

#### 4.5.2 Processi di rivestimento continui

Nei processi di rivestimento continui, l'acciaio viene fatto passare continuamente in un bagno di metallo fuso. I metalli utili a tale scopo sono quelli che hanno una temperatura di fusione sufficientemente bassa da evitare modificazioni termiche dei prodotti d'acciaio (ad es. alluminio, piombo, stagno e zinco).

I prodotti d'acciaio che possono essere rivestiti tramite processi continui sono i nastri ed i fili. Per i nastri, i principali tipi di rivestimento sono riassunti nella tabella seguente:

METALLO BASE	BAGNO	RIVESTIMENTO	
		Tipo	Nome
Zinco	Zn	Zn	Galvanised
	Zn	Zn-Fe	Galvannealed
	Zn	Senza Piombo	
	Zn-Al	99% Zn, 1% Al	Crackfree
	Zn-Al	95% Zn, 5% Al	Galfan
Alluminio	Al-Zn	55% Al, 43,5% Zn, 1,5% Si	
	Al-Si	Al 92%, Si 8%	
Piombo	Pb-Sn	8,25% Sn, 75-92% Pb	Terne

#### *Principali tipologie di rivestimenti per i nastri d'acciaio*

I fili d'acciaio possono essere rivestiti con zinco o stagno; lo zinco è fondamentalmente applicato come protezione contro la corrosione, mentre lo stagno fornisce al filo un aspetto lucido e costituisce uno stato adesivo di lega per saldatura.

#### 1. Zincatura a caldo continua dei Nastri d'acciaio

##### A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi, emissioni, scarichi, residui)

Nella zincatura a caldo continua, il nastro d'acciaio laminato a freddo viene rivestito con uno strato di zinco o lega di zinco che impartisce protezione alla corrosione.

I rotoli di nastro d'acciaio laminati a freddo in ingresso all'impianto vengono svolti e saldati tra di loro, in modo da dare continuità al processo; il nastro continuo viene accumulato in un sistema di accumulo, in modo da garantire la marcia della linea anche in caso di rallentamenti nella sezione di ingresso. Analogamente è presente un sistema di accumulo in coda all'impianto, in modo da garantire la marcia durante i rallentamenti della sezione di uscita della linea (taglio del nastro e riavvolgimento in coils).

Il processo di zincatura a caldo di nastri di acciaio laminati a freddo è generalmente costituito dalle fasi seguenti:

1. sgrassaggio
2. trattamento termico
3. immersione nel bagno fuso (Zincatura)
4. trattamento di Galvannealing
5. post-trattamenti
6. finitura



Nel caso in cui si utilizzano forni di trattamento termico a fiamma diretta, l'operazione di sgrassaggio può non essere effettuata in quanto i residui oleosi vengono bruciati all'interno del forno.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante la fase di sgrassaggio sono costituite dai vapori generati nelle vasche di trattamento.

Inoltre da tale fase di processo si generano dei reflui oleosi alcalini (soluzioni di sgrassaggio esauste).

## **2. Trattamento termico**

Prima della fase di zincatura, i nastri di acciaio attraversano un forno ad atmosfera controllata principalmente per migliorare le proprietà adesive della superficie, consentire all'acciaio di ottenere le proprietà meccaniche richieste e di raggiungere la temperatura richiesta prima dell'immersione nel bagno fuso.

Solitamente si utilizzano le seguenti tipologie di forni:

### Forno *Senzimir*

È un tipo di forno continuo orizzontale, costituito da:

- zona di preriscaldamento, separata dal resto del forno, in cui il nastro è riscaldato direttamente (zona ossidante);
- zona di riduzione e zona di mantenimento a riscaldamento indiretto contenenti atmosfere riducenti ( $H_2/N_2$ );
- zona di raffreddamento.

Nella zona di preriscaldamento il nastro viene pulito e ossidato bruciando i residui di emulsione oleosa; nella zona di riduzione si ha la riduzione degli ossidi in atmosfera inerte; nella zona di mantenimento si realizza la ricristallizzazione e la normalizzazione dell'acciaio; nella zona di raffreddamento il nastro viene raffreddato ad una temperatura leggermente superiore a quella del bagno di zinco fuso.

### Forno a fiamma diretta (*D.F.F.*)

Il forno a fiamma diretta (tipo non ossidante) può essere suddiviso in varie sezioni:

- sezione di pre-riscaldamento, in cui il nastro è preriscaldato utilizzando i fumi provenienti dal forno;
- il forno stesso, in cui il nastro viene riscaldato a contatto diretto con la fiamma;
- sezione di ricottura, dove, attraverso un riscaldamento elettrico o tramite elementi radianti, il nastro viene riscaldato e mantenuto a temperatura adeguata in atmosfera riducente;
- sezione di raffreddamento del nastro, suddivisa in più parti aventi velocità di raffreddamento diverse;
- sezione di uscita, da cui il nastro viene avviato al bagno di zinco fuso.

Questa tipologia di forno consente la pulizia della superficie del nastro, cosa che rende non sempre necessario lo sgrassaggio preliminare del metallo.

### Forno a tubi radianti (*R.T.F.*)

Tramite questo tipo di forno si realizza un riscaldamento del nastro di tipo indiretto: i fumi di combustione circolano all'interno di tubi radianti e non entrano in contatto col nastro, che transita all'interno del forno in un'atmosfera riducente ( $H_2/N_2$ ). La zona di mantenimento può essere dotata di riscaldamento con tubi radianti o di tipo elettrico. Questo tipo di forno, in combinazione con uno sgrassaggio alcalino preliminare, consente di ottenere standard qualitativi molto elevati e di migliorare l'aderenza del successivo rivestimento metallico.

Il riscaldamento viene generalmente realizzato con la combustione di gas di cokeria desolforati o gas naturale.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante la fase di trattamento termico sono costituite dai prodotti di combustione dei suddetti combustibili.

### **3. Immersione del nastro nel bagno fuso (Zincatura)**

Il rivestimento di zinco sul nastro avviene per immersione del nastro di acciaio in un bagno di zinco fuso.

Il bagno di zincatura attraverso il quale viene fatto passare il nastro è mantenuto ad una temperatura di 440-490°C tramite sistemi ad induzione elettrica o tramite la combustione di gas naturale; il bagno è costituito da zinco fuso e da additivi (ad es. antimonio, piombo o alluminio).

La quantità di zinco fuso contenuta è sufficiente per prevenire ampie variazioni della temperatura.

Il controllo di temperatura del bagno è essenziale, in quanto una temperatura troppo elevata provoca un aumento dell'ossidazione della superficie del bagno fuso, mentre una temperatura troppo bassa del bagno provoca un aumento della viscosità del metallo fuso che ostacola la formazione di uno strato di rivestimento sottile. La temperatura del bagno deve essere pertanto ottimizzata al fine di ottenere le caratteristiche qualitative richieste per il prodotto finale rivestito.

Il nastro lascia il bagno con una certa quantità di zinco liquido sulla superficie; per ottenere l'esatto spessore richiesto, il nastro viene fatto passare attraverso una serie di getti posti al di sopra della superficie del bagno; in questo modo l'eccesso di zinco viene rimosso dall'acciaio soffiando aria o azoto ed il sistema solitamente è regolato da un misuratore dello spessore del rivestimento.

Dopo aver lasciato il bagno, il nastro viene solitamente sottoposto a raffreddamento ad aria, water quench ed asciugatura.

