

**VENTILAZIONE E DEPURAZIONE DELL'ARIA
NEGLI AMBIENTI DI LAVORO**

Scheda tecnica n. 5

**IMPIANTI DI VENTILAZIONE
NELLE LAVORAZIONI
CON MACCHINE UTENSILI**

A cura di:

Arcari Claudio

Ferdenzi Patrizia

Tolomei Stefano Radames

Veronesi Carlo

S.P.S.A.L. Azienda U.S.L. di Piacenza

S.P.S.A.L. Azienda U.S.L. di Reggio Emilia

S.P.S.A.L. Azienda U.S.L. di Parma

S.P.S.A.L. Azienda U.S.L. di Reggio Emilia

Luglio 1994

1. PREMESSA.

- 1.1.** Il presente documento ha lo scopo di servire da riferimento per coloro che si occupano del controllo dell'inquinamento dell'aria negli ambienti di lavoro mediante impianti di aspirazione e di diluizione degli inquinanti aerodispersi nelle lavorazioni con macchine utensili.
- 1.2.** In questo documento ci si occupa esclusivamente dei criteri alla base della scelta degli impianti di ventilazione e delle caratteristiche che tali impianti devono possedere; non ci si occupa invece dei problemi di ordine tossicologico, dei relativi cicli tecnologici e dei livelli di esposizione rilevati nel comparto.
- 1.3.** I criteri di ventilazione riportati permettono di limitare la concentrazione degli inquinanti e di ottenere che, nella maggior parte dei casi, non vengano superati i valori limite di esposizione. In caso di procedimenti di lavorazione o materiali speciali o nuovi e in caso di condizioni o circostanze particolarmente sfavorevoli, possono essere necessarie misure più restrittive per il mantenimento di concentrazioni inferiori ai valori considerati accettabili.
- 1.4.** Le indicazioni presentate sono suscettibili di evoluzioni nel corso del loro utilizzo in base alle esperienze acquisite, ai risultati di nuovi studi condotti su questo tema e alle future modifiche apportate alla normativa vigente.
- 1.5.** L'espulsione delle nebbie di olio deve avvenire all'esterno senza ricircolo dell'aria (v. scheda tecnica n. 1 "Il ricircolo dell'aria") nel rispetto della normativa nazionale e locale vigente relativa all'inquinamento atmosferico.
- 1.6.** Le schede qui riportate vogliono essere uno strumento ed un riferimento nella valutazione degli impianti di ventilazione necessari in questo comparto; esse non sostituiscono un progetto applicativo specifico. Si sottolinea infatti come ogni impianto debba essere progettato, in ogni caso particolare, da tecnici esperti oltre che in impiantistica anche in igiene industriale; ciò al fine di avere un impianto che oltre ad essere efficiente (rispondente al complesso di regole di fluidodinamica e di igiene industriale) sia anche efficace (capace di ridurre l'esposizione professionale dei lavoratori anche in relazione al modo in cui esso viene utilizzato).
- 1.7.** Le portate proposte non garantiscono sempre e comunque il controllo dell'esposizione professionale, ma sono da intendersi come orientamento per una corretta progettazione degli impianti nelle condizioni di lavoro normalmente presenti nelle aziende di questo comparto alla data di pubblicazione. In caso di lavorazioni particolarmente inquinanti è necessario apportare correzioni a tali portate mediante opportune considerazioni igienistiche.
- 1.8.** E' importante notare che infruttuosi risultati possono derivare dal non rispetto delle regole comportamentali per l'utilizzo corretto degli impianti.
- 1.9.** Poichè l'esistenza di un buon impianto di ventilazione non garantisce di per sè il totale controllo dell'inquinamento, ogni valutazione sulle condizioni di lavoro deve basarsi su monitoraggi dei livelli di esposizione professionale e su considerazioni di carattere igienistico.

2. CENNI TOSSICOLOGICI E VALORI LIMITE.

Il rischio per la salute derivante dall'esposizione ad oli lubrorefrigeranti è legato:

- ai procedimenti di raffinazione a cui l'olio è stato sottoposto;
- agli additivi che vengono aggiunti all'olio base;
- alle modalità con cui viene utilizzato ed alle misure di protezione che sono intraprese.

I procedimenti di raffinazione spinti (estrazione con solvente, trattamento severo all'idrogeno) permettono di ottenere oli a basso contenuto di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e basso contenuto di idrocarburi aromatici.

Procedimenti di raffinazione blandi (all'acido e all'argilla, trattamento blando all'idrogeno) portano viceversa ad oli il cui contenuto in IPA è ancora elevato.

Gli IPA sono una classe di composti ritenuti i maggiori responsabili della attività cancerogena degli oli lubrorefrigeranti.

Agli oli vengono aggiunti additivi per migliorarne le caratteristiche chimiche e/o fisiche (indice di viscosità, punto di scorrimento, antischiuma ...) e per mitigare la loro usura (agenti antiusura e antimicrobici); possono conferire all'olio un pericolo aggiuntivo anche elevato: per esempio le triazine liberano formaldeide; i nitriti in presenza di mono di trietanolamina (usati come stabilizzanti) formano nitrosamine.

Le modalità di utilizzazione possono comportare diverse tipologie di esposizione: si può ipotizzare un contatto "diretto" con l'olio quando sia necessario comunque, nella lavorazione con macchine utensili, toccare il manufatto o pulire l'utensile; oppure un contatto per via "indiretta" attraverso le nebbie d'olio aerodisperse che si formano per la velocità con cui lavora l'utensile e per la condensazione di vapori generati dalle alte temperature realizzate.

Nella generazione di nebbie si può configurare, oltre che un contatto cutaneo derivato dall'imbrattamento delle superfici, anche un rischio per via "inalatoria".

Il contatto cutaneo può portare a contrarre dermatosi (follicolosi, eczema) e a sviluppare tumori della pelle; va ribadita l'importanza del processo di raffinazione nella identificazione del pericolo per la salute: "... studi hanno evidenziato l'importanza del processo di raffinazione: trattamenti cutanei su animali da laboratorio con oli sottoposti a raffinazione spinta (estrazione con solvente e trattamento severo all'idrogeno) non hanno dato luogo a effetti cancerogeni; per contro un potere cancerogeno più o meno elevato è stato riscontrato quando gli stessi grezzi sono stati raffinati all'acido, o con un trattamento blando all'idrogeno o al solvente" (Menichini in (4)).

L'inalazione di nebbie d'olio può portare a patologie quali l'infiammazione delle vie respiratorie e la fibrosi da nebbie d'olio (paraffinomi); è ancora problematica l'identificazione di un rapporto causa-effetto per il tumore polmonare.

Il rischio di inalazione di nebbie di oli è direttamente legato alle dimensioni delle gocce che si formano durante le lavorazioni: propriamente il rischio è legato a quella parte di aerosol liquido che presenta diametri aerodinamici tipici della "frazione respirabile" (ISO/TR 7708 - 1983 (E) -Air quality- Particle size fraction definitions for healthrelated sampling).

In letteratura viene segnalato che gli impianti di aspirazione, correttamente progettati, possono limitare l'esposizione lavorativa al di sotto di 1 mg/m³ di nebbia d'olio.

Attualmente il limite di esposizione per le nebbie d'olio minerale è di 5 mg/m³, ma va segnalato che l'A.C.G.I.H. nella predisposizione della lista dei valori limite di soglia propone, per gli anni 1992/93 e 1993/94, una modifica dei limiti per questa tipologia di inquinante (3):

Ancora una volta viene posta l'attenzione sulla diversità di rischio per la salute a seconda della tipologia di raffinazione a cui l'olio è stato sottoposto.

olio minerale nebbia, altamente raffinato	5 mg/m³
olio minerale nebbia, mediamente raffinato (^)	0,2 mg/m³ (j) A1
ove (j) determinato nella frazione respirabile	
(^) come particelle solubili in cicloesano contenenti idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	
A1 carcinogeno riconosciuto per l'uomo	

Altresì va sottolineato come la presenza di additivi di particolare tossicità possano ulteriormente rendere pericoloso il contatto con oli lubrorefrigeranti.

La tipologia dell'impianto di ventilazione da installare dovrà tener conto della qualità dell'olio che viene utilizzato nelle lavorazioni con macchine utensili: si dovrà essere più esigenti nella scelta del terminale di aspirazione (cappe avvolgenti invece di cappe esterne) e nella definizione delle velocità di cattura (V_C) necessarie quanto più l'olio si rivela pericoloso per la salute dei lavoratori.

La conoscenza dei pericoli derivanti dall'uso dei prodotti a base di oli minerali è contenuta nella scheda di sicurezza redatta a cura di chi immette sul mercato il prodotto.

Tale scheda di sicurezza deve essere redatta secondo le modalità descritte nell'allegato del decreto Ministeriale del 7.09.2002 (7).

3. RIFERIMENTI NORMATIVI.

“Nelle operazioni in cui si sviluppano gas o vapori irrespirabili o tossici o infiammabili ed in quelle in cui si sviluppano normalmente odori, fumi, polveri di qualunque specie, il datore di lavoro deve adottare provvedimenti atti ad impedirne o a ridurre, per quanto è possibile, lo sviluppo e la diffusione nell'ambiente di lavoro; le aspirazioni devono essere realizzate il più vicino possibile alle sorgenti inquinanti” (art. 20 e 21 DPR 19.3.56 n. 303).

Nelle officine meccaniche le lavorazioni alle macchine utensili producono inquinanti costituiti principalmente da nebbie d'olio generate dalla nebulizzazione dei fluidi lubro-refrigeranti e dalla condensazione di vapori d'olio generati dal calore prodotto dall'attrito.

4. RICHIAMI DEI PRINCIPI GENERALI DI VENTILAZIONE.

Possono essere utilizzate due tecniche di ventilazione, separatamente o contemporaneamente:

4.1. La ventilazione generale che consiste nella diluizione degli inquinanti mediante apporto di aria nuova; essa non è ritenuta accettabile come tecnica principale di ventilazione in quanto nelle lavorazioni alle macchine utensili (emissione degli inquinanti in posizione fissa, lavoratori vicino alle sorgenti degli inquinanti) è necessaria e possibile l'installazione di impianti di aspirazione localizzata.

Essa può tuttavia essere utilizzata come complemento alle aspirazioni localizzate per diluire gli inquinanti residui non captati da questi impianti.

4.2. La ventilazione locale per aspirazione localizzata che consiste nel catturare gli inquinanti aerodispersi il più vicino possibile alla sorgente di emissione prima che essi attraversino la zona di respirazione dei lavoratori o che si disperdano nell'ambiente di lavoro.

Gli elementi più importanti dell'impianto, ai fini del controllo dell'esposizione dei lavoratori, sono la cappa e il ventilatore: la cappa ha il compito di raccogliere l'inquinante prodotto alla sorgente, mentre il ventilatore deve creare la portata e la prevalenza necessarie alla captazione ed al trasporto all'esterno degli inquinanti.

La progettazione e la realizzazione di impianti di aspirazione localizzata sono momenti importanti per i quali occorre competenza tecnica ed esperienza.

5. IMPIANTI DI ASPIRAZIONE LOCALIZZATA SULLE MACCHINE UTENSILI.

Sulle macchine che utilizzano oli minerali interi sono necessari impianti di aspirazione localizzata aventi caratteristiche minime ben definite.

Per le macchine che utilizzano oli emulsionati e sintetici, la decisione sulle caratteristiche dell'impianto di aspirazione da installare va presa caso per caso.

Gli impianti di aspirazione localizzata dovranno avere caratteristiche tali da garantire maggiore efficacia per i tipi di oli che contengono particolari additivi o sostanze ad elevata tossicità riconosciuta (ad es. nitrosamine, fenoli, ecc.) o per lavorazioni che producono grandi quantità di nebbie aerodisperse (con velocità e temperature elevate).

Lo scopo principale di un impianto di aspirazione localizzata sulle macchine utensili è quello di ridurre l'esposizione dei lavoratori alle nebbie d'olio nonché di ridurre la concentrazione delle stesse nell'ambiente di lavoro.

Un impianto di aspirazione può ritenersi efficace se è in grado di mantenere livelli di esposizione dei lavoratori inferiori ai limiti indicati al § 2.

6. CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI.

Gli impianti di aspirazione localizzata nelle lavorazioni alle macchine utensili, con produzione di nebbie d'olio, devono essere posti il più vicino possibile alla sorgente e conformati in modo da racchiuderla il più possibile.

Possono essere di due tipi:

- cappe avvolgenti;
- cappe esterne.

6.1. CAPPE AVVOLGENTI (dette anche cappe chiuse, a involuppo, cabine)

Racchiudono completamente la sorgente e mantengono gli inquinanti all'interno della cappa, rendendo estremamente difficile qualsiasi dispersione all'esterno.

Questo tipo di cappa è da privilegiare ogni qualvolta sia tecnicamente possibile il suo utilizzo.

Le portate necessarie sono generalmente ridotte in quanto l'impianto deve mantenere in depressione la zona protetta senza avere necessità di creare velocità di cattura elevate; occorre comunque che le superfici aperte siano ridotte al minimo e che nelle loro sezioni siano garantite le velocità di captazione ritenute necessarie.

La schermatura completa delle zone di lavorazione, laddove è possibile, è da preferire in quanto può contribuire contemporaneamente:

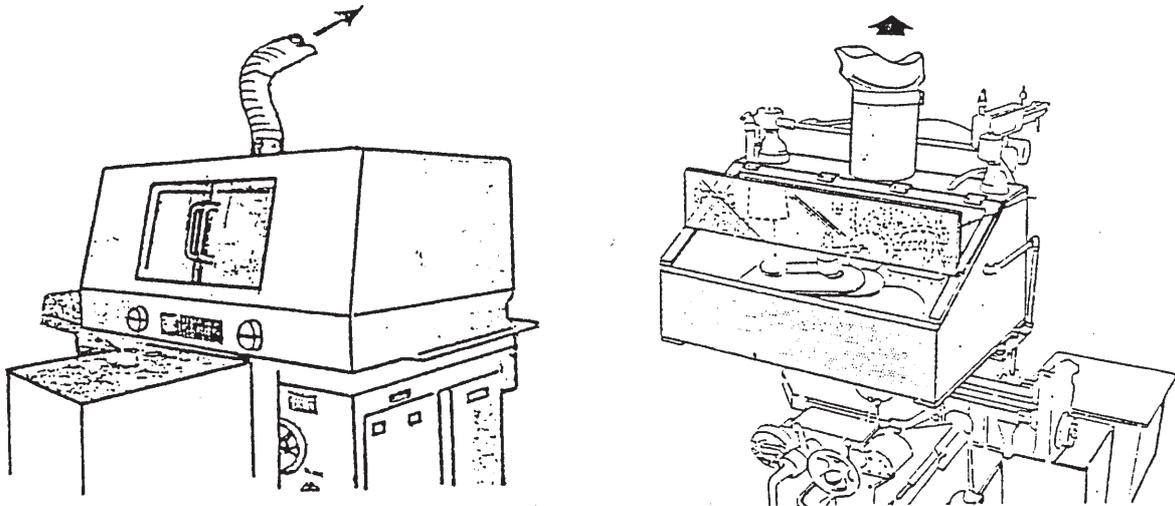
- a segregare le zone di lavorazione per motivi di sicurezza;
- a racchiudere la sorgente di emissione degli inquinanti aerodispersi;
- a ridurre la propagazione del rumore;
- a evitare lo spargimento di spruzzi dei fluidi lubro-refrigeranti e il loro contatto con gli operatori nonché la proiezione di trucioli o pezzi.

La schermatura avvolgente può riguardare tutta la macchina o unicamente la zona dove avviene l'emissione delle nebbie d'olio (ad es. zona di lavorazione dell'utensile).

Le cappe avvolgenti si dividono in:

- schermature completamente chiuse,
- schermature con aperture.

6.1.1. CAPPE AVVOLGENTI CON SCHERMATURE COMPLETAMENTE CHIUSE.



Sono costituite da schermi fissi e mobili e sono prive di aperture; consentono portate ridotte.

Portata: $Q = 10.000 \div 20.000 * S_f$ (m³/h) ; ove S_f : superficie fessure (m²)

Velocità dell'aria nelle fessure (da garantire): $V_f = 2,8 \div 5,6$ m/s.

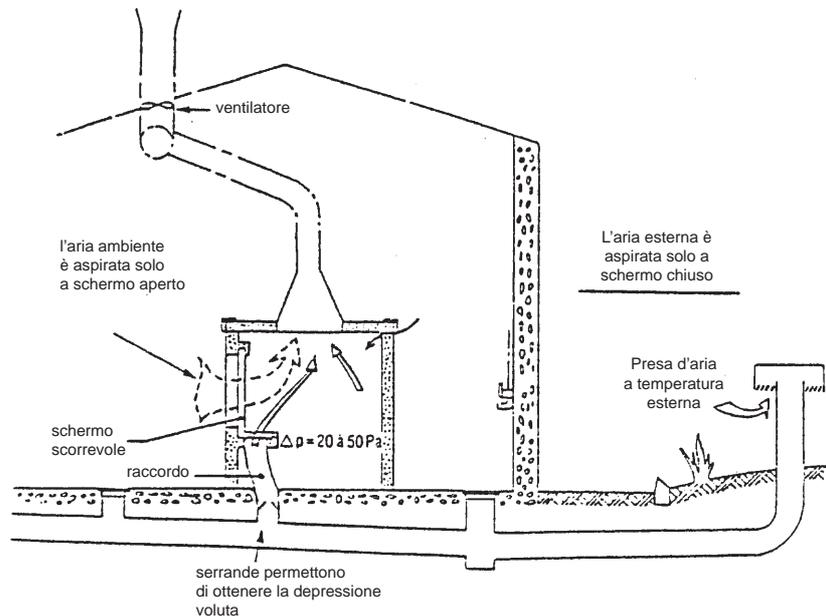
Solitamente risultano portate dell'ordine di 300 - 700 m³/h (salvaguardando i valori di velocità dell'aria nelle fessure).

E' opportuno minimizzare, possibilmente, le superfici aperte verso il basso.

Depressione interna alla cappa

rispetto all'ambiente di lavoro: $\Delta p = 20 \div 50$ Pa ($\cong 2 \div 5$ mm H₂O)

In presenza di un elevato numero di macchine utensili, un metodo per realizzare una sostanziale economia energetica consiste nell'introdurre all'interno della schermatura aria nuova proveniente direttamente dall'esterno: l'aria estratta dall'impianto non è presa dall'ambiente di lavoro eccetto che durante il tempo in cui lo schermo rimane aperto (ad es. per il carico-scarico pezzo).



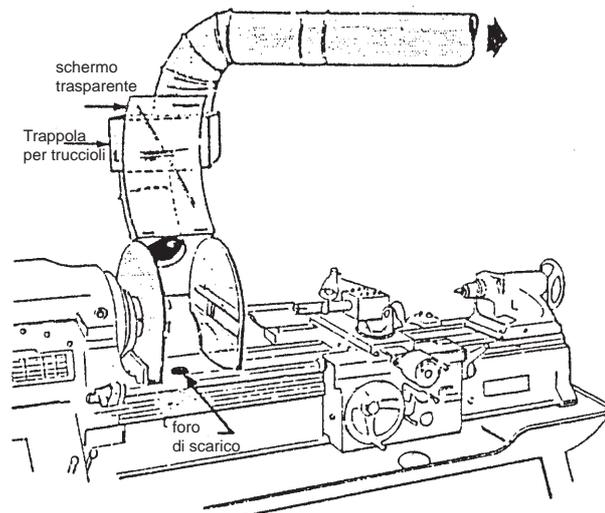
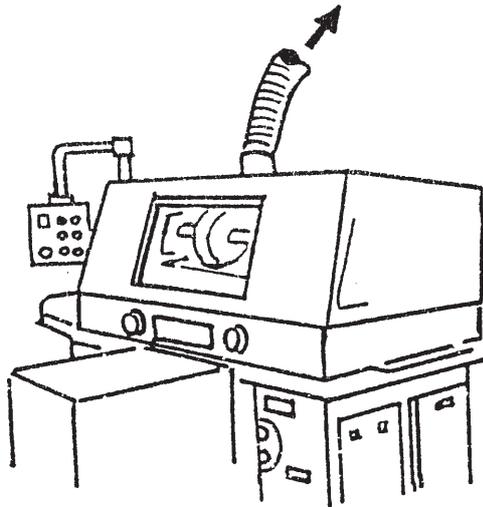
6.1.2. CAPPE AVVOLGENTI CON SCHERMATURE CON APERTURE.

6.1.2.1. Schermature con aperture limitate e ben definite

con
rapporto:

$$\frac{S_a}{S_s} < 0,2$$

(S_a = superficie delle aperture con schermi chiusi).
(S_s = superficie della sezione interna alla schermatura
perpendicolare al flusso dell'aria).



Portata: $Q = 5.000 \div 10.000 * S$ (m³/h) ;

ove S : superficie aperta + superficie fessure (m²)

Velocità dell'aria
all'interno della schermatura: $V_s < 0,3 \div 0,6$ m/s.

Velocità dell'aria nelle aperture: $V_a = 1,4 \div 2,8$ m/s.

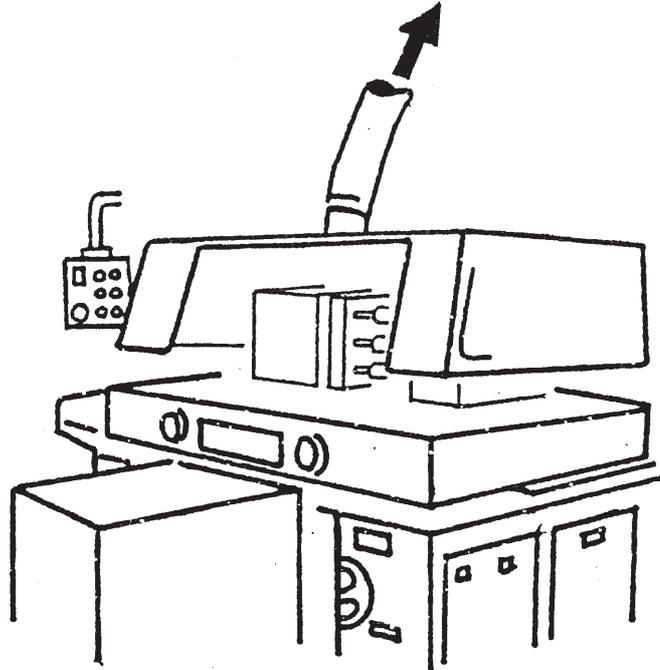
La velocità di captazione può anche essere superiore in funzione della velocità e delle traiettorie con cui gli inquinanti attraversano tali aperture.

6.1.2.2. Schermature con aperture notevoli e non ben definite

con
rapporto:

$$\frac{S_a}{S_s} > 0,2$$

(S_a = superficie delle aperture con schermi chiusi).
(S_s = superficie della sezione interna alla schermatura
perpendicolare al flusso dell'aria).



Portata: $Q = 3.600 \div 5.400 * S$ (m³/h) ;

ove S : superficie aperta (m²)

Velocità dell'aria
all'interno della schermatura: $V_s > 0,2$ m/s.

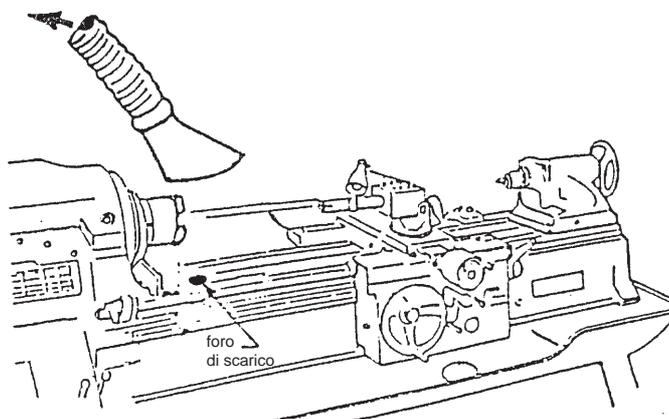
Velocità dell'aria nelle aperture: $V_a = 1,0 \div 1,5$ m/s.

La velocità di captazione può anche essere superiore in funzione della velocità e delle traiettorie con cui gli inquinanti attraversano tali aperture.

Se la velocità di emissione degli inquinanti è molto elevata, e tale da rendere insufficiente la velocità di captazione attraverso le aperture, questo tipo di cappa non è idonea; va quindi ridotto il valore di S_a/S_s fino ad ottenere i valori di velocità necessari per la captazione oppure deve essere utilizzato un altro tipo di cappa.

6.2. CAPPE ESTERNE (dette anche cappe a induzione).

Non racchiudono la sorgente ma sono poste, in genere, superiormente o lateralmente alle zone di emissione dell'inquinante e, creando una depressione, inducono l'aria inquinata a dirigersi verso la cappa. **Questo tipo di cappa dovrà essere utilizzato solo quando sia impossibile o difficoltoso l'utilizzo di cappe avvolgenti.**



Essendo la sorgente di emissione dell'inquinante esterna alla cappa, è molto importante determinare la velocità di captazione necessaria a far entrare l'aria inquinata nella cappa. I criteri fondamentali con cui devono essere progettate le cappe sono i seguenti:

- La cappa deve essere posizionata il più vicino possibile al punto di emissione, utilizzando al meglio i movimenti dell'aria e tenendo conto delle turbolenze provocate dal pezzo in movimento.
- Le correnti d'aria che possono disturbare la captazione devono essere il più possibile ridotte con schermi.
- La flangiatura delle cappe consente di ridurre la portata necessaria.

Si definisce la velocità di captazione alla sorgente:

Fluidi lubro-refrigeranti rilasciati a:	Velocità di captazione alla sorgente:
bassa pressione	$V_c = 1,0 - 2,5$ (m/s)
alta pressione	$V_c = 2,5 - 5,0$ (m/s)

La scelta della velocità di captazione deve in entrambi i casi essere operata in funzione: della posizione superiore o laterale della cappa rispetto alla sorgente; della direzione e delle velocità di emissione dell'inquinante;

- dei differenti fattori di generazione delle nebbie (proprietà e temperatura del fluido, velocità di rotazione, ecc.);
- del posizionamento della cappa rispetto al punto di emissione;
- dell'esistenza di correnti d'aria interferenti e della loro velocità.

7. RICIRCOLO DELL'ARIA.

Il ricircolo dell'aria consiste nella captazione, nella depurazione e nella reimmissione nell'ambiente confinato di aria in origine inquinata.

Negli ambienti industriali il ricircolo può essere ammissibile solo per limitati e selezionati processi o lavorazioni.

Il ricircolo non è mai ammesso quando nell'aria inquinata siano presenti sostanze cancerogene o sospette cancerogene o allergizzanti per le quali non sono configurabili livelli di soglia.

Nel caso delle lavorazioni alle macchine utensili, l'applicazione degli schemi decisionali dall'A.C.G.I.H., porta alle seguenti conclusioni: essendovi presenza negli inquinanti di componenti altamente tossici e con sufficiente evidenza di effetti cancerogeni sull'uomo, il ricircolo non è ammesso, quindi l'impianto di aspirazione localizzata dovrà espellere all'esterno, previa depurazione se necessaria, gli inquinanti convogliati.

(V. Scheda tecnica n. 1 della Regione Emilia Romagna "Il ricircolo dell'aria").

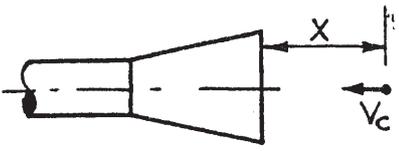
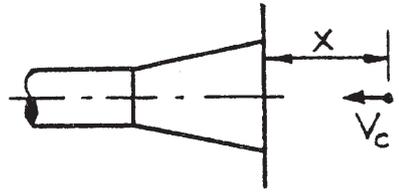
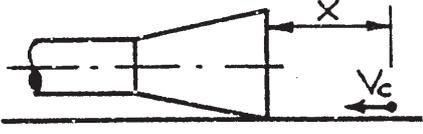
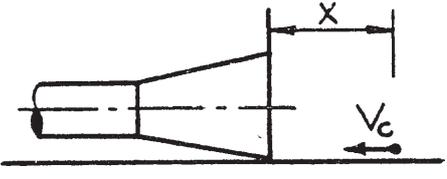
8. REINTEGRO DELL'ARIA ESTRATTA.

La portata d'aria estratta deve essere reintegrata da una pari portata d'aria esterna, riscaldata durante la stagione fredda, ben distribuita nell'ambiente in modo da agevolare la captazione degli inquinanti e da non creare correnti d'aria interferenti o contrarie alla captazione oppure fastidiose per i lavoratori.

In generale la portata d'aria irrimessa, comprensiva della portata degli apparecchi di riscaldamento, dovrà essere almeno pari alla portata d'aria estratta da tutti gli impianti di ventilazione.

Le prese dell'aria esterna per il reintegro dovranno essere poste lontano dalle emissioni inquinate degli impianti di aspirazione localizzata.

Una volta definita la geometria della cappa e adottando la velocità di captazione ritenuta necessaria, si può calcolare la portata d'aria necessaria.

Formule per il calcolo della portata per vari tipi di cappe esterne di forma circolare o rettangolare con $L/H \leq 5$	
	<p>Cappa isolata senza flangia:</p> $Q = (10 X^2 + S_i) * V_c \quad (\text{m}^3/\text{s})$
	<p>Cappa isolata con flangia:</p> $Q = 0,75 * (10 X^2 + S_i) * V_c \quad (\text{m}^3/\text{s})$
	<p>Cappa senza flangia appoggiata su un piano:</p> $Q = (5 X^2 + S_i) * V_c \quad (\text{m}^3/\text{s})$
	<p>Cappa con flangia appoggiata su un piano:</p> $Q = 0,75 * (5 X^2 + S_i) * V_c \quad (\text{m}^3/\text{s})$ <p>Per X molto grandi:</p> $Q = 3,14 * X^2 * V_c \quad (\text{m}^3/\text{s})$
<p>ove:</p> <p>Q : portata d'aria (m³/s)</p> <p>X : distanza della sorgente dalla sezione d'ingresso della cappa (m)</p> <p>S_i : sezione di ingresso nella cappa (m²)</p> <p>V_c : velocità di captazione necessaria alla sorgente (m/s)</p>	

Per ridurre la portata, in caso di presenza di correnti d'aria che ostacolino la captazione o creino turbolenze nella zona di emissione degli inquinanti, è prima di tutto preferibile, piuttosto che aumentare la velocità di captazione (e quindi la portata), inserire schermi che proteggano tale zona e riducano l'effetto di tali correnti.

BIBLIOGRAFIA

- 1) "GUIDE PRATIQUE DE VENTILATION N. 6 - CAPTAGE ET TRAITEMENT DES BROUILLARDS D'HUILE."
Cahiers de notes documentaires - n. Il 9 - 2° Trimestre 1985 - ND 1526-119-85.
- 2) ACGIH - "INDUSTRIAL VENTILATION - A manual of recommended practice"
XX ed. -1988.
- 3) ACGIH - "VALORI LIMITE DI SOGLIA. INDICI BIOLOGICI DI ESPOSIZIONE 1993/94" in Supplemento al Giornale degli Igienisti Industriali - Vol. 19 - n. 1 - Gennaio 1994.
- 4) E. MENICHINI - "L'ESPOSIZIONE PROFESSIONALE AGLI OLI LUBRIFICANTI: CRITERI PER L'INDIVIDUAZIONE, IL CONTROLLO E LA PREVENZIONE DEI RISCHI" - Rapporti ISTISAN 86/21.
Istituto Superiore di Sanità - 1986. -
- 5) AA.VV. - "GLI OLI DA TAGLIO NELLA METALMECCANICA: USO, CARATTERISTICHE, NOCIVITA', PREVENZIONE".
Medicina dei Lavoratori - Anno VI - n. 2 - 1979.
- 6) M. MARIOTTI - "L'ETICHETTATURA DI OLI MINERALI". Cyanus - Vol. 1 - n. 2 - pp. 4-5.
- 7) Decreto Ministeriale del 07/09/2002. Recepimento della direttiva 2001/58/CE riguardante le modalità della informazione su sostanze e preparati pericolosi immessi in commercio.