALE INDAGINE</b>	<b>0,54</b>	<b>0,09</b>	<b>0,22</b>	<b>0,01</b>	<b>4,07</b>

Per le operazioni di stesa, dunque, si ritiene il rischio presente in forma variabile a seconda delle diverse tipologie di cantiere e delle condizioni meteorologiche, ma comunque basso. Ai fini della valutazione del rischio, occorre tuttavia sottolineare che le misurazioni sono state condotte su lavoratori che operavano alla stesa di asfalto in campo aperto in condizioni standard (alta pressione, bava di vento a direzione variabile secondo la scala di Beaufort, umidità relativa intorno al 50%, ecc.). Non si può quindi escludere che situazioni di lavoro particolari, quali ad esempio quello in ambiente interrato o chiuso (gallerie, ecc.), possano portare ad un accumulo di polvere meritevole di più approfondita valutazione.

**INDICAZIONI DI PREVENZIONE**

Per quanto riguarda le fasi di produzione e quelle di stesa dell'asfalto, considerando la presenza di un rischio da polveri in genere basso, si rende opportuno seguire le norme di igiene senza la necessità di fornire ai lavoratori dispositivi di protezione individuale per la protezione delle vie respiratorie. In particolare negli impianti di produzione le tramogge devono essere costruite in modo da evitare la diffusione di polveri, il carico del filler all'interno del silos deve essere effettuato a ciclo chiuso ed in estate può rendersi utile bagnare il piazzale di lavoro con acqua. Non si può escludere che situazioni di lavoro particolari, quali ad esempio la stesa in ambiente interrato o chiuso (gallerie, ecc.), possano portare ad un accumulo di polvere meritevole di interventi preventivi mirati quali l'applicazione di idonei sistemi di ventilazione forzata o di aspirazione e l'utilizzo di protezioni personali delle vie respiratorie quali facciali filtranti antipolvere di classe 1. Nel caso la valutazione del rischio evidenzi la necessità di proteggere le vie respiratorie anche

dalla presenza di consistenti concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici, i lavoratori devono indossare un facciale filtrante antipolvere di classe 2 con filtro in carbone attivo (FFP2SL), sostituito dopo ogni turno di lavoro o dopo tre se dotato di bordo di tenuta.

Diversa la situazione delle lavorazioni di fresatura, cioè la rimozione mediante scarificatrici dello strato di usura del manto stradale da sostituire, dove possono essere raggiunti, per brevi periodi di esposizione, anche livelli di polverosità molto rilevanti ed è sempre necessario per i lavoratori l'utilizzo di facciale filtrante antipolvere di classe 1, sostituito dopo ogni turno di lavoro e dopo 3 se dotato di bordo di tenuta. Indicata, per una notevole riduzione del rischio in questa fase lavorativa (evitando pertanto la necessità di utilizzo di facciale filtrante), è la copertura del nastro trasportatore della scarificatrice con idonee protezioni, che impediscano la dispersione di polvere nell'aria.