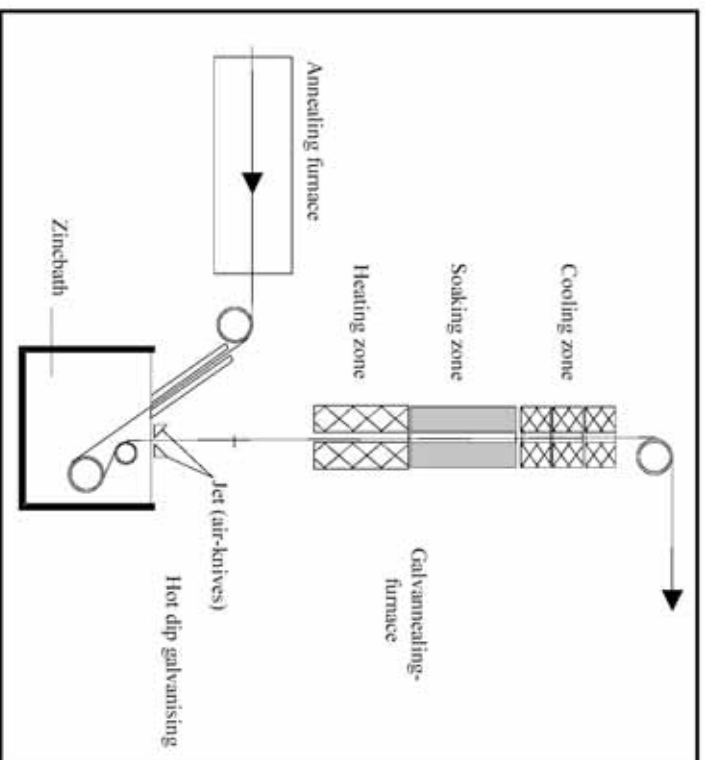
Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante la fase di zincatura sono costituite dai prodotti di combustione del combustibile utilizzato per il riscaldamento del bagno fuso; tali emissioni sono assenti nel caso in cui si utilizzano sistemi di riscaldamento della vasca induttivi.

### **4. Galvannealing**

Il Galvannealing è un post-trattamento, presente su alcuni impianti, in cui il nastro in uscita dal bagno di zincatura viene riscaldato ad una temperatura tale da portare alla formazione di una lega zinco-ferro (10% in ferro) che impartisce al prodotto un aspetto particolarmente liscio. La lega si crea per diffusione del ferro dal nastro allo strato di zinco; tale diffusione è ottenuta mediante il riscaldamento per un tempo adeguato ad una temperatura che dipende dal tipo di acciaio (generalmente tra i 500 ed i 540°C). A tal fine si utilizzano dei forni, che si dividono in due zone: zona di riscaldamento e zona di mantenimento.

Alcuni forni sono dotati di riscaldamento per induzione nella zona di riscaldamento e di riscaldamento elettrico o tramite tubi radianti nella zona di mantenimento. Il riscaldamento induttivo consente un periodo di riscaldamento ed un tempo di reazione brevi, una regolazione accurata della temperatura, oltre che da assenza di emissioni in atmosfera; pertanto consente di ottenere prodotti qualitativamente migliori.

Altri tipi di forni sono equipaggiati con tubi radianti in entrambe le zone e sono caratterizzati pertanto da tempi di riscaldamento più lunghi.



*Schema di una linea di Galvannealing*

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante la fase di Galvannealing sono costituite dai prodotti di combustione dei combustibili utilizzati nei forni; tali emissioni sono assenti laddove si utilizzano sistemi di riscaldamento di tipo induttivo.

## **5. Post-trattamenti**

Dopo la fase di rivestimento, i nastri d'acciaio sono solitamente sottoposti a post-trattamenti per prevenire danni superficiali e fessurazioni, nonché per consentire di migliorare i processi successivi a cui sono sottoposti i nastri. In particolare i post-trattamenti come ad es. l'oliatura, la passivazione, la fosfatazione o una loro combinazione aumentano in modo considerevole la resistenza contro la formazione di ruggine bianca (idrossidi di zinco), che influenza negativamente le lavorazioni successive.

L'oliatura consiste nell'applicare uno strato d'olio sulla superficie del nastro.

La passivazione è un trattamento effettuato con solventi contenenti acidi cromatici, applicati tramite spruzzatura o tramite rulli di applicazione.

La fosfatazione è un trattamento effettuato con una soluzione a base di acido fosforico per spruzzaggio o per immersione che porta alla precipitazione di cristalli di fosfato di zinco sulla superficie del nastro.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante la fase dei post-trattamenti sono costituite dai vapori che si generano dalle vasche di trattamento.

Inoltre da tale fase di processo si possono generare, a seconda del trattamento, dei reflui.

## **6. Finitura**

Per impartire all'acciaio determinate proprietà richieste dal cliente (ad es. un'apparenza superficiale particolare, levigatezza, etc.) o per rispettare le tolleranze di larghezza del nastro si possono realizzare le seguenti operazioni di finitura:

### Trattamento Mini/No Spangle

Se la velocità di raffreddamento dello strato superiore di zinco puro è sufficientemente bassa, si formano cristalli larghi che impartiscono un aspetto “lucente”. A volte questo effetto o non è richiesto o è richiesto in misura ridotta; in tal caso si raffredda il nastro più velocemente o si ricorre a spruzzaggio di vapore, a spruzzaggio di vapore con additivi solitamente a base di fosfati o a spruzzaggio con polvere di zinco (stellatura ridotta).

### Skinpassatura

Il nastro viene skinpassato mediante cilindri di lavoro ed il trattamento può essere realizzato in tre modi: a secco, ad umido con sola acqua e ad umido con acqua e detergente.

### Spianatura

Il nastro viene spianato mediante rulli di lavoro che intervengono ad eliminare i difetti di forma del nastro, come imbarcature, curvature, etc.

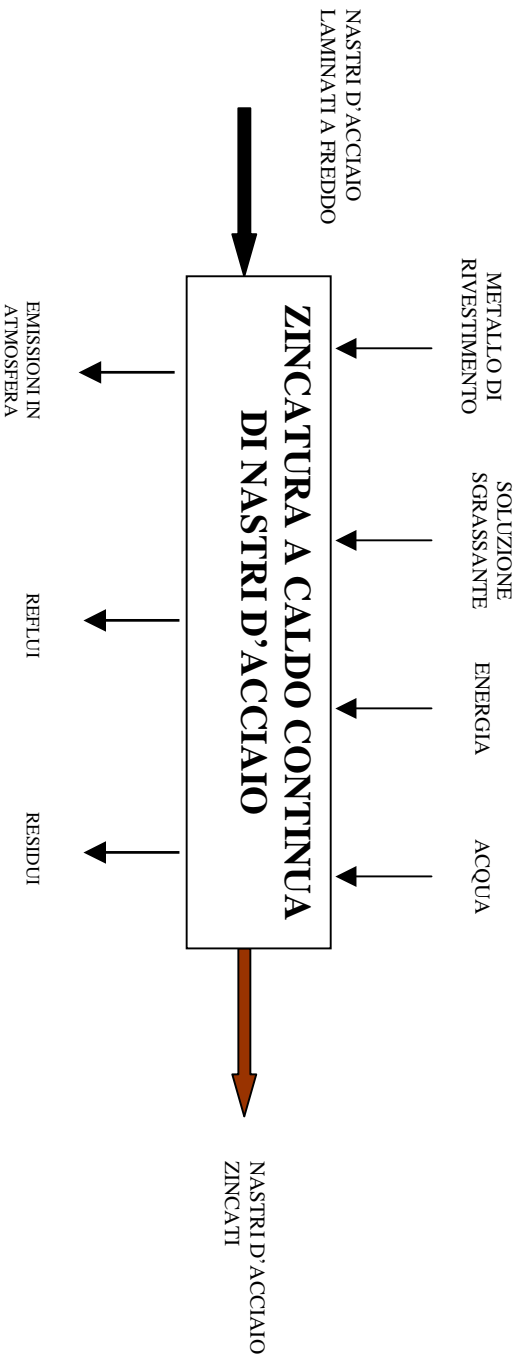
### Taglio dei bordi

Per alcune applicazioni si deve effettuare un taglio dei bordi per raggiungere la tolleranza in larghezza richiesta ed eliminare piccoli difetti ai bordi.

Dalla fase di skinpassatura ad umido si generano dei reflui, contenenti principalmente solidi sospesi e zinco.

- **Bilancio complessivo di materia ed energia**

Lo schema di flusso di materia ed energia in ingresso ed in uscita dalla zincatura a caldo continua di nastri è sinteticamente di seguito rappresentato:



I principali residui nel normale esercizio sono costituiti dalle scorie (contenenti fondamentalmente zinco) che si formano sulla superficie del bagno fuso; tali scorie sono rimosse periodicamente e riciclate all'industria dei metalli non ferrosi per consentire il recupero dei metalli contenuti.

Altri residui quali ad esempio refrattari a fine ciclo, fanghi derivanti dal trattamento acque, sfridi, ecc.... vengono smaltiti e, ove possibile, riciclati.

## **B) Migliori tecniche e tecnologie disponibili**

### **1. Sgrassaggio**

- Riduzione dei reflui derivanti dallo sgrassaggio alcalino mediante:
    - l'utilizzo della soluzione sgrassante in cascata, nel caso in cui lo sgrassaggio alcalino è direttamente connesso con lo stadio di pulitura elettrolitica.  
In particolare si ha che la soluzione alcalina utilizzata nello sgrassaggio elettrolitico può essere ricircolata nello stadio coniglio di sgrassaggio non elettrolitico;
    - pulizia dall'olio della soluzione alcalina (ad es. con sistemi di pulizia meccanica, membrane, ecc.) e suo riciclo nella sezione di sgrassaggio.
- Tale tecnica è applicabile ai nuovi impianti, mentre l'applicazione su impianti esistenti è condizionata dalla disponibilità di spazio.
- Raccolta delle acque derivanti dallo sgrassaggio e loro invio all'impianto di trattamento delle acque di processo.
  - Adozione di vasche di sgrassaggio coperte con estrazione e depurazione dell'aria estratta tramite scrubber o demister.
  - Adozione di rulli strizzatori per ridurre il trascinarsi della soluzione sgrassante tra le varie sezioni.

### **2. Trattamento termico**

- Adozione di bruciatori a basso NOx (low-NOx).  
I bruciatori low-NOx sono progettati per ridurre il livello delle emissioni di NOx. I principali criteri di progettazione su cui tali bruciatori si basano sono: riduzione della temperatura di picco della fiamma, riduzione del tempo di permanenza nella zona ad alta temperatura e riduzione della disponibilità di ossigeno nella zona di combustione.  
Il preriscaldamento dell'aria comburente, che è una tecnica applicata, ove possibile, per aumentare l'efficienza energetica dei forni (e quindi per abbassare il consumo di combustibile e le emissioni degli altri inquinanti di un processo di combustione), comporta concentrazioni di NOx più elevate nelle emissioni dei forni che ne sono dotati.

Le prestazioni raggiungibili con tali tecniche in condizioni normali sono le seguenti:

- emissioni convogliate di NOx al camino di convogliamento in atmosfera dei fumi di combustione, in funzione della temperatura di preriscaldamento dell'aria comburente:



Temperatura di preriscaldamento aria comburente	NOx (mg/Nmc) – 3% O <sub>2</sub>
< 200 °C	< 400
300 °C	fino a 450
400 °C	fino a 600
500 °C	fino a 800
700 °C	fino a 1500
800 °C	fino a 2300
900 °C	fino a 3500
1000 °C	fino a 5300

- Adozione di una o una combinazione delle seguenti tecniche per il recupero del calore:
  - recupero del calore dei fumi di combustione mediante sistemi recuperativi o sistemi rigenerativi per preriscaldare l'aria comburente.  
I sistemi recuperativi sono costituiti da scambiatori di calore, installati prima dell'immissione in atmosfera dei fumi di combustione, che consentono il trasferimento del calore continuamente dei fumi caldi all'aria comburente in ingresso, o da bruciatori che hanno questi scambiatori già incorporati singolarmente.  
Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldamento dell'aria comburente fino a 600°C.
  - I sistemi rigenerativi sono costituiti da due scambiatori di calore (rigeneratori) contenenti, ad esempio, materiale ceramico: mentre un rigeneratore viene riscaldato per contatto diretto con i fumi caldi della combustione, l'altro ancora caldo riscalda l'aria comburente. Dopo un certo periodo il processo è invertito scambiando i flussi.  
Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldamento dell'aria comburente più elevate (superiori a 600°C).  
Un problema dei sistemi rigenerativi è la sensibilità alla polvere, che, se generata in notevoli quantità dal processo di combustione, può provocare la precoce sostituzione dei riempimenti ceramici.  
I costi di investimento sono elevati (sistema di rigenerazione e bruciatori più costosi);
  - recupero del calore dei fumi di combustione per la produzione di vapore nel caso di fabbisogno per l'impianto di zincatura a caldo;
  - preriscaldamento del nastro.

Tali tecniche possono essere previste in fase progettuale su nuovi impianti mentre su impianti esistenti la loro adozione può essere effettuata nel caso di sostanziali ammodernamenti e ove tecnicamente ed economicamente fattibile.

### 3. Immersione del nastro nel bagno fuso (Zincatura)

- Raccolta dei residui contenenti zinco (scoria, ecc.) e loro riciclo nell'industria dei metalli non ferrosi.  
Ad esempio parte dello zinco consumato finisce nella scoria che si forma sulla superficie del bagno fuso; tale scoria viene rimossa manualmente in quanto influenza negativamente la qualità del rivestimento del nastro.

### 4. Galvannealing

- Adozione di bruciatori a basso NOx (low-NOx).  
I bruciatori low-NOx sono progettati per ridurre il livello delle emissioni di NOx.  
I principali criteri di progettazione su cui tali bruciatori si basano sono: riduzione della temperatura di picco della fiamma, riduzione del tempo di permanenza nella zona ad alta temperatura e riduzione della disponibilità di ossigeno nella zona di combustione.  
Il preriscaldamento dell'aria comburente, che è una tecnica applicata, ove possibile, per aumentare l'efficienza energetica dei forni (e quindi per abbassare il consumo di combustibile e le emissioni degli altri inquinanti di un processo di combustione), comporta concentrazioni di NOx più elevate nelle emissioni dei forni che ne sono dotati.

Le prestazioni raggiungibili con tali tecniche in condizioni normali sono le seguenti:

- emissioni convogliate di NOx al camino di convogliamento in atmosfera dei fumi di combustione, in funzione della temperatura di preriscaldamento dell'aria comburente:

Temperatura di preriscaldamento aria comburente	NOx (mg/Nmc) – 3% O <sub>2</sub>
< 200 °C	< 400
300 °C	fino a 450
400 °C	fino a 600
500 °C	fino a 800
700 °C	fino a 1500
800 °C	fino a 2300
900 °C	fino a 3500
1000 °C	fino a 5300

- Recupero del calore dei fumi di combustione mediante sistemi recuperativi o sistemi rigenerativi per preriscaldare l'aria comburente.  
I sistemi recuperativi sono costituiti da scambiatori di calore, installati prima dell'immissione in atmosfera dei fumi di combustione, che consentono il trasferimento del calore

continuamente dei fumi caldi all'aria comburente in ingresso, o da bruciatori che hanno questi scambiatori già incorporati singolarmente.

Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldamento dell'aria comburente fino a 600°C.

I sistemi rigenerativi sono costituiti da due scambiatori di calore (rigeneratori) contenenti, ad esempio, materiale ceramico: mentre un rigeneratore viene riscaldato per contatto diretto con i fumi caldi della combustione, l'altro ancora caldo riscalda l'aria comburente. Dopo un certo periodo il processo è invertito scambiando i flussi.

Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldamento dell'aria comburente più elevate (superiori a 600°C).

Un problema dei sistemi rigenerativi è la sensibilità alla polvere, che, se generata in notevoli quantità dal processo di combustione, può provocare la precoce sostituzione dei riempimenti ceramici.

I costi di investimento sono elevati (sistema di rigenerazione e bruciatori più costosi).

Tali tecniche possono essere previste in fase progettuale su nuovi impianti mentre su impianti esistenti la loro adozione può essere effettuata nel caso di sostanziali ammodernamenti e ove tecnicamente ed economicamente fattibile.

## 5. Post-trattamenti

- Adozione, per il trattamento di oliatura del nastro, di una delle seguenti tecniche:
  - copertura della macchina di oliatura del nastro;
  - oliatura elettrostatica.

- Adozione delle seguenti tecniche per i trattamenti di passivazione e fosfatazione:
  - copertura dei bagni di processo;
  - riciclo della soluzione di passivazione del nastro d'acciaio zincato.

La soluzione esausta viene di volta in volta scaricata ed inviata al sistema di depurazione acque o conferita all'esterno per il suo trattamento;

  - riciclo della soluzione di fosfatazione del nastro d'acciaio zincato.

La soluzione esausta viene di volta in volta scaricata ed inviata al sistema di depurazione acque o conferita all'esterno per il suo trattamento;

  - utilizzo di rulli strizzatori per i evitare i trascinamenti delle soluzioni nelle sezioni successive, con perdita di sostanze chimiche.

## 6. Finitura

- Raccolta delle acque derivanti dalla skinpassatura ad umido e loro invio all'impianto di trattamento delle acque di processo.

## 7. Trattamento acque

- Adozione di sistema separato delle acque di raffreddamento ed operanti, ove possibile, in circuito chiuso con raffreddamento in torri evaporative o altri sistemi.
- Trattamento delle acque di processo derivanti dall'impianto di zincatura a caldo ed eventualmente derivanti anche da altre attività, utilizzando un'opportuna combinazione di stadi di sedimentazione, filtrazione e/o flottazione, precipitazione, flocculazione o altre combinazioni di pari efficienza.  
La frazione oleosa derivante dal trattamento dovrebbe essere, per quanto possibile, riutilizzata (ad es. combustione).

Le prestazioni raggiungibili in condizioni normali dagli impianti di trattamento delle acque di processo sono le seguenti:

- concentrazioni allo scarico dopo trattamento:
  - solidi sospesi:  $\leq 20$  mg/l
  - Fe:  $\leq 10$  mg/l
  - Zn:  $\leq 2$  mg/l
  - Ni:  $\leq 0.2$  mg/l
  - Cr<sub>tot</sub>:  $\leq 0.2$  mg/l
  - Pb :  $\leq 0.5$  mg/l
  - Sn:  $\leq 2$  mg/l

Su impianti esistenti di trattamento acque di tipo continuo con livelli di zinco allo scarico  $\leq 4$  mg/l, potrebbe essere adottato il trattamento batch.

## 2. Zincatura a caldo continua dei fili d'acciaio a basso tenore di carbonio

Il processo di rivestimento a caldo dei fili di acciaio realizza in modo continuo le varie fasi riconducibili alla zincatura generale.

I fili trafilati, infatti, passano nelle varie sezioni di trattamento, preparazione e zincatura con tempi di permanenza calcolati giustamente per raggiungere i risultati voluti.

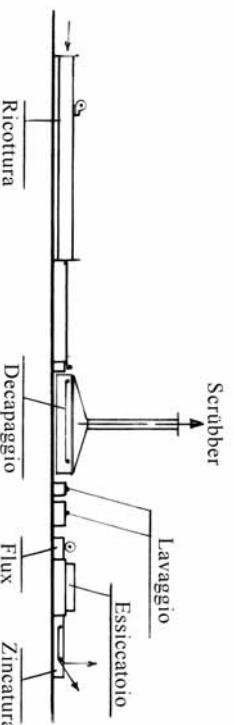
I metalli adatti per i rivestimenti a caldo sono quelli che hanno il punto di fusione abbastanza basso per evitare modificazioni termiche nella base di acciaio.

La grande maggioranza dei rivestimenti applicati a caldo è costituita da zinco.

Altri rivestimenti come il Galfan (Zn 95% + Al 5%) hanno una importanza marginale per la scarsa diffusione dei processi relativi.

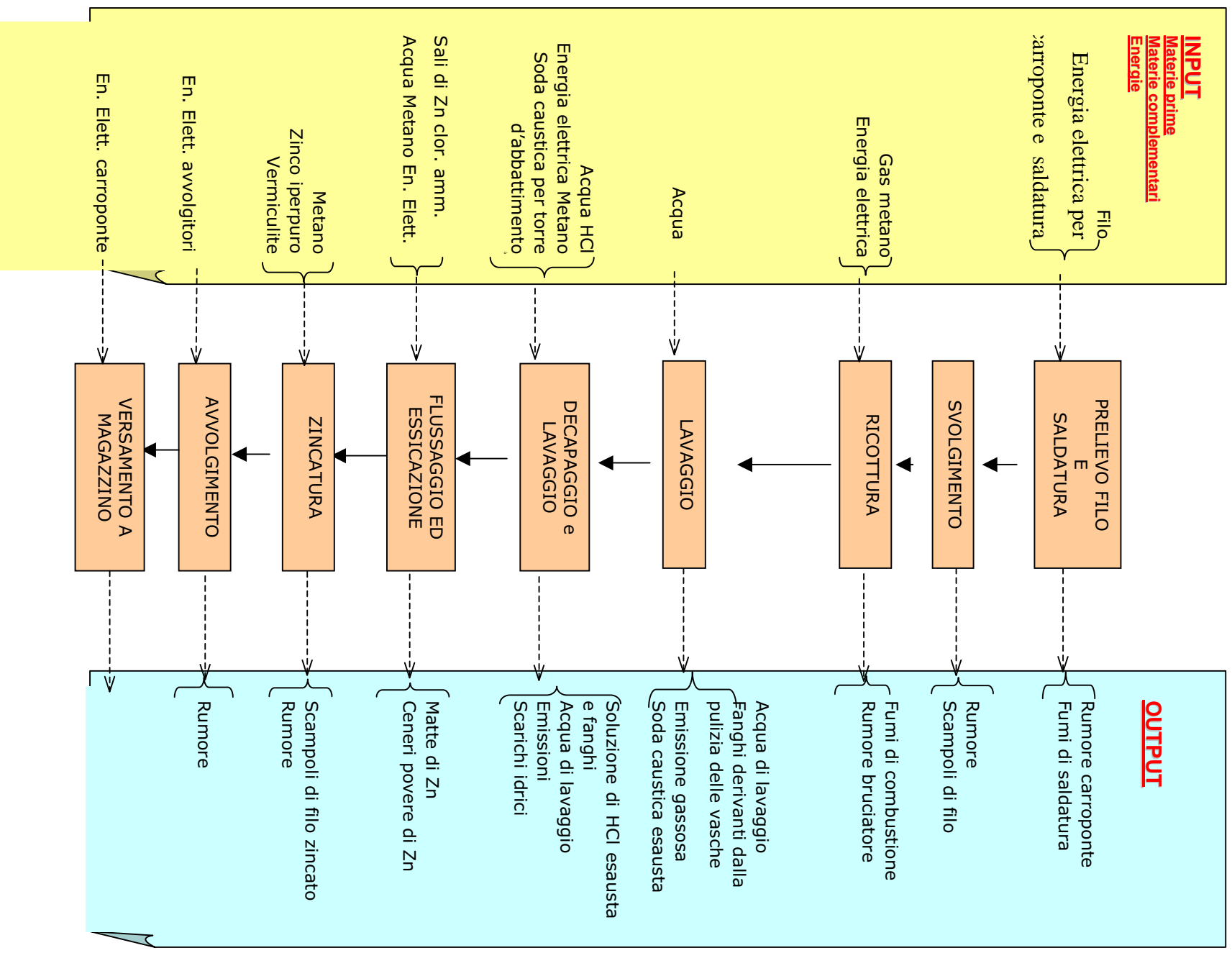
Gli impianti di zincatura continua dei fili comprendono le seguenti fasi:

- Ricottura
- Decapaggio
- Lavaggio
- Flux
- Zincatura
- Raffreddamento e finitura



I maggiori problemi ambientali che riguardano questo sub-settore sono emissioni in aria, rifiuti e acque esauste, immissioni in aria e consumo energetico dei forni, residui che contengono zinco (Vedi schema a blocchi All. 1). I risultati chiave per quanto riguarda la BAT per le diverse sezioni e le diverse emissioni ambientali della zincatura a caldo, sono ricapitolate nella tabella 1. Tutte le emissioni sono espresse come valori medi giornalieri. Le emissioni in aria sono basate su condizioni standard di 273 K, 101,3 kPa e gas secco. Gli scarichi di acqua sono indicati come valore medio giornaliero del flusso-campione composto di 24 ore.

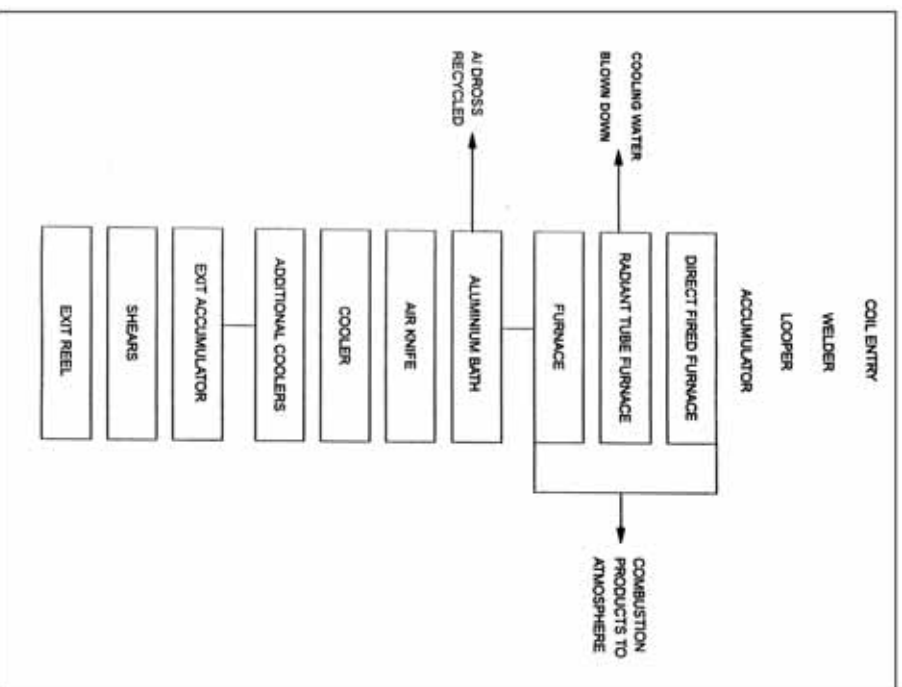
## ANALISI DEGLI ASPETTI AMBIENTALI PER FASI DI PROCESSO



### 3. Alluminatura a caldo continua dei nastri di acciaio

#### A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi, emissioni, scarichi, residui)

Nella alluminatura a caldo continua, il nastro d'acciaio laminato a freddo viene rivestito tramite immersione in un bagno fuso di una lega a base di alluminio, mantenuto ad una temperatura di circa 650°C. Tale processo è molto simile al processo di zincatura a caldo continua; pertanto l'alluminatura può essere realizzata sullo stesso impianto in cui si realizza la zincatura effettuando alcuni interventi sulla linea, ad esempio sostituendo la vasca del bagno fuso e regolando il forno in modo tale che il nastro esca dalla fase di trattamento termico alla temperatura idonea per la successiva immersione nel bagno fuso di alluminatura.



#### *Configurazione tipica di un processo di alluminatura a caldo continua di nastri d'acciaio*

Data l'affinità dell'alluminio con l'ossigeno è estremamente importante prevenire la formazione di uno strato di ossido sul nastro che può limitare la qualità del rivestimento. Si può prevenire la formazione di ossido ad esempio facendo passare il nastro all'interno del forno in un'atmosfera inerte, oppure iniettando idrogeno nel bagno fuso o immergendo nello stesso bagno barre di grafite che reagiscono con l'eventuale ossido formatosi sulla superficie del nastro.

I nastri rivestiti possono essere sottoposti a post-trattamenti per prevenire la formazione di danni superficiali (ad es. ruggine bianca). Ad esempio la passivazione è un post-trattamento che impartisce al nastro rivestito un'ulteriore protezione contro la corrosione e consiste nell'applicare al nastro d'acciaio rivestito, tramite spruzzatura, una soluzione contenente acidi cromatici.

Il processo di alluminatura a caldo continua di nastri di acciaio laminati a freddo è simile a quello di zincatura a caldo continua; pertanto le migliori tecniche disponibili sono le stesse di quelle riportate per gli impianti di zincatura a caldo continua.

## 4.6 Fonderia

Nel Settore della Fonderia, molte sono le fasi produttive rilevanti per gli aspetti ambientali che coinvolgono, sia da un punto di vista del consumo di risorse, sia in termini di ricadute sull'ambiente (emissioni in aria, acqua e produzione di rifiuti)

Le tecniche riportate per la protezione dell'ambiente e per i risparmi energetici sono fornite con riferimento alle singole fasi del processo produttivo.

Le fasi che vengono considerate sono:

*stoccaggio e manipolazione delle materie prime*

*fusione e trattamento del metallo*

*formatura e fabbricazione di anime, compreso la preparazione delle sabbie*

*colata*

*Finitura dei getti*

*trattamento delle acque reflue*

Nelle pagine che seguono sono descritte sinteticamente, le varie tecniche da considerare nella determinazione delle BAT con indicazione delle relative prestazioni ambientali associate, in campo di applicabilità ed eventuali note di chiarimento.

### A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi, emissioni, rifiuti)

#### 1. *Stoccaggio e manipolazione delle materie prime*

Vengono analizzate le fasi di manipolazione e di stoccaggio delle materie prime per la fusione e per la preparazione delle forme.

Gli aspetti rilevanti da un punto di vista ambientale sono legati alle varie modalità di stoccaggio e di movimentazione dei materiali metallici ferrosi, coke, terre e sabbie, leganti e additivi per la formatura.

#### 2. *fusione e trattamento del metallo*

Vengono esaminate le varie tecniche di fusione e di trattamento del metallo, individuando i flussi in entrata e in uscita. Vengono fornite le indicazioni in merito alle tecniche disponibili per la riduzione delle emissioni prodotte in tali fasi.

Forni Cubilotti

<b>Flussi in entrata (input)</b>	<b>Flussi in uscita (output)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Materiali ferrosi (ghisa in pani, rottami di acciaio e di ghisa, ritorni interni, ...)</li><li>• Ferroleghie e metalli alliganti</li><li>• Flussi (castina, scarificanti, desolforanti, ...)</li><li>• Energia (coke, gas, olio combustibile, elettricità)</li><li>• ossigeno</li><li>• Acqua di raffreddamento</li><li>• acqua</li><li>• refrattari</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lega metallica fusa (ghisa )</li><li>• Emissioni in atmosfera</li><li>• scorie</li><li>• Rifiuti di refrattario</li></ul>



### Forni ad arco elettrico

<b>Flussi in entrata (input)</b>	<b>Flussi in uscita (output)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Materiali ferrosi (ghisa in pani, rottami di acciaio e di ghisa, toriture, ritorni interni,..)</li><li>• Ferrolegh e metalli alliganti</li><li>• Flussi (castina, scarificanti, ...)</li><li>• Energia (elettricità, gas, olio combustibile)</li><li>• Ossigeno</li><li>• Elettrodi</li><li>• Acqua di raffreddamento</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lega metallica fusa (acciaio )</li><li>• Emissioni in atmosfera</li><li>• Scorie (CaO; SiO<sub>2</sub>, MgO)</li><li>• Rifiuti di refrattario</li></ul>

### Forni ad induzione a crogiolo

<b>Flussi in entrata (input)</b>	<b>Flussi in uscita (output)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Materiali ferrosi (ghisa in pani, rottami di acciaio e di ghisa, toriture, ritorni interni,..)</li><li>• Ferrolegh e metalli alliganti</li><li>• Materiali carburanti e flussi (scorificanti, )</li><li>• Energia elettrica</li><li>• Acqua di raffreddamento</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lega metallica fusa (ghisa, acciaio)</li><li>• emissioni in atmosfera</li><li>• scorie</li><li>• Rifiuti di refrattario</li></ul>

### Forni rotativi

<b>Flussi in entrata (input)</b>	<b>Flussi in uscita (output)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Materiali ferrosi (ghisa in pani, rottami di acciaio e di ghisa, toriture, ritorni interni, ...)</li><li>• Ferrolegh e metalli alliganti</li><li>• Agenti carburanti e flussi (scarificanti, desolforanti, ...)</li><li>• Energia (gas, olio combustibile, elettricità)</li><li>• ossigeno</li><li>• Acqua di raffreddamento</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lega metallica fusa (ghisa )</li><li>• emissioni in atmosfera</li><li>• scorie</li><li>• Rifiuti di refrattario</li></ul>

## Convertitore AOD

<b>Flussi in entrata (input)</b>	<b>Flussi in uscita (output)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Acciaio liquido</li> <li>● Ferroleghie e metalli alliganti</li> <li>● flussi (scarificanti, desolforanti, ...)</li> <li>● Energia (gas, elettricità)</li> <li>● ossigeno</li> <li>● Gas inerti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Acciaio liquido</li> <li>● emissioni in atmosfera</li> <li>● scorie</li> <li>● Rifiuti di refrattario</li> </ul>

### 3. *formatura e fabbricazione di anime, compreso la preparazione delle sabbie*

Nella fase di formatura, le principali emissioni sono dovute alle operazioni di miscelazione della sabbia con i vari agglomeranti e/o additivi. Oltre alla polvere, dovuta alla presenza di sabbia, la natura delle emissioni è legata al tipo di legante e catalizzatori utilizzati.

### 4. *colata, raffreddamento e sterratura*

Le principali emissioni che si hanno in aria durante queste fase sono legate alle sostanze rilasciate dai leganti chimici costituenti la forma, per effetto della pirolisi del metallo.

La tabella che segue fornisce una valutazione qualitativa delle principali emissioni correlate ai diversi tipi di leganti.

<b>Sistema e tipo di legante</b>	<b>Emissioni durante la produzione di getti (colata)</b>	<b>Commenti</b>
<b>Terra a verde</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Argilla</li> <li>● Nero minerale (o equivalenti)</li> <li>● Acqua</li> </ul>	Materiale particellare – fuliggine dalla combustione del nero minerale CO, CO <sub>2</sub> SOV	Odori potenziali legati al contenuto di zolfo del nero minerale
<b>A guscio (shell)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Resina fenolo-formaldeide (tipo novolacca)</li> </ul>	Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO <sub>2</sub> Fenolo, cresolo, xilenolo Ammoniaca, aldeidi, benzene	odore significativo; possono essere necessari trattamenti, sebbene la dispersione può essere sufficiente.
<b>Alcalino – fenolico</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Resina a base di resolo, fenolica alcalina – formaldeide               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indurimento con gas</li> <li>2. autoindurente</li> </ol> </li> </ul>	Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO <sub>2</sub> Formaldeide Fenolo, cresolo, xilenolo Composti aromatici	L'odore può rappresentare un problema
<b>Fenolico-uretano</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. indurimento con gas (cold box)</li> <li>2. autoindurente (fenolico urtano no-bake)</li> </ol>	Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO <sub>2</sub> Formaldeide Fenolo, cresolo, xilenolo Composti aromatici Anilina, naftalene, ammoniaca	L'odore può rappresentare un problema

<p><b>Furanico</b> Resine a base di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenolo</li> <li>• Urea</li> <li>• Alcol furfurilico</li> <li>• formaldeide</li> </ul>	<p>Materiali particolati – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO<sub>2</sub> Fenolo, cresolo, xilenolo Formaldeide Composti aromatici SO<sub>2</sub>, ammoniaca, anilina</p>	<p>Occasionalmente, l'odore può rappresentare un problema</p>
<p><b>Hot box (cassa d'anima calda)</b> Resine a base di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenolo</li> <li>• Urea</li> <li>• Alcol furfurilico</li> <li>• formaldeide</li> </ul>	<p>Materiali particolati – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO<sub>2</sub> NO<sub>x</sub> Fenolo, cresolo, xilenolo Formaldeide Composti aromatici Ammoniaca, anilina</p>	
<p><b>Sabbia-olio</b> Olio di lino e destreine</p>	<p>Materiali particolati – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO<sub>2</sub> Butadiene Acroleina, chetoni</p>	<p>L'odore può essere un problema</p>
<p><b>Processi con CO<sub>2</sub></b> Silicato di sodio</p>	<p>CO, CO<sub>2</sub></p>	
<p><b>Silicati con esteri</b> Silicato di sodio</p>	<p>CO, CO<sub>2</sub> Alceni, acetone, acido acetico Acroleina</p>	

## 5. *Finitura dei getti*

Fra le operazioni di finitura che vengono effettuate sui getti, la eliminazione dei dispositivi di colata e di alimentazione dei getti (materozze, attacchi di colata, ecc), la pulitura dei getti (granigliatura), l'eliminazione e la riparazione dei getti di acciaio (scricatura e saldatura) ed infine l'eliminazione di bave (sbavatura/molatura) possono dare origine ad emissioni di fumi/polveri.

## 6. *Trattamento delle acque reflue*

Nelle fonderie, la quantità di acqua di processo scaricata è bassa, ed è legata, ove presenti, soprattutto alle acque provenienti dai sistemi di depolverazione (soprattutto i wet scrubber) e di pulizia dei gas di scarico.

Molte acque vengono utilizzate come acque di raffreddamento, generalmente all'interno di circuiti a recupero.

## B) Migliori tecniche e tecnologie disponibili

### 1. *Stoccaggio e manipolazione delle materie prime*

Le BAT in questo caso riguardano: la gestione degli stoccaggi, la manipolazione dei diversi tipi di materiali, la minimizzazione del consumo di materie prime con i recuperi e riciclaggi dei residui.

Le BAT in particolare riguardano:

- Adottare stoccaggi separati dei vari materiali in ingresso, prevenendo deterioramenti e pericoli
- Stoccaggio dei rottami e dei ritorni interni su di superfici impermeabili e dotate di sistemi di raccolta e trattamento del percolato. In alternativa lo stoccaggio può avvenire in aree coperte.
- Riutilizzo interno dei bocconi e dei ritorni.
- Stoccare separatamente i vari tipi di residui e rifiuti, in modo da favorire il corretto riutilizzo, riciclo o smaltimento.
- Utilizzo di materiali alla rinfusa o contenitori riciclabili.
- Utilizzo di modelli di simulazione, modalità di gestione e procedure per aumentare la resa dei metalli e per ottimizzare i flussi di materiali.

## 2. *Fusione e trattamento del metallo*

Fusione della ghisa al cubliotto

Le BAT riguardano:

- Utilizzo di due ranghi di ugelli per il cubliotto a vento freddo
- Utilizzo di vento arricchito con O<sub>2</sub> nella misura del 1 – 4 % circa
- In relazione al fabbisogno delle linee di colata può essere opportuno lavorare in duplex con un forno di attesa. Questa pratica consente di adottare lunghe campagne evitando interruzioni di marcia.
- Depurare i gas emessi adottando in sequenza la raccolta, il raffreddamento e la depolverazione con sistemi a secco o ad umido . I livelli di emissione associati a queste BAT sono indicati nelle tabella seguenti.
- Adottare una buona pratica fusoria
- Impiegare coke di qualità conosciuta e controllata
- Utilizzo della post combustione dei gas per i Cubilotti a vento freddo, e recupero del calore per usi interni; utilizzo di una camera di combustione separata per quelli a vento caldo, recuperando il calore per preriscaldare il vento e/o per altri usi interni.
- Valutare la possibilità di estendere il recupero del calore anche ai forni di attesa operanti in duplex.
- Prevenire la formazione di diossina attraverso misure primarie (interventi sul processo), o secondarie (tecniche di trattamento delle emissioni). Le tecniche specifiche di trattamento delle emissioni di diossina non trovano ancora una pratica applicazione nel settore delle fonderie.
- Impiego di sistemi di depurazione ad umido nella fusione con marcia a scoria basica  $((CaO \% + MgO \% ) / SiO_2 \% > 2 )$ .

I residui prodotti dalla fusione al cubliotto comprendono: polveri, scorie, sfridi di coke.

Le BAT per la loro gestione comprendono oltre alla loro minimizzazione, anche il pre-trattamento (granulazione o frantumazione) delle scorie per un riutilizzo esterno, ed il riciclo degli sfridi di coke all'interno del forno.

Fusione al forno elettrico ad arco di acciaio e ghisa.

Per questo tipo di forno le BAT sono:

- Applicare affidabili sistemi di controllo di processo, per contenere i tempi di fusione e di trattamento.
- Utilizzare pratiche di *schiumatura* delle scorie (iniezione di ossigeno e polvere di carbone nella scoria alla fine della fusione)
- Captare i fumi in emissione con tecniche ad alta efficienza
- Raffreddare i fumi in uscita ed abbattere le polveri utilizzando filtri a tessuto.

Fusione al forno elettrico ad induzione di acciaio e ghisa.

Per questo tipo di forno le BAT sono:

- Usare rottami e ritorni puliti evitando ruggine, sporcizia e sabbia .
- Impiego di energia elettrica a media frequenza
- Pesare la carica
- Dove applicabile, recuperare il calore
- Captare i gas di scarico utilizzando tecniche idonee ottimizzandone la captazione durante tutte le fasi del ciclo operativo .

Fusione della ghisa al forno rotativo.

Le BAT sono:

- Adottare misure per aumentare l'efficienza del forno (regime del bruciatore, posizione del bruciatore, carica, composizione del metallo, temperature)
- Impiego di bruciatore ad ossigeno.
- Captare i fumi in uscita del forno, utilizzare la post-combustione, raffreddare e depolverare con filtri a tessuto.
- Prevenire la formazione di diossina attraverso misure primarie (interventi sul processo), o secondarie (tecniche di trattamento delle emissioni). Le tecniche specifiche di trattamento delle emissioni di diossina non trovano ancora una pratica applicazione nel settore delle fonderie.

Trattamento del metallo

Nel caso di utilizzo di un convertitore AOD, per l'affinazione dell'acciaio, le BAT sono:

- Estrarre e raccogliere i fumi mediante una cappa a calotta.

Nella produzione della ghisa sferoidale, le BAT consistono nel:

- Adottare una tecnica di sferoidizzazione senza sviluppo di gas. In alternativa catturare i fumi di MgO utilizzando un coperchio o una copertura con dispositivi di estrazione o una cappa mobile.
- Depolverare le emissioni usando filtri a maniche, rendendo possibile il riutilizzo delle polveri di MgO.

### 3. *Formatura e fabbricazione di anime, compresa la preparazione delle sabbie*

**Tecniche di produzione getti con forma persa.**

In questo paragrafo sono incluse le tecniche di realizzazione delle forme e delle anime con l'impiego di leganti inorganici argillosi (formatura a verde) e di leganti chimici.

Gli elementi BAT sono presentati , oltre che per le citate fasi produttive di formatura, anche per le successive operazioni di colata, raffreddamento e distaffatura, alle quali esse sono interconnesse.

#### Formatura in terra a verde

La preparazione della terra a verde consiste nel miscelare la sabbia base con additivi e leganti in appositi mescolatori, in normale atmosfera o sotto vuoto.

Entrambi i metodi sono considerati BAT; i mescolatori sotto vuoto, trovano un utilizzo in impianti in cui la capacità produttiva della sabbia sia superiore alle 60 t/h.

Le BAT per gli impianti di preparazione della terra a verde consistono in:

- Chiudere tutte le unità operative dell'impianti di lavorazione delle terre (griglia vibrante, depolveratori della sabbia, raffreddatori, unità di miscelazione), e depolverare le emissioni, in accordo con i livelli di emissione associate alle BAT, riportate nelle tabelle seguenti; se sussistono idonee condizioni di mercato, le polveri di abbattimento possono trovare un riutilizzo all'estero. Per quanto riguarda le parti fini aspirate nelle diverse postazioni del ciclo di lavorazione e di recupero (distaffatura, dosaggio e movimentazione), le BAT sono rappresentate dalle tecniche che ne consentono il reimpiego nel circuito delle terre, in percentuale maggiore del 50%.
- Utilizzare tecniche di recupero delle terre. Le aggiunte di sabbia nuova dipende dalla quantità di anime presenti e dalla loro compatibilità con le tecniche di recupero impiegate. Per le sole terre a verde, la percentuale di recupero raggiungibile è del 98%. Sistemi con elevate percentuali di anime con leganti incompatibili con il sistema di recupero, possono raggiungere percentuali di riutilizzo fra il 90 e il 94%.

## Formatura chimica

Vengono utilizzati vari tipi di leganti, ciascuno con specifiche proprietà ed applicabilità. Tutti sono da considerarsi BAT se vengono impiegati secondo le buone pratiche discusse inerenti i controlli di processo e le tecniche di captazione delle emissioni per minimizzarne i livelli. I livelli di emissione associati alle BAT, sono riportati nelle successive tabelle.

Per la preparazione di sabbie con agglomeranti chimici, le BAT consistono in :

- Minimizzare l'utilizzo di resine e leganti, utilizzando sistemi di controllo del processo (manuali o automatici), e di controllo della miscelazione. Per le produzioni di serie con frequenti cambi dei parametri produttivi, le BAT consistono nell'utilizzare sistemi di archiviazione elettronica dei parametri produttivi.
- Captazione delle emissioni dalle aree di produzione, di movimentazione e di stoccaggio delle anime prima della distribuzione.
- Utilizzo di intonaci refrattari a base di H<sub>2</sub>O, in sostituzione degli intonaci con solvente ad alcol, per la verniciatura di forme ed anime nelle fonderie con produzioni di media e grande serie.

L'utilizzo di vernici ad alcol rappresentano una BAT nel caso di:

- produzioni di forme ed anime complesse e di grandi dimensione
- utilizzo di sistemi con sabbia e silicato di sodio
- produzione di getti in magnesio
- produzione di getti in acciaio al manganese, con vernici a base di MgO

entrambe le predette tecniche di verniciatura rappresentano delle BAT, per le fonderie con produzioni di piccole serie di getti e per le fonderie con produzioni su commessa. In queste tipologie di fonderie, lo sviluppo di tecniche con vernici ad acqua è legato alla disponibilità di sistemi di essiccazione a microonde o altre tecniche di essiccazione.

Quando vengono utilizzate vernici ad alcol, le BAT sono rappresentate dall'utilizzo di sistemi di captazione delle emissioni prodotte, fissi o mobili, fatta eccezione per le fonderie con produzione di grossi getti con formatura "in campo", ove le cappe non possono essere utilizzate.

In aggiunta, nel caso di produzione di anime con sistemi a base di resine fenoliche-poliuretaniche indurite con ammina, le BAT prevedono:

- abbattimento delle emissioni prodotte utilizzando idonei sistemi quali: assorbimento su carbone attivo, abbatitori chimici(scrubber), post combustione, biofiltrazione.
- Il recupero delle ammine dalle soluzioni esauste di abbattimento degli impianti chimici, per quantità che consentano l'operazione in termini economici
- Utilizzo di resine formulate con solventi a base aromatica o a base vegetale

Le BAT hanno come obiettivo la minimizzazione della quantità di sabbia avviata alla discarica, utilizzando sistemi di rigenerazione e/o di riutilizzo. Nel caso di rigenerazione, si applicano le seguenti condizioni:

- Per le sabbie con leganti con indurimento a freddo (i.e. sabbie con resina furanica), utilizzo di sistemi di recupero di tipo meccanico, ad eccezione dei sistemi con silicato di sodio. La resa del processo di recupero, è del 75-80 %.
- La sabbia con silicato è rigenerata utilizzando trattamenti termici e pneumatici. La resa del recupero è compresa fra 45 e 85 %. Deve essere ridotto l'utilizzo di esteri a lenta reazione

- Sabbie derivanti da processi in cassa d'anima fredda (cold box), SO<sub>2</sub>, cassa d'anima calda (hot box) e Croning, e miscele di sabbie con leganti organici, vengono rigenerate utilizzando una delle seguenti tecniche: rigenerazione meccanica a freddo (i.e. sistemi ad abrasione, sistemi ad impatto, sistemi pneumatici) o rigenerazione termica. La percentuale di recupero raggiungibile (resa), dipende dalla quantità di anime utilizzate. La sabbia rigenerata può essere riutilizzata per la produzione di anime in misura compresa fra il 40 e il 100 %.
- Miscele di terra a verde e sabbie con leganti organici, vengono rigenerate utilizzando processi di recupero meccanico-termico-meccanico, spogliatura per abrasione o pneumatica. La sabbia recuperata può essere riutilizzata per la produzione di anime nella misura dal 40 al 100%, e per la produzione di forme nella misura dal 90 al 100%.
- Monitorare la qualità e la composizione delle sabbie rigenerate
- Recuperare le sabbie all'interno del ciclo delle sabbie, solo in sistemi compatibili. Sabbie non compatibili sono tenute separate, per altri tipi di riutilizzo

#### **4. Colata, raffreddamento e distaffatura**

Le fasi di colata, raffreddamento e di distaffatura, producono emissioni di polveri, SOV ed altri composti organici. In queste fasi le BAT sono:

- Nelle linee di produzioni di serie, aspirare le emissioni prodotte durante la colata e racchiudere le linee di raffreddamento
- Racchiudere le postazioni di distaffatura/serratura, e trattare le emissioni utilizzando cicloni, associati a sistemi di depolverazione ad umido o a secco.
- Per le produzioni di grossi getti, colati "in campo" o "in fossa", ove il lay out non consente di installare cappe per aspirazione localizzata, realizzare una adeguata ventilazione generale

#### **Tecniche di produzione getti colati in forma permanente.**

Queste tecniche prevedono la colata della lega liquida in una forma metallica (stampo, conchiglia) dalle quali il getto è estratto dopo solidificazione per procedere alle eventuali successive fasi di lavorazione (finitura). In alcuni processi, trovano un limitato utilizzo anime con leganti chimici, e precisamente: nella colata per gravità in conchiglia, nella colata per centrifugazione o nella colata a bassa pressione. Le BAT sono:

- captare le emissioni prodotte nella fase di colata ed eventualmente trattarle con sistemi ad umido o a secco

Le BAT per la preparazione delle anime, sono del tutto analoghe a quelle già esaminate al punto precedente; mentre differiscono, oltre ad avere quantità minori di sabbie di scarto, le BAT per la distaffatura ed il trattamento della sabbia dopo colata. Le BAT per la sabbia usata, nei processi di formatura in forma permanente, sono:

- Racchiudere le unità di eliminazione delle anime e trattare le emissioni utilizzando sistemi di depolverazione ad umido o a secco .
- Se esiste un mercato locale, avviare le sabbie esauste al riciclaggio

#### **5. Finitura dei getti**



Le BAT riguardano la captazione ed il trattamento mediante l'impiego di sistemi a secco o ad umido, delle emissioni prodotte nelle fasi di taglio dei dispositivi di colata, di granigliatura e sbavatura dei getti.

Per i trattamenti termici le BAT riguardano:

- l'utilizzo di combustibili puliti nei forni di trattamento
- la gestione automatizzata dei forni e del controllo dei bruciatori

## **6. *Trattamento delle acque reflue.***

Le BAT riguardano:

- La separazione delle diverse tipologie di acque reflue,
- Raccogliere le acque e utilizzare sistemi di separazione degli oli, prima dello scarico
- Massimizzare i ricircoli interni delle acque di processo, ed il loro riutilizzo multiplo
- Trattamento utilizzando opportune tecniche, di tutte le acque dei processi di depurazione delle emissioni e, in generale, di tutte le acque reflue.

## **5. Migliori tecniche per la prevenzione integrata dall'inquinamento in Italia**

### **5.1 Generalità**

Per l'individuazione delle BAT per la prevenzione dell'inquinamento in Italia sono stati seguiti gli stessi criteri validi per i BREF (punto 4.1), approfondendo il concetto di tecnica “Migliore” e “Disponibile”.

In questo senso si è prestata più attenzione soprattutto alle BAT che si sono concretamente affermate e per la loro efficacia e per la loro diffusione; in particolar modo sono stati presi in considerazione gli aspetti tecnici e progettuali, per poter effettuare delle modifiche sugli impianti esistenti, tenendo presente anche la portata degli investimenti e la sostenibilità economica.

Con questa attenzione si è ritenuto di non proporre alcune BAT (per es. l'aspirazione dei gas di cokeria da entrambi i lati), mentre ne sono state aggiunte delle altre che non sono presenti nel BREF (come l'utilizzo della filtopressa per il trattamento dei fanghi d'altoforno ed il trattamento delle acque di condensazione nel trattamento metallurgico dell'acciaio).

Pur con queste considerazioni aggiuntive, l'elenco delle BAT indicato per l'Italia non si discosta sostanzialmente da quello dei BREF.

Nell'indicazione delle prestazioni, dove possibile, è stato riportato soltanto il limite superiore, stanti le incertezze che sugli impianti esistenti sono determinate dalla tipologia di macchina, dalla gestione e dalla manutenzione; graficamente è stata utilizzata la forma tabellare che ben si presta alla presentazione d'una Linea Guida.

<b>5.2</b>	<b>IL CICLO INTEGRATO</b>
------------	---------------------------

<b>5.2.1 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA</b>	<b>COKERIE</b>
<b>DESCRIZIONE</b>	<b>NOTE</b>

**1. Preparazione della miscela di carbon fossile**

<ul style="list-style-type: none"> <li>– Assicurare il giusto livello di umidificazione del carbon fossile.</li> <li>– Captazione delle emissioni generate durante la frantumazione e/o vagliatura del carbon fossile e depolverazione mediante filtro a tessuto.</li> </ul>	
--	--

**2. Caricamento della miscela di carbon fossile nelle batterie di forni a coke**

Utilizzo di una delle seguenti tecniche:
--

<ul style="list-style-type: none"> <li>– Caricamento “smokeless” con sistema che realizza una connessione a tenuta tra la macchina caricatrice ed il forno da caricare. Il caricamento del forno avviene con svuotamento simultaneo delle tramogge; la connessione a tenuta riguarda sia l'accoppiamento tra le tramogge fisse della caricatrice ed il forno da caricare, che il sistema di distribuzione del carbon fossile all'interno delle celle (ad es.: adozione di coclea, ecc...).</li> <li>Durante l'operazione di caricamento, il forno viene messo in depressione attraverso l'eiezione di vapore o acqua nel gomito del tubo di sviluppo, in modo da assicurare l'estrazione dei gas di caricamento dal forno.</li> <li>Il livellamento del carbon fossile all'interno del forno è effettuato per mezzo dell'asta spianante presente sulla macchina sfornatrice; il canale gas formatosi tra il pelo libero del carbon fossile e la volta del forno consente il deflusso dei gas di distillazione.</li> </ul>	<p>Questo sistema permette di mantenere i gas di caricamento all'interno del forno per essere trattati al sistema di trattamento del gas di cokeria.</p>
---	--

<p>– Caricamento con macchina caricatrice e “jumper pipe”. Il caricamento del carbon fossile avviene con macchina caricatrice e l’aspirazione dei gas di caricamento viene realizzata da entrambi i lati del forno. Da una parte mediante il tubo di sviluppo e dall’altro mediante un “jumper pipe” di collegamento del forno in caricamento con un forno adiacente. Le emissioni sono ridotte per effetto della ripartizione dell’aspirazione dei gas di caricamento sui due lati della batteria. Il livellamento del carbon fossile all’interno del forno è effettuato per mezzo dell’asta spianante presente sulla macchina sfornatrice; il canale formatosi tra il pelo libero del carbon fossile e la volta del forno consente il deflusso dei gas di distillazione.</p>	<p>L’adozione di questo sistema è più compatibile con le nuove batterie di trattamento del gas di cokeria. Questo sistema necessita di ulteriori bocchette sul piano di carica della batteria, oltre a quelle già presenti per il caricamento e per il tubo di sviluppo, per realizzare di volta in volta il sistema di collegamento “jumper pipe” tra forni vicini. Si ha quindi un ulteriore punto di possibile emissione durante la fase di cokefazione in caso di imperfetta tenuta tra gli accoppiamenti, in particolar modo sulle batterie esistenti.</p>
--	---

### 3. Cokefazione

Utilizzo di una combinazione delle seguenti tecniche:

<p>– Adozione di: a) porte a tenuta elastica su forni di altezza &gt; 5 m; b) porte a tenuta rigida e ben manuntenute su forni di altezza ≤ 5 m;</p>	<p>Percentuale di porte con emissioni visibili sul totale delle porte installate:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ≤ 5% su nuovi impianti;</li> <li>• ≤ 10% su impianti esistenti</li> </ul>
<p>– Adozione di tubi di sviluppo dotati di coperchi a tenuta idraulica.</p>	<p>Percentuale di coperchi dei tubi di sviluppo con emissioni visibili sul totale dei coperchi installati: ≤ 1%</p>
<p>– Sