



Sistemi di estrazione di polveri e trucioli di legno

Pianificazione, funzionamento, protezione contro
gli incendi e le esplosioni

Occorre tenere conto dei principi di sicurezza sul lavoro e tutela della salute già in fase di pianificazione dei sistemi di estrazione di polveri e trucioli di legno.

In questo modo è possibile, da un lato, evitare pericolosi errori di pianificazione e, dall'altro, garantire un funzionamento sicuro dell'impianto.

1	Introduzione	4	5	Condotti per sistemi di estrazione nonché sili per polveri e trucioli di legno	13
2	Tutela della salute, protezione contro gli incendi e le esplosioni	6	5.1	Tipi di condotti	13
2.1	Tutela della salute	6	5.2	Progettazione dei condotti	14
2.2	Protezione contro gli incendi	6	5.3	Rete di condotti (tracciamento dei condotti)	14
2.3	Protezione contro le esplosioni	7	6	Stoccaggio di polveri e trucioli di legno	15
3	Sistemi di filtrazione fissi per installazione all'aperto	9	6.1	Pianificazione di sili per trucioli di legno	15
3.1	Installazione	9	6.1.1	Progettazione del deposito di trucioli	15
3.2	Sistemi di filtrazione con ventilatori sul lato dell'aria grezza	9	6.1.2	Geometria del silo	15
3.3	Sistemi di filtrazione con ventilatori sul lato dell'aria pulita	10	6.1.3	Resistenza del silo	16
3.4	Ricircolo dell'aria nei locali di lavoro	10	6.1.4	Ubicazione dei sili	16
4	Sistemi di estrazione di polveri e trucioli di legno per installazioni in interni	11	6.1.5	Depositi sotterranei	16
4.1	Estrattori di polveri più vecchi, costruiti in base ai requisiti della norma DIN 8416	12	6.2	Accesso ai depositi per polveri e trucioli di legno	16
4.2	Estrattori di polveri di vecchia costruzione con ventilatore sul lato dell'aria grezza (filtri/sacchi di raccolta visibili)	12	6.3	Incendi ed esplosioni di polveri di legno	17
			6.4	Svuotamento dei sili	17
			6.4.1	Svuotamento regolare dei sili	18
			6.4.2	Svuotamento dei sili dopo un incendio	18
			7	Appendice	19
			7.1	Termini e definizioni	19
			7.2	Bibliografia	21

1 Introduzione

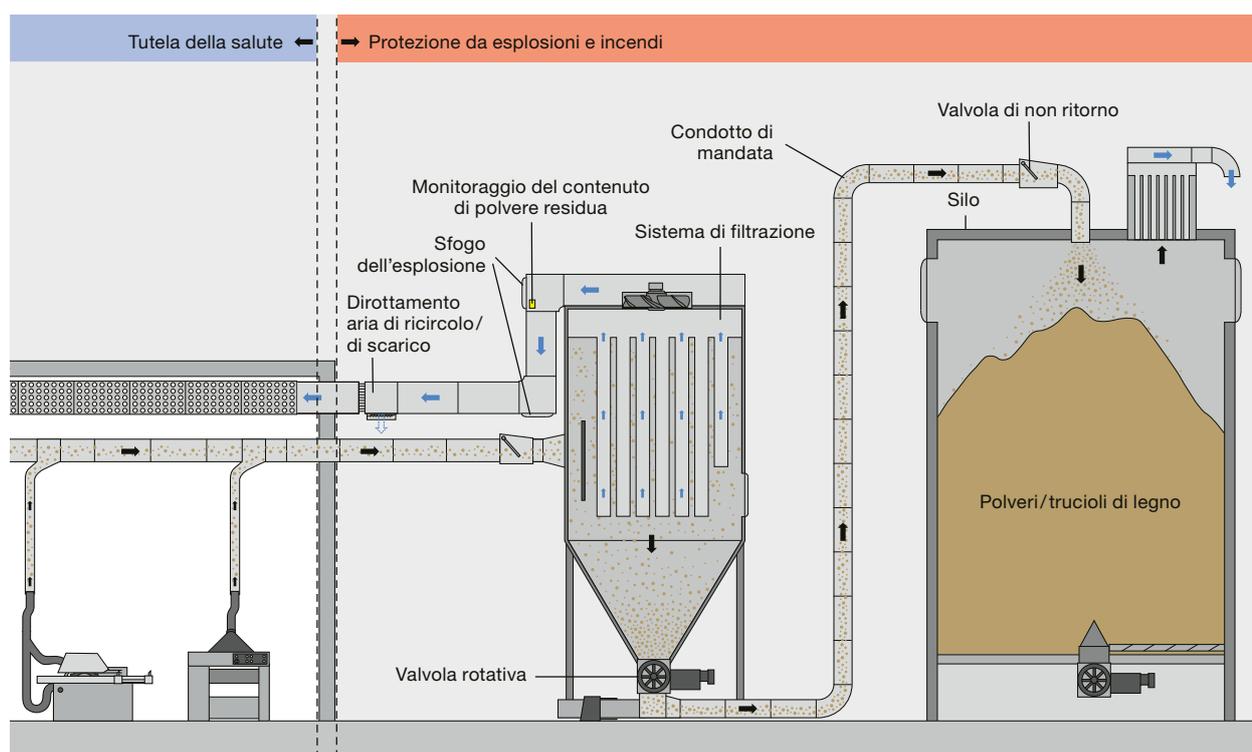
La presente pubblicazione si rivolge principalmente a progettisti (ades. architetti, responsabili dell'immissione in commercio) e gestori di sistemi di estrazione di polveri e trucioli di legno.

I requisiti dettagliati per la fabbricazione di nuovi sistemi sono contenuti nella Direttiva macchine 2006/42/CE, Allegato I [1], e nelle norme a questa armonizzate SNEN 12779 [2] e SNEN 16770 [3]. Le norme citate nella presente pubblicazione sono disponibili sul sito dell'Associazione svizzera di normalizzazione: www.snv.ch (versione DE e FR) nonché sul sito dell'UNI – Ente Italiano di Normazione (versione IT) www.uni.com.

Con questa pubblicazione desideriamo informare i progettisti e gestori di sistemi di estrazione di polveri e trucioli fornendo una guida compatta dei punti essenziali di cui tener conto nella pianificazione e nella gestione di tali sistemi. In questo modo è possibile, da un lato, evitare errori di pianificazione e, dall'altro, garantire un funzionamento sicuro dell'impianto.

Nel caso in cui si desiderasse approfondire l'argomento, rimandiamo alle esaurienti informative della DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung; Assicurazione tedesca contro gli infortuni) citate nella bibliografia a pagina 21. Le informative sono disponibili solo in tedesco.

Durante la pianificazione di nuovi sistemi di estrazione e silo per polveri e trucioli di legno occorre rispettare anche i diversi requisiti di sicurezza sul lavoro e tutela della salute. Principalmente vale quanto segue: nei locali di produzione bisogna tener conto soprattutto dei principi di tutela della salute, mentre, al di fuori di tali locali, quelli di protezione contro le esplosioni e gli incendi (figura 1).



1 Occorre prestare attenzione ai principi di tutela della salute nei locali di lavoro e a quelli di protezione contro le esplosioni all'aperto. – Rappresentazione semplificata senza misure di protezione antincendio.

Per i requisiti dettagliati contro gli incendi rimandiamo alle prescrizioni della protezione antincendio dell'Associazione degli istituti cantonali di assicurazione per i fabbricati disponibili al sito www.vkg.ch. Ci si riferisce in particolare modo alla direttiva 15-15 «Distanze di sicurezza antincendio – Strutture portanti – Compartimenti tagliafuoco» [9] nonché alla nota esplicativa 104-15 «Impianti di combustione a trucioli» [10] disponibili alla pagina: bsvonline.ch/it/prescrizione-della-protezione-antincendio

Generalmente, i sistemi di estrazione di polveri e trucioli di legno sono costruiti come rappresentato nella fig. 1 e possono avere diverse classi di prestazione, in base alle esigenze aziendali: ad esempio il numero di macchine da collegare al sistema, il numero di macchine per la lavorazione del legno per le quali il sistema deve agire contemporaneamente nonché la quantità di polveri e trucioli accumulati.

Un sistema di estrazione è composto dai seguenti elementi:

- Condotti per catturare le polveri e i trucioli dalla macchina per la lavorazione del legno
(→ condotti metallici e tubi flessibili)
- Separatore
(→ filtro, ciclone, estrattore di polveri ecc.)
- Deposito per polveri e trucioli di legno
(→ sili, depositi sotterranei, contenitori, cassoni aperti da un lato ecc.)
- Sistemi di sicurezza per prevenire e/o ridurre gli effetti di un'esplosione di polveri
(→ misure costruttive di protezione contro le esplosioni)
- Sistemi di soppressione dell'incendio
(→ sistemi di estinzione tramite vaporizzazione o nebulizzazione d'acqua, gas inerte, schiuma)

Le macchine per la lavorazione del legno non fanno parte del sistema di estrazione poiché producono loro stesse le polveri e i trucioli di legno. Il fabbricante delle macchine indica tuttavia la depressione e la velocità dell'aria necessarie all'uscita di aspirazione per catturare ed evacuare efficacemente le polveri e i trucioli di legno.

Ai sensi della Direttiva macchine 2006/42/CE [1], i sistemi di estrazione di polveri e trucioli di legno così come descritti nelle norme SN EN 12779 [2] e SN EN 16770 [3] sono da considerarsi «macchine». Per questo motivo, il responsabile dell'immissione in commercio deve consegnare al gestore una dichiarazione di conformità e il manuale d'uso nella rispettiva lingua nazionale svizzera.

Ulteriori informazioni inerenti all'acquisto di macchine nuove sono disponibili sulle pubblicazioni «Attrezzature di lavoro: la sicurezza parte dall'acquisto» alla pagina www.suva.ch/66084.i e «Lista di controllo per le attrezzature di lavoro» consultabile su www.suva.ch/66084/2.i.

2 Tutela della salute, protezione contro gli incendi e le esplosioni

La polvere di legno rappresenta un rischio per la salute e può addirittura causare il cancro. Per questo, quando si lavora il legno, è importante aspirare alla fonte (con sistemi di estrazione idonei, aspirapolveri) le polveri e i trucioli; sia quando si usano macchine per la lavorazione del legno che macchine portatili.

Le polveri e i trucioli di legno sono infiammabili. Quando la polvere (dimensione di particella <math><0,5\text{ mm}</math> di diametro) si disperde nell'aria in determinate quantità può esplodere se entra in contatto con una fonte di innesco efficace.

2.1 Tutela della salute

Le polveri di legno possono causare malattie delle vie respiratorie, allergie o addirittura il cancro. Chi respira frequentemente polveri di legno, in particolar modo di faggio, quercia e alcuni legni tropicali, è maggiormente esposto all'insorgenza di tumori alle cavità nasali e ai seni paranasali.

Nei posti di lavoro svizzeri, il valore limite per le polveri di legno nell'aria (valore MAC) ammonta attualmente a 2 mg/m^3 .

Maggiori informazioni sono disponibili alla pagina www.suva.ch/polveri-di-legno.

2.2 Protezione contro gli incendi

Sussiste il pericolo che fonti di innesco efficaci raggiungano il sistema di filtrazione e i sili attraverso gli impianti di mandata pneumatici e meccanici. Per questo è necessario installare impianti di soppressione dell'incendio (ad es. estinzione tramite vaporizzazione di acqua) nei sistemi di filtrazione e nei sili.

È necessario dotare i filtri e i sili di impianti antincendio a secco, per scongiurare il pericolo di congelamento. In caso di portata sufficiente della rete di distribuzione, questi vengono allacciati alla rete idrica dell'azienda e possono essere azionati automaticamente o manualmente tramite una valvola a mano. La norma SN EN 12779 [2] prescrive per i filtri e i sili come minimo una condotta di soppressione dell'incendio con un

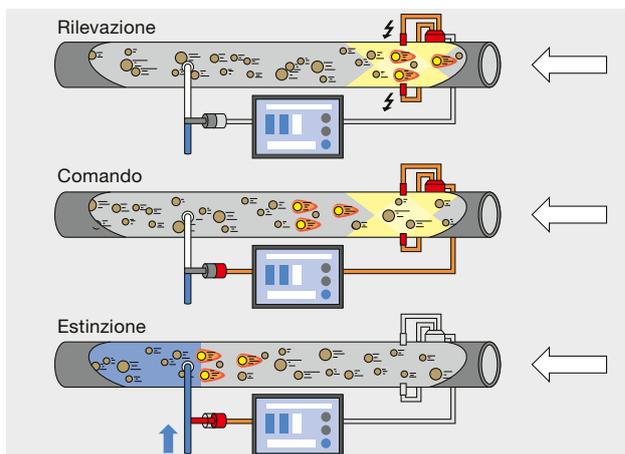


2 Condotta di soppressione dell'incendio con un accoppiamento Storz per tubo flessibile antincendio (fonte: Türenfabrik Brunegg AG).

accoppiamento Storz per tubo flessibile antincendio posto in un luogo sicuro e facilmente raggiungibile (fig. 2).

Per estinguere l'incendio, bisogna prestare attenzione a non aprire i sistemi di filtrazione nonché i sili e a non impiegare getti di acqua o polvere estinguente. Infatti, tali metodi potrebbero portare a un'esplosione in seguito all'immissione di aria nel sistema o alla dispersione di ulteriori polveri.

Se si collegano macchine per la lavorazione del legno con una più alta probabilità di generare fonti di innesco (scintille, braci o altre particelle calde), occorre installare un sistema di rilevazione di scintille e di estinzione (sistema di rilevamento e soppressione della sorgente attiva di accensione) nella rete di estrazione tra la macchina e il filtro / l'estrattore di polveri (fig. 3).



3 Sistema di rilevazione di scintille e di estinzione

Durante il montaggio di tali sistemi di rilevazione di scintille e di estinzione bisogna prestare attenzione alla distanza minima tra il rilevatore di scintille e gli ugelli spruzzatori. È importante rispettare le indicazioni del fabbricante.

In base alla loro applicazione e al materiale processato, le macchine per le quali si prevede una formazione molto probabile di fonti di innesco sono:

- Levigatrice a nastro largo
- Seghe circolari multilama
- Scorniciatrici su quattro lati ad alta velocità

Anche se si provvede a montare un sistema di rilevazione di scintille e di estinzione, nei sistemi di estrazione di polveri e trucioli di legno occorre adottare ugualmente misure costruttive di protezione contro le esplosioni.



4 Sfogo dell'esplosione con dischi di rottura
(fonte: Deutsche Berufsgenossenschaft Holz und Metall, BGHM)

2.3 Protezione contro le esplosioni

Poiché nei sistemi di estrazione e nei sili non è possibile escludere del tutto la formazione di un'atmosfera esplosiva o l'ingresso di fonti di innesco, la maggior parte delle volte occorre adottare in tali sistemi diverse delle seguenti misure costruttive di protezione contro le esplosioni:

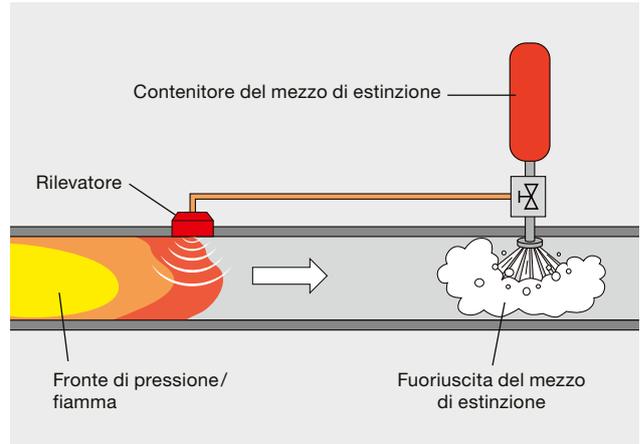
- Costruzione resistente alle onde d'urto (ad es. sistemi di estrazione costruiti con una struttura metallica leggera P_{redmax} per lo più 0,12–0,2 bar, silo in cemento armato P_{redmax} per lo più 0,3–0,5 bar) e
 - sfogo dell'esplosione, ad es. dischi di rottura (fig. 4), valvole (fig. 5) sottoposti alle prove di tipo;
 - soppressione dell'esplosione, ad es. tramite misurazione dell'innalzamento della pressione e il rilascio del mezzo di estinzione (fig. 6).
- Isolamento dall'esplosione, ad es. valvole di non ritorno (fig. 7), barriere estinguenti (fig. 8), deviatori dell'esplosione (fig. 9) e valvole rotative (fig. 10) sottoposti alle prove di tipo.

Le macchine per la lavorazione del legno collegate agli impianti di estrazione possono creare fonti di innesco (ad es. con pezzi di metallo contenuti nel legno, utensili consumati). Per questo motivo, i sistemi di filtrazione e i sili devono sempre essere equipaggiati con dispositivi costruttivi di protezione contro l'esplosione (sfogo dell'esplosione / soppressione e isolamento).

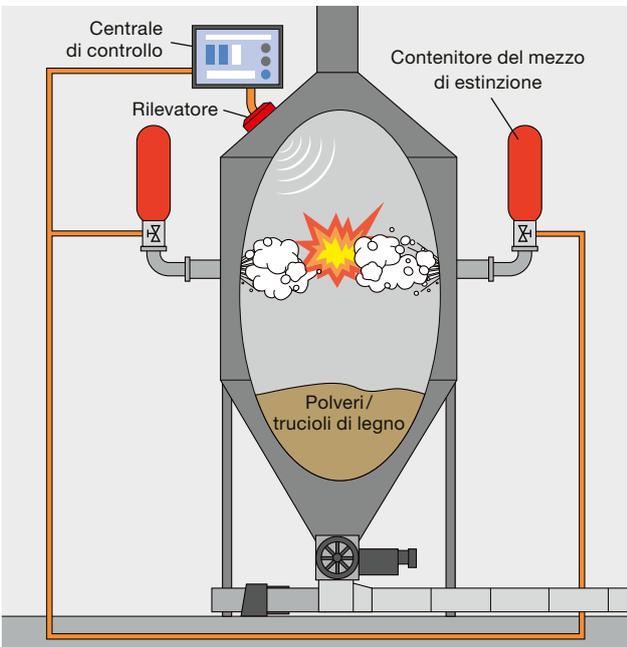
Il calcolo per il dimensionamento dell'area di sfogo dell'esplosione per i sistemi di filtrazione e i sili secondo la norma SN EN 14491 [11] dev'essere realizzato seguendo i parametri di protezione contro le esplosioni di polveri di legno (ST1) descritti nella norma SN EN 12779 [2] (sovrappressione massima $P_{max} = 9$ bar, innalzamento massimo della pressione $K_{ST} = 200 \text{ bar}^* \text{ m/s}$).



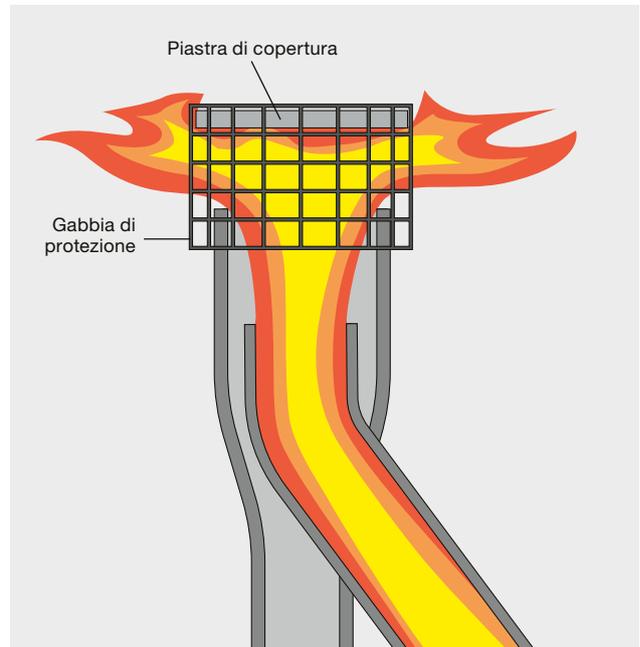
5 Sfogo dell'esplosione con valvole (fonte: Scheuch LIGNO GmbH)



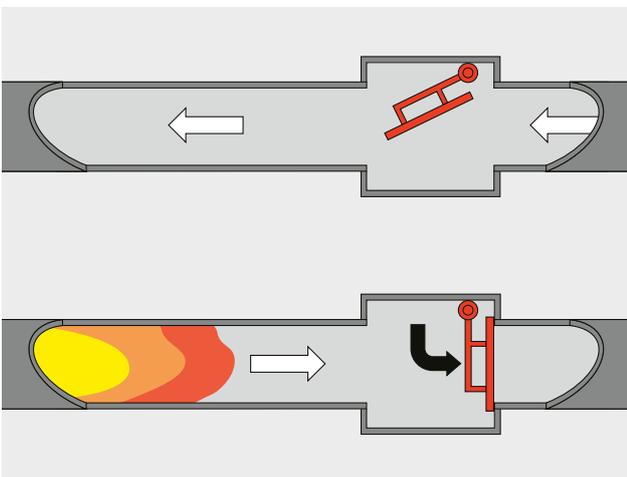
8 Barriera estinguente



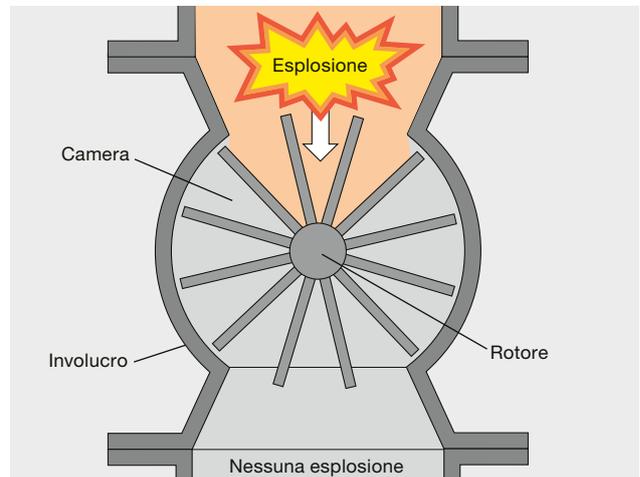
6 Sistemi di soppressione dell'esplosione (Fonte: Deutsche Berufsgenossenschaft Holz und Metall, BGHM)



9 Deviatore dell'esplosione



7 Valvola di non ritorno



10 Valvola rotativa

3 Sistemi di filtrazione fissi per installazione all'aperto

La lavorazione meccanica del legno produce polveri e trucioli che, da un lato, possono provocare danni alla salute e, dall'altro, esplodere o infiammarsi.

Per questo motivo, occorre aspirare alla fonte polveri e trucioli di legno nonché smaltirli o reindirizzarli per un loro riutilizzo (fig. 11).



11 Sistema di filtrazione installato all'aperto (fonte: Scheuch LIGNO GmbH)

3.1 Installazione

A causa del pericolo di incendio o esplosione di polveri, i sistemi di filtrazione (ad eccezione degli estrattori di polveri) possono essere installati solamente all'aperto. Quando si pianifica l'ubicazione del sistema di filtrazione occorre tener conto delle conseguenze di un possibile incendio (ad es. propagazione dell'incendio tramite radiazione di calore, diffusione dell'incendio dei filtri tramite i condotti di estrazione e dell'aria di ricircolo) o di un'esplosione (ad es. effetti della pressione e delle fiamme, proiezione di materiale) su persone o cose.

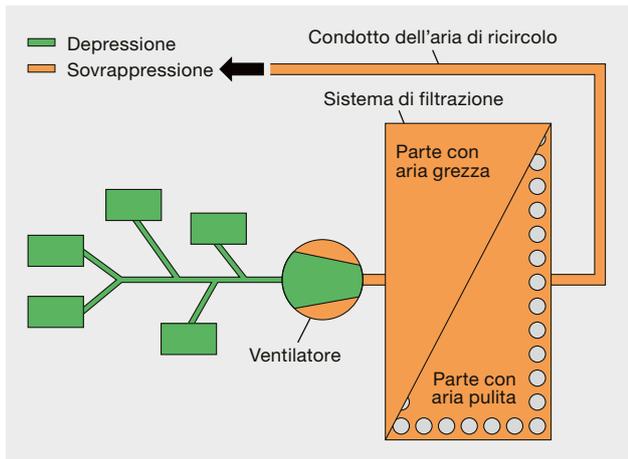
Nell'ottica della protezione contro le esplosioni e gli incendi, nei sistemi di filtrazione occorre tener presente i seguenti punti:

- Lo sfogo dell'esplosione deve essere diretto verso una zona aperta nonché in una direzione non pericolosa (per provarlo occorre segnare il profilo di fiamma nei piani di costruzione).
- Il sistema di filtrazione deve essere isolato contro le esplosioni dagli impianti e dalle macchine posti prima e dopo.
- I sistemi di filtrazione devono essere composti da materiali da costruzione con nessuna reazione al fuoco (RF1). Le distanze di sicurezza antincendio si basano sulla direttiva 15-15 [10]. A seconda del luogo di installazione, occorre rispettare ulteriori requisiti antincendio (ad es. pareti con resistenza al fuoco EI 60 realizzate con materiali da costruzione RF1).

3.2 Sistemi di filtrazione con ventilatori sul lato dell'aria grezza

In tali sistemi (fig.12) i ventilatori sono montati tra le macchine in cui occorre l'aspirazione e il separatore nella condotta di trasporto del materiale. In questo modo, nei condotti posti dopo il ventilatore e nel separatore si crea una sovrappressione. Se i condotti dopo il ventilatore o il separatore non sono ermetici, è possibile che della polvere esca dall'impianto e che contamini l'ambiente di lavoro. Per questo motivo i condotti negli ambienti di lavoro devono operare in depressione, mentre i ventilatori devono essere installati all'esterno o in un locale separato (ad es. cabina di insonorizzazione, ev. in una zona ex prestabilita).

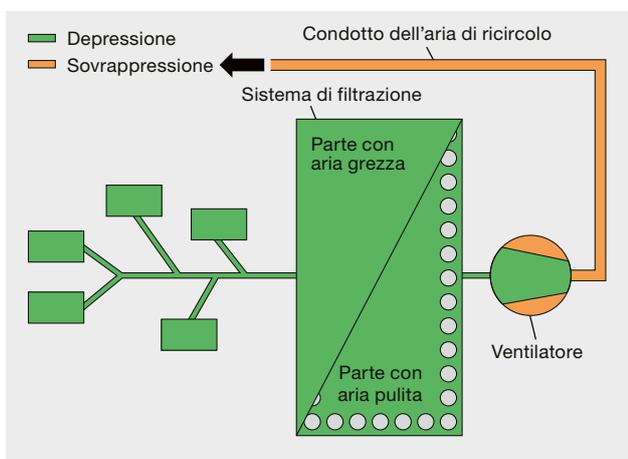
Ancora oggi i sistemi di filtrazione con ventilatori sul lato dell'aria grezza vengono impiegati principalmente nel settore della fabbricazione industriale, quando a tali sistemi vengono collegate macchine o gruppi di macchine per le quali è necessario aspirare ingenti quantità di aria e materiale a diverse resistenze.



12 Rappresentazione schematica di un sistema di filtrazione a sovrappressione (fonte: Deutsche Berufsgenossenschaft Holz und Metall, BGHM)

3.3 Sistemi di filtrazione con ventilatori sul lato dell'aria pulita

Qualora il parco macchine e la situazione di installazione di un sistema di filtrazione con ventilatore sul lato dell'aria pulita (fig. 13) consentano un funzionamento efficace ed efficiente, tali sistemi devono essere preferiti a quelli con ventilatori sul lato dell'aria grezza.



13 Rappresentazione schematica di un sistema di filtrazione a depressione (fonte: Deutsche Berufsgenossenschaft Holz und Metall, BGHM)

Grazie al ventilatore sul lato dell'aria pulita, è possibile utilizzare giranti di maggior efficacia. Per motivi energetici, i ventilatori sono per la maggior parte a frequenza controllata e si adattano quindi alla potenza di estrazione necessaria.

Per quanto riguarda la protezione contro gli incendi e le esplosioni, i sistemi di filtrazione con ventilatori sul lato dell'aria pulita hanno il vantaggio che tali ventilatori non possono rappresentare una fonte di innesco (attrito del cuscinetto, urti della girante sull'involucro in caso di squilibrio ecc.)

3.4 Ricircolo dell'aria nei locali di lavoro

In inverno, per motivi di risparmio energetico, l'aria purificata proveniente da sistemi di filtrazione posizionati all'esterno viene reintrodotta di regola nei locali di lavoro. Per questo, nel condotto dell'aria di ricircolo sono montati dispositivi per invertire il funzionamento da aria di scarico a quella di ricircolo e viceversa.

Per garantire la tutela della salute, è possibile avvalersi del ricircolo dell'aria solo se il contenuto di polvere residua nell'aria di ricircolo non è superiore a $0,1 \text{ mg/m}^3$. Per questo, tale valore viene monitorato costantemente nel condotto dell'aria di ricircolo (ad es. tramite sensore triboelettrico o sensori ottici).

Quando il contenuto di polvere residua è elevato, occorre attivare un segnale di avvertimento. Il livello che deve far scattare questo segnale deve essere tra $0,1 \text{ mg/m}^3$ e $0,3 \text{ mg/m}^3$.

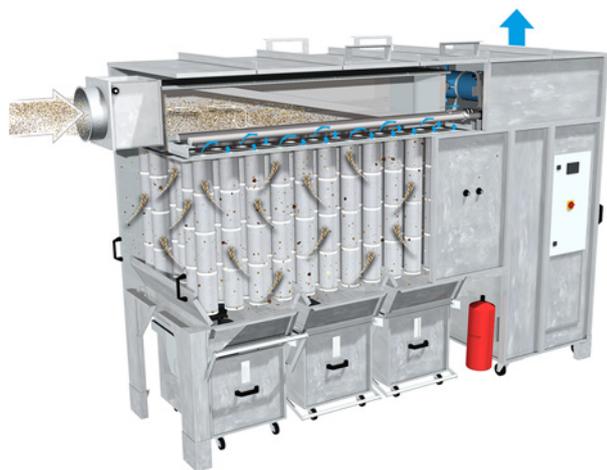
Quando il contenuto di polvere residua è maggiore di $0,3 \text{ mg/m}^3$, deve intervenire un allarme di malfunzionamento e l'aria di ricircolo deve essere dirottata automaticamente all'aria di scarico oppure il sistema di estrazione deve chiudersi automaticamente.

4 Sistemi di estrazione di polveri e trucioli di legno per installazioni in interni

I sistemi di estrazione per installazioni in interni (fig. 14) vengono classificati anche come estrattori di polveri. Questi devono essere costruiti nel rispetto dei requisiti descritti nella norma SNEN 16770 [3] o soddisfare almeno lo stesso livello di sicurezza. Per via della loro installazione in locali interni, presentano dimensioni e prestazioni limitate.

- Con una velocità dell'aria media di 20m/s alla bocca dell'estrattore di polveri, la portata volumetrica nominale deve essere al massimo di 8000 m³/h.
- In base al tipo di costruzione, il volume di aria grezza del separatore (inclusi i sistemi di stoccaggio) deve essere di 0,8/1,2/2,3 m³ o al massimo di 3,5 m³.

Per rispettare i principi di protezione contro le esplosioni e di tutela della salute, il ventilatore è montato nella parte con aria pulita dell'estrattore di polveri (fig. 14).



14 Estrattore di polveri con ventilatore nella parte con aria pulita (fonte: RIPPERT GmbH).

La portata volumetrica nominale necessaria dell'estrattore di polveri dipende **in modo significativo**, da quali macchine per la lavorazione del legno vengono azionate contemporaneamente. Per questo motivo, in fase di pianificazione, occorre osservare le portate volumetriche minime richieste dal fabbricante delle macchine all'uscita di aspirazione o, in caso di **più** punti di estrazione, nel condotto di raccolta.

Se si lavora con macchine che producono una **grande quantità di trucioli** (ad es. piallatrice a quattro lati), **gli estrattori di polveri sono idonei solo in parte**. A causa delle loro dimensioni compatte e il volume di aria grezza limitato, infatti, può accadere che i trucioli rimangano incastrati tra gli elementi del filtro e che ostruiscano l'impianto.

Gli estrattori di polveri con un volume di aria grezza >0,8 m³ devono avere una resistenza agli urti da pressione di 200 mbar e disporre di una valvola di non ritorno nonché di un sistema automatico di soppressione dell'incendio, attivabile anche manualmente. Esistono estrattori di polveri con estintori integrati. Inoltre, è possibile trovare altri sistemi di estinzione a riduzione di ossigeno combinati a una condotta di soppressione dell'incendio con un accoppiamento Storz per tubo flessibile antincendio.

Gli estrattori di polveri con un volume di aria grezza >1,2 m³ e una pulizia in linea nonché tutti gli estrattori di polveri a partire da un volume di aria grezza >2,3 fino a 3,5 m³ devono disporre anche di un sistema di rilevamento e soppressione della sorgente attiva di accensione (sistema di rilevazione di scintille e di estinzione). Tale sistema previene l'ingresso di fonti di innesco efficaci tramite la rete di estrazione nella parte caricata con polvere (parte con aria grezza) dell'estrattore di polveri. In questo modo è possibile escludere lo sviluppo di un incendio o di un'esplosione.

Per il trasporto del materiale raccolto sono possibili diverse soluzioni, come ad esempio:

- Recipiente di raccolta
- Sistema di accoppiamento per un contenitore da 800 litri (rispettare la resistenza agli urti da pressione >200 mbar)
- Scarico tramite una valvola rotativa omologata ATEX in un recipiente di raccolta o nella pressa per bricchette

Impiego di diversi estrattori di polveri in un compartimento tagliafuoco

Se, a causa delle condizioni del posto, non è possibile impiegare alcun sistema di estrazione per l'installazione in esterno, è concesso utilizzare più estrattori di polveri. In tal caso occorre raggruppare le diverse macchine per la lavorazione del legno con un criterio tale che non venga superata la portata volumetrica nominale massima di ogni estrattore di polveri. Il responsabile dell'immissione in commercio dell'estrattore di polveri può illustrare le possibili soluzioni.

4.1 Estrattori di polveri più vecchi, costruiti in base ai requisiti della norma DIN 8416

Gli estrattori di polveri costruiti secondo i requisiti della norma DIN 8416, rispettano per lo più i requisiti della SNEN 16770 [3] (si veda anche FBHM-111 [12]) e sono adatti anche ad essere installati in locali interni. Una grande differenza risiede nel fatto che la portata volumetrica nominale è limitata a massimo 6000 m³/h, mentre il volume massimo di raccolta dei recipienti a massimo 0,5 m³ in totale.

4.2 Estrattori di polveri di vecchia costruzione con ventilatore sul lato dell'aria grezza (filtri/sacchi di raccolta visibili)

Questo tipo di estrattori di polveri (fig. 15) non rispetta più lo stato della tecnica per l'estrazione industriale di trucioli e polveri di legno. I sistemi di estrazione con ventilatore sul lato dell'aria grezza per installazioni all'interno possono essere a rischio esplosione e incendio nonché rappresentare un pericolo per la salute. Per questo motivo, in caso di polveri cancerogene come faggio, quercia e alcuni legni tropicali, non è più ammesso l'uso di questi dispositivi.

Occorre inoltre osservare le istruzioni del fabbricante o del responsabile dell'immissione sul mercato per utilizzare tali dispositivi secondo la loro destinazione d'uso.



15 Estrattore di polveri vecchio con ventilatore nella parte con aria grezza (fonte: Suva).

5 Condotti per sistemi di estrazione nonché sili per polveri e trucioli di legno

Normalmente tra le macchine per la lavorazione del legno e il sistema di filtrazione sono presenti condotti fissi o, in singoli casi, flessibili (fig. 16). Questi hanno il compito di catturare le polveri e i trucioli prodotti dalle macchine per la lavorazione del legno e, tramite un flusso d'aria, di trasportarli al sistema di filtrazione. Dal filtro, questi vengono condotti in un silo tramite sistemi di trasporto pneumatici o meccanici.

Per evitare che nei condotti si accumuli polvere di legno è importante che questi siano progettati in modo tale che venga favorito il flusso d'aria e che, di quest'ultimo, ne venga mantenuta la velocità.



16 Condotti tra macchine per la lavorazione del legno, sistema di estrazione e silo (fonte: Scheuch LIGNO GmbH)

5.1 Tipi di condotti

I condotti per l'estrazione di trucioli e polveri dalle macchine per la lavorazione del legno sono diversi da quelli che servono per il trasporto del materiale filtrato al silo.

La rete di estrazione è composta dai seguenti elementi: condotti di collegamento principale, diramazioni e di collegamento macchina (fissi o flessibili), valvole a saracinesca e saracinesche antincendio.

Per trasportare, invece, le polveri e i trucioli di legno vengono usati sistemi di trasporto pneumatici (impianti di mandata a bassa o alta pressione) e meccanici (convogliatore a coclea, trasportatore a catena raschiante, montacarichi ecc.).

Se sono presenti sistemi di filtrazione intermedi, le polveri e i trucioli di legno vengono scaricati tramite una valvola rotativa in un condotto di trasporto e, normalmente, trasportati al silo tramite un sistema pneumatico.

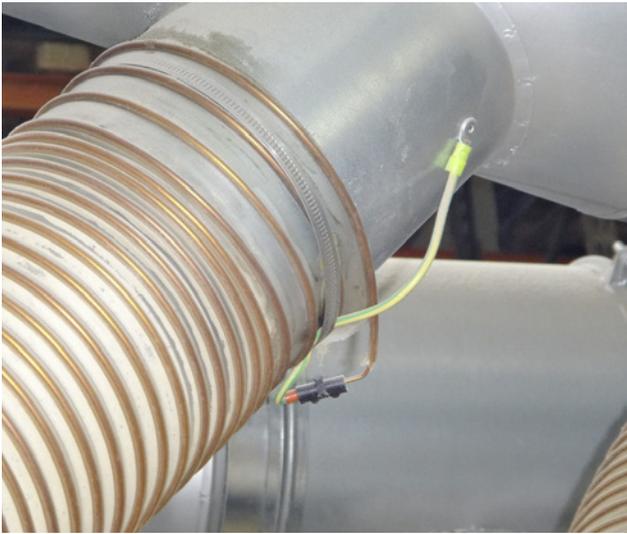
Per scongiurare il rischio di incendi, sia i condotti di estrazione che quelli di trasporto devono essere realizzati in materiale non infiammabile. Per i condotti fissi vengono impiegati esclusivamente tubature in lamiera di acciaio.

Il collegamento tra le parti mobili delle macchine e i condotti fissi avviene tramite tubi flessibili anch'essi realizzati in materiale difficilmente infiammabile.

Per evitare scariche elettrostatiche, tali tubi devono essere inoltre in materiale antistatico ($< 10^9$ Ohm; fig. 17) o disporre di una spirale metallica conduttiva, collegata alle componenti (condotto di estrazione, macchina; fig. 18) in entrambe le estremità. In questo modo l'intero sistema di estrazione presenta una messa a terra continua.



17 Tubi flessibili antistatici, difficilmente infiammabili (PUR). (fonte: von Rohr Holzbau AG)



18 Tubo con una spirale metallica messa a terra su entrambe le estremità (fonte: Bauwerk Group AG)

5.2 Progettazione dei condotti

La scelta del diametro dei condotti in ogni sezione rappresenta un criterio decisivo nella loro progettazione.

Ecco una lista di criteri per tale calcolo:

- Quantità di materiale trasportato in un determinato lasso di tempo (ad es. kg/min)
- Volume di trasporto dell'aria per materiali da trasportare (m^3/kg)
- Concentrazione massima consentita (per motivi di sicurezza) di legno nell'aria (g/m^3)
- Velocità minima dell'aria nel condotto per l'estrazione del materiale e per trasportarlo senza creare accumuli (m/s)

Questi parametri determinano la portata volumetrica nei condotti. Sulla base delle condizioni di continuità, se si uniscono diversi condotti, la portata volumetrica del condotto unico si determina dalla somma di tutte le portate volumetriche dei singoli condotti.

Per estrarre le polveri e i trucioli occorre rispettare i valori forniti dal fabbricante delle macchine per la lavorazione del legno inerenti alla velocità minima dell'aria (normalmente 20 m/s), alla portata minima e al vuoto statico (massimo 1500 Pa).

5.3 Rete di condotti (tracciamento dei condotti)

I condotti trasportano le polveri e i trucioli di legno dal punto di aspirazione fino al separatore. Dall'incrocio di questi condotti si genera una perdita di pressione che viene compensata da un ventilatore di supporto. Occorre mantenere tale perdita di pressione la più bassa possibile grazie alle seguenti misure:

- Linee dritte con minimi cambiamenti di direzione
- Collegamenti/divisioni di corrente che non creino vortici da/in diversi punti di aspirazione
- Materiale dei condotti più liscio possibile con collegamenti senza attrito
- Intervallo ottimizzato di velocità del flusso di aria riferito al diametro nominale dei condotti (minore è il diametro, maggiori saranno i problemi)

Poiché in caso di velocità crescente dell'aria la perdita di pressione aumenta esponenzialmente, quest'ultima misura è particolarmente efficace. Tuttavia, se la velocità del flusso è bassa, le polveri e i trucioli di legno tendono a depositarsi nei condotti, correndo il rischio di ostruirli.

Per questo, in base alla composizione dei materiali, è necessario non ridurre la velocità dell'aria al di sotto di determinati limiti: ovvero da 12 m/s per la polvere secca fino a ca. 25 m/s per la rasatura umida (si veda il documento DGUV Information 209-045 [5]).

I tubi flessibili impiegati per garantire la massima mobilità alla bocca dell'estrattore (ad es. in una cuffia di protezione di una sega circolare da banco) devono essere i più brevi possibile per mantenere al minimo la perdita di pressione.

Normalmente i condotti dell'aria di ricircolo vengono realizzati con una sezione rettangolare e presentano spesso un rapporto tra lato più lungo (a) e lato più corto (b) di $a/b = 1,5/1,0$.

La velocità dell'aria nei canali di ricircolo dovrebbe rimanere la più bassa possibile e non superare i 10 m/s (in caso di sezioni piccole fino a un massimo di 14 m/s) per evitare ulteriori perdite di pressione e reintrodurre l'aria pulita negli ambienti senza creare un getto. Per questo, la sezione dei canali di ricircolo deve avere almeno una superficie doppia rispetto alla somma di tutti i condotti dell'aria grezza che possono essere in funzione contemporaneamente.

6 Stoccaggio di polveri e trucioli di legno

I trucioli e le polveri di legno vengono conservati dalle aziende che lavorano il legno o producono energia in silo o magazzini aperti. I silo sono installazioni fisse chiuse per la raccolta e lo stoccaggio con altezza di riempimento di almeno 1,5 m.

Nei silo (fig. 19) si continuano a registrare infortuni e si rischia soprattutto di:

- cadere verso l'esterno o l'interno dei silo;
- affondare nei materiali sfusi;
- restare sepolti sotto al materiale;
- rimanere incastrati o essere trascinati dai sistemi di scarico meccanici;
- essere coinvolti in incendi ed esplosioni;
- intossicarsi a seguito di una violenta fuoriuscita di gas di combustione (CO) all'apertura delle porte in caso di incendio a combustione lenta o svuotamento manuale.

Per ridurre al minimo questi rischi, occorre tener presente diversi parametri durante la pianificazione, la costruzione del silo e il suo funzionamento. I silo già esistenti possono essere controllati seguendo la lista di controllo «Silo per trucioli di legno», www.suva.ch/67007.i.



19 Silo per trucioli di legno (fonte: Türenfabrik Brunegg AG).

6.1 Pianificazione di silo per trucioli di legno

6.1.1 Progettazione del deposito di trucioli

In generale, le pareti interne devono essere le più lisce possibili e devono essere prive di listelli, cornicioni e altre strutture sporgenti simili.

Per evitare di bloccare il flusso di materiale e di creare ponti di trucioli, occorre che pedane, scale, condotti di estinzione, linee elettriche e altre condutture siano installati al di fuori del deposito.

6.1.2 Geometria del silo

I silo a pianta rotonda anziché angolare godono dei seguenti vantaggi:

- Maggiore portata statica e dinamica con stesso spessore delle pareti e stessa armatura
- Assenza di angoli morti e minore possibilità che si creino ponti di materiale quando si utilizzano convogliatori a coclea

Per evitare blocchi nel flusso del materiale (ades. ponti di trucioli), è necessario che il sistema di scarico percorra tutta la superficie di base. In caso di sezioni trasversali rettangolari è necessario un sistema di scarico a pavimento mobile, mentre per quelle quadrate con un sistema di scarico circolare occorre ridurre al minimo gli angoli (superficie ottagonale, perdita di volume di stoccaggio).

La sezione del silo deve rimanere la stessa o dovrebbe ridursi man mano che ci si allontana dalla base.

Il rapporto ideale tra lunghezza e diametro (L/D) del corpo del silo dipende dal materiale stoccato, dalla sua umidità e da quanto tempo il materiale deve rimanere nel silo. Tuttavia, in generale, non deve essere maggiore di 2,5. Da qui, al netto della forma conica che assume il materiale, risulta un'altezza di riempimento massima (H) pari al doppio del diametro interno del silo.

6.1.3 Resistenza del silo

In caso di un'esplosione di polveri di legno, la pressione sprigionata all'interno del silo può raggiungere i 9 bar. Essendo quasi impossibile progettare sili che possano resistere a tali sollecitazioni, è quindi necessario adottare misure costruttive di protezione contro le esplosioni (ades. sfogo e isolamento dell'esplosione). Per evitare che l'area di sfogo dell'esplosione sia troppo grande, normalmente, vengono progettati sili a base circolare in cemento armato con una resistenza agli urti da pressione di (P_{redmax}) 0,5 bar.

6.1.4 Ubicazione dei sili

L'area di stoccaggio dei trucioli deve essere all'altezza dell'accesso dei veicoli o più alta.

I nuovi impianti silo per polveri e trucioli di legno dovrebbero essere installati all'esterno e accessibili da tutti i lati. Nel caso in cui non fosse possibile rispettare le distanze di sicurezza minime con altri edifici o i sili fossero costruiti del tutto o in parte al loro interno, occorre che questi rispettino i requisiti di protezione antincendio (ades. costruzione in cemento armato).

Inoltre è necessario prevedere vie di accesso per autocarri pesanti (ades. pompieri, smaltimento dei trucioli in caso di svuotamento di emergenza).

6.1.5 Depositi sotterranei

Nei depositi sotterranei è possibile stoccare solamente materiale a pezzi o in bricchette. Il caricamento deve avvenire senza pressione, ovvero senza trasporto pneumatico.

In caso di trasporto meccanico di rasatura, l'altezza di caduta non può essere superiore a 1 m.

Solitamente, in questi casi è possibile evitare di adottare misure costruttive di protezione contro le esplosioni ma è necessario mantenere quelle di protezione contro gli incendi.

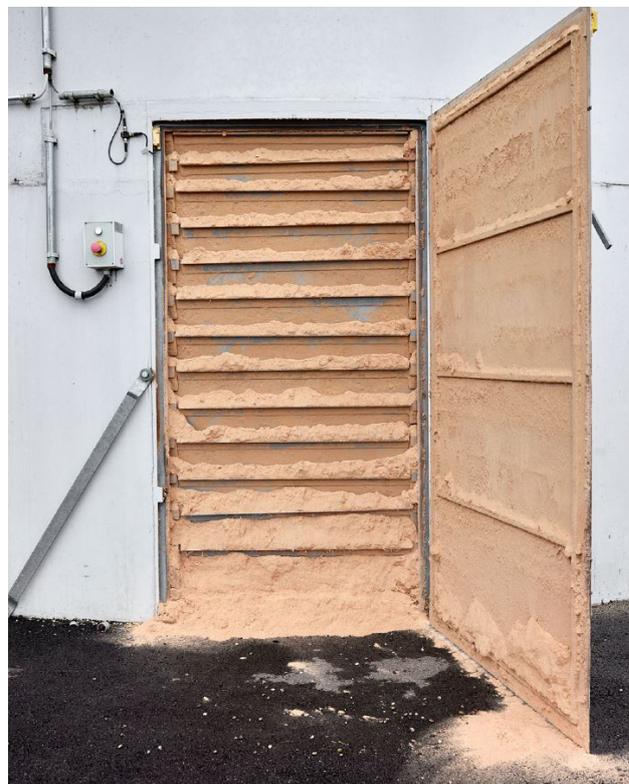
6.2 Accesso ai depositi per polveri e trucioli di legno

Le porte di accesso ai depositi devono disporre di un dispositivo di interblocco collegato al sistema di carico e scarico nonché ad eventuali sistemi di rilascio (ad es. cannoni ad aria compressa; fig. 20). In caso di apertura delle porte, cioè, tali sistemi devono essere arrestati forzatamente. Inoltre, non deve essere possibile azionare il sistema di scarico in caso di richiesta di materiale di un impianto di combustione (riscaldamento).

Sul telaio della porta devono essere montate delle tavole rimovibili singolarmente (fig. 21) dal basso verso l'alto. In questo modo si evita che il materiale eserciti pressione sull'apertura e che le persone possano rimanerne sepolte quando si apre la porta.



20 Porta di accesso al silo (fonte: Türenfabrik Brunegg AG).



21 Tavole rimovibili nell'apertura della porta (fonte: Türenfabrik Brunegg AG)

Le aperture di controllo (fig. 22) devono essere realizzate in modo tale che sia impossibile utilizzarle come accesso al silo (ad es. barre orizzontali/verticali).



22 Apertura di controllo/per smuovere i trucioli
(fonte: Renggli AG)

Nella pianificazione degli accessi e delle postazioni di manutenzione è possibile avvalersi della lista di controllo «Scale fisse a pioli» (www.suva.ch/67055.i) e dell'opuscolo «Parapetti: costruzione di parapetti a protezione di accessi fissi di impianti e macchinari» (www.suva.ch/44006.i).

6.3 Incendi ed esplosioni di polveri di legno

Nell'ottica della protezione contro le esplosioni e gli incendi, occorre rispettare i seguenti punti in fase di pianificazione:

- Per il calcolo del dimensionamento dell'area di sfogo dell'esplosione occorre rispettare i valori descritti nella norma SNEN 12779 [2]:
 - Sovrappressione massima di $P_{max} = 9 \text{ bar}$
 - Innalzamento massimo della pressione $K_{st} = 200 \text{ bar}^* \text{ m/s}$.
- Lo sfogo dell'esplosione deve essere diretto verso una zona aperta nonché in una direzione non pericolosa. Occorre dunque, ad esempio, calcolare la lunghezza e la larghezza della fiamma secondo la norma SNEN 14491 [11] e inserire tali calcoli nei relativi piani.
- I silo devono essere isolati contro le esplosioni dagli impianti e dalle macchine posti prima e dopo (ad es. valvole di non ritorno, valvole rotative, deviatori dell'esplosione, valvole a saracinesca a chiusura rapida omologati ATEX).

- I silo devono essere realizzati con materiali da costruzione RF1. Le distanze di sicurezza antincendio si basano sulla direttiva AICAA 15-15 [10]. A seconda del luogo di installazione, occorre rispettare ulteriori requisiti antincendio.

Per estinguere un incendio, bisogna prestare attenzione a non aprire i silo chiusi e a non impiegare getti di acqua o polvere estinguente. Infatti, tali metodi potrebbero portare a un'esplosione in seguito alla creazione di una miscela polveri-aria infiammabile.

È quasi impossibile estinguere del tutto un incendio all'interno dei silo perché, nei punti meno raggiungibili, rimangono delle braci accese che lo innescano nuovamente. Per questo motivo, una volta che si sviluppa un incendio in un silo, occorre scaricare totalmente e smaltire il suo contenuto.

I silo devono disporre di un impianto di soppressione dell'incendio (ad es. sistema di estinzione tramite vaporizzazione d'acqua).

L'acqua utilizzata per l'estinzione dell'incendio porta a un aumento del peso e del volume del materiale all'interno del silo. Per questo, durante il dimensionamento, è necessario tenere conto di tale aumento.

Nei silo per lo stoccaggio di polveri e trucioli di legno occorre adottare misure costruttive di protezione contro le esplosioni (costruzione resistente alle onde d'urto, sfogo/soppressione/isolamento dell'esplosione).

6.4 Svuotamento dei silo

I silo devono disporre di un sistema di scarico automatico e meccanico con il quale svuotare il silo senza la necessità di aprire le porte (ad es. sistema di bypass).

Nei silo con sezione trasversale fino a 45 m^2 non occorre un sistema di scarico meccanico, se sono disponibili aperture aggiuntive (porte, aperture per smuovere i trucioli) per effettuare uno svuotamento manuale. Per maggiori informazioni sul numero necessario di porte e sul loro dimensionamento si rimanda alla norma SN EN 12779, APPENDICE E [2].

Occorre allestire un piano di svuotamento nonché fornire al personale le necessarie istruzioni per effettuare tale manovra in sicurezza (ad es. regole di sicurezza e comportamento su www.suva.ch/legno-comportamento).

6.4.1 Svuotamento regolare dei silos

Se i silos vengono svuotati tramite aspirazione (fig. 23), la potenza del sistema di scarico montato nel silo non deve essere notevolmente inferiore della potenza dell'aspiratore. I moderni aspiratori hanno una potenza di ca. 60–80 m³/h.



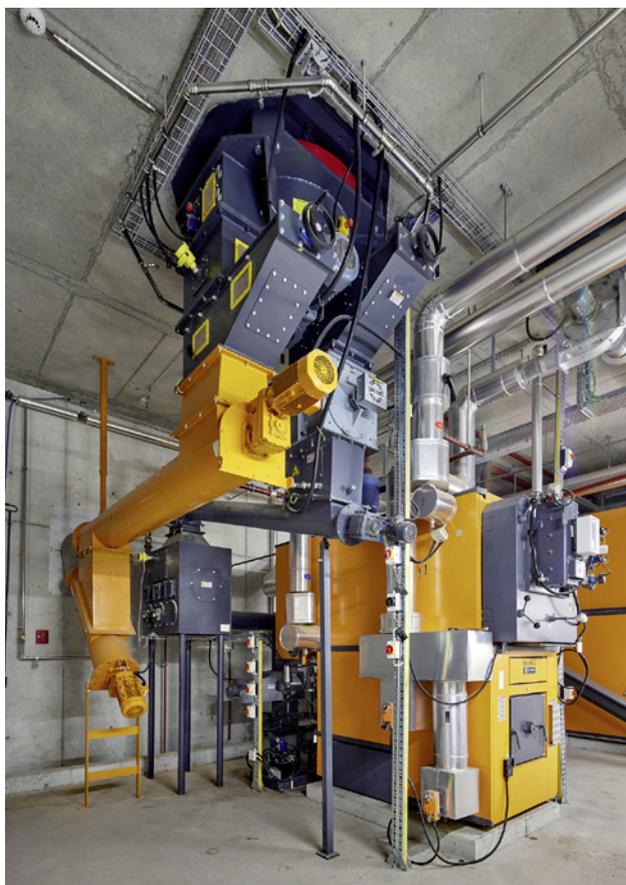
23 Estrazione di trucioli di legno con aspiratore; in esercizio normale tramite il secondo pozzetto a caduta (blu) – (fonte: Toma Holz AG)

6.4.2 Svuotamento dei silos dopo un incendio

Quando si svuota un silo a seguito di un incendio e si aprono le porte potrebbe disperdersi della polvere nell'aria che a contatto con braci ancora accese potrebbe esplodere. La pressione e le fiamme generate potrebbero quindi ferire gravemente o addirittura uccidere le persone impegnate nelle operazioni di svuotamento.

Per evitare tutto questo, i sistemi di scarico montati nel silo dovrebbero disporre di un deviatore o una seconda uscita (fig. 24), dai quali trasportare il materiale direttamente all'esterno, possibilmente in un contenitore su ruote.

Infine, con i pompieri del posto, occorre allestire un piano antincendio e di svuotamento dei silos a seguito di un incendio.



24 Sistema di scarico (parte gialla: svuotamento all'esterno, parte blu scuro: alimentazione del sistema di combustione) – (fonte: Türenfabrik Brunegg AG).

7 Appendice

7.1 Termini e definizioni

Di seguito vengono riportati i termini tecnici e le relative definizioni.

Sistema di estrazione di trucioli e polveri

Sistema utilizzato per l'estrazione, il trasporto, la separazione e lo stoccaggio temporaneo di trucioli e polveri derivanti dalla lavorazione del legno.

Sistema fisso

Sistema di estrazione per esterni, installato in modo permanente in un luogo fisso.

Estrattore di polveri

Apparecchio fisso o mobile per installazioni in interni, composto da uno o più ventilatori, elementi filtranti e dispositivi di raccolta delle polveri. In questo modo si provvede a estrarre, trasportare, separare e raccogliere polveri e trucioli di legno.

Polvere di legno

Particelle fini con una dimensione $< 0,5$ mm.

Trucioli di legno

Particelle con una dimensione $> 0,5$ mm.

Rasatura

Trucioli con una lunghezza tipica maggiore di 15 mm e uno spessore sottile rispetto alle altre dimensioni.

Rete di estrazione

Tutte le parti della rete di condotti compresi tra i punti di estrazione e il filtro consistenti in condotti di collegamento principale, diramazioni e valvole a saracinesca.

Valvola di non ritorno

Valvola a cerniera tenuta aperta mediante un flusso d'aria durante il funzionamento normale e chiusa mediante interruzione o flusso d'aria inverso.

Ventilatore

Componente dell'estrattore di polveri o del sistema di estrazione che produce la portata volumetrica necessaria per l'estrazione di trucioli e polveri dalle macchine per la lavorazione del legno.

Separatore

Dispositivo per separare i trucioli e la polvere dall'aria di trasporto. Filtri e cicloni sono esempi di separatori.

Dispositivo di rigenerazione/di pulizia

Dispositivo per la riduzione di uno strato di polveri sull'elemento filtrante. La pulizia/rigenerazione può essere ottenuta per esempio mediante vibrazione, flusso d'aria inverso o soffiaggio ad aria compressa.

Parte con aria grezza

Parte interna caricata con polveri del sistema di estrazione dalle bocche della macchina per la lavorazione del legno fino alla superficie del separatore, dove avviene la separazione tra aria e materiale trasportato.

Parte con aria pulita

Parte interna del sistema di filtrazione o dell'estrattore di polveri, che va da dopo il separatore alla bocca di uscita del sistema di filtrazione/dell'estrattore di polveri o nei condotti senza carico (ad es. impianto di circolazione)

Silo

Installazione fissa chiusa per lo stoccaggio temporaneo di trucioli e polveri con altezza di riempimento di almeno 1,5 m. Il materiale stoccato viene poi trasportato altrove, ad es. un impianto di combustione, tramite un sistema di scarico.

Contenitore

Attrezzatura mobile con un volume maggiore di $1,0\text{m}^3$ per lo stoccaggio temporaneo di trucioli e polveri.

Recipiente di raccolta

Attrezzatura mobile con un volume fino a $1,0\text{m}^3$ per lo stoccaggio temporaneo di trucioli e polveri.

Recipiente di compensazione

Recipiente installato a monte di una macchina per la lavorazione del legno, con una capienza massima di 3 m³, con lo scopo di compensare le variazioni di quantità di materiale introdotto in un lasso di tempo.

Sistema di scarico

Sistema che rimuove in continuo o a intermittenza i trucioli e le polveri dai separatori o silo.

Aria di ricircolo

Aria filtrata reintrodotta nell'area di lavoro (→ parte con aria pulita).

Aria di scarico

Flusso d'aria scaricato nell'atmosfera

Depressione

Vuoto statico in un punto di collegamento con i condotti

Sistema di rilevamento e soppressione della sorgente attiva di accensione

Sistema che previene l'ingresso di sorgenti di accensione attiva nella parte caricata con polvere dell'estrattore di polveri.

Nota: I requisiti dell'equipaggiamento tecnico di tali sistemi sono definiti in modo più dettagliato nella norma SN EN 16770.

Sistema di soppressione dell'incendio

Sistema che sopprime attivamente un incendio all'interno dell'estrattore di polveri. I requisiti dell'equipaggiamento tecnico di tali sistemi sono definiti in modo più dettagliato nella norma SN EN 16770.

Monitoraggio del contenuto di polvere residua

Monitoraggio mediante apparecchi di misurazione del contenuto di polvere residua (0,1 mg/m³ – 0,3 mg/m³) nel condotto dell'aria di ricircolo con diverse portate volumetriche. Se il valore massimo viene superato, l'impianto di misurazione (spesso un sensore triboelettrico) attiva un segnale di avvertimento (allarme visivo e/o acustico).

Serranda tagliafuoco

Dispositivo di blocco nei condotti dell'aria di ricircolo contro la propagazione dell'incendio e/o del fumo. Una volta superata la temperatura critica, la serranda impedisce che l'incendio o il fumo si propaghi attraverso i condotti e che dal separatore raggiunga gli altri settori adiacenti. Normalmente, le serrande tagliafuoco vengono attivate da un termosensore bimetallico.

Dispositivo di sfogo dell'esplosione

Dispositivo montato su contenitori o volumi chiusi di altra natura con lo scopo di proteggere gli stessi dalla pressione dell'esplosione tramite il suo sfogo. Tali dispositivi possono essere dischi di rottura, valvole e dispositivi di sfogo dell'esplosione senza fiamma.

Isolamento dell'esplosione

Dispositivo di sicurezza atto ad evitare che l'esplosione di polveri all'interno di un contenitore si propaghi verso le parti dell'impianto adiacenti.

Velocità dell'aria

Velocità media dell'aria all'interno di un condotto.

Sovrappressione massima di esplosione P_{max}

Sovrappressione massima, individuata con criteri di verifica definiti, generata all'interno di un contenitore chiuso in caso di esplosione di un'atmosfera esplosiva.

Sovrappressione ridotta massima di esplosione

P_{redmax}

Sovrappressione massima generata dall'esplosione di un'atmosfera esplosiva in un contenitore protetto da un dispositivo di sfogo o soppressione dell'esplosione.

Costante di esplosione delle polveri K_{ST}

Valore massimo di innalzamento della pressione in caso di esplosione in un contenitore chiuso.

7.2 Bibliografia

[1] «Direttiva 2006/42/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 17 maggio 2006 relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE, [sicurezza delle macchine](#)

[2] SN EN 12779:2016, Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno – Sistemi fissi di estrazione di trucioli e polveri – Requisiti di sicurezza; Fonte: Associazione svizzera di normalizzazione (versione DE e FR) www.snv.ch; UNI – Ente Italiano di Normazione (versione IT) www.uni.com

[3] SN EN 16770:2019, Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno – Sistemi di estrazione di trucioli e polveri per installazioni in interni – Requisiti di sicurezza; Fonte: Associazione svizzera di normalizzazione (versione DE e FR) www.snv.ch; UNI – Ente Italiano di Normazione (versione IT) www.uni.com

[4] DGUV Information 209-044:2019, Holzstaub (polvere di legno); Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM)

[5] BG-Information 739-2:2012, Absauganlagen und Silos für Holzstaub und Späne – Brand- und Explosionsschutz (sistemi di estrazione e sili per polveri e trucioli di legno – Protezione contro gli incendi e le esplosioni); Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM)
Bozza DGUV Information 209-045:20.4.2020, Absauganlagen und Silos für Holzstaub und Späne – Brand- und Explosionsschutz

[6] DGUV Information 209-083:2015, Silos für das Lagern von Holzstaub und Spänen – Bauliche Gestaltung, Betrieb (sili per lo stoccaggio di polveri e trucioli di legno – progettazione strutturale, funzionamento); Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM)

[7] DGUV Information 209-200:2020, Absauganlagen Konzeption, Planung, Realisierung und Betrieb (sistemi di estrazione: progetto, pianificazione, realizzazione e funzionamento) Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM)

[8] Bozza DGUV Information 209-205:17.12.2020, Absaugen von Holzstaub und Spänen – Spezielle Anforderungen, Besonderheiten und Umsetzung (Estrazione di polveri e trucioli di legno – Requisiti speciali, particolarità e applicazione)

[9] Direttiva antincendio AICAA 15-15 «Distanze di sicurezza antincendio – Strutture portanti – Compartimenti tagliafuoco»

[10] Nota esplicativa antincendio AICAA 104-15 «Impianti di combustione a trucioli» disponibile su www.bsvonline.ch/it

[11] SNEN 14491:2012, Sistemi di protezione mediante sfogo dell'esplosione di polveri

[12] DGUV FBHM-111, Mobile Entstauber für Holzstaub und Holzspäne – Sicheres Verwenden und sichere Luftrückführung von Altgeräten (Estrattori di polveri mobili per polveri e trucioli di legno – Utilizzo sicuro e corretto ricircolo dell'aria di vecchi dispositivi)

Il modello Suva I quattro pilastri



La Suva è più che un'assicurazione perché coniuga prevenzione, assicurazione e riabilitazione.



Le eccedenze della Suva ritornano agli assicurati sotto forma di riduzioni di premio.



La Suva è gestita dalle parti sociali: i rappresentanti dei datori di lavoro, dei lavoratori e della Confederazione siedono nel Consiglio della Suva. Questa composizione paritetica permette di trovare soluzioni condivise ed efficaci.



La Suva si autofinanzia e non gode di sussidi.

Suva
Casella postale, 6002 Lucerna

Informazioni
Tel. 058 411 12 12
servizio.clienti@suva.ch

Ordinazioni
www.suva.ch/44100.i

Titolo
Sistemi di estrazione di polveri e trucioli di legno

Ringraziamo tutte le aziende che hanno messo a disposizione le proprie immagini per questa pubblicazione. Le fonti sono indicate nella legenda.

Riproduzione autorizzata, salvo a fini commerciali, con citazione della fonte.
Prima edizione: agosto 2024

Codice
44100.i (disponibile solo in formato PDF)



Fonte: Scheuch LIGNO GmbH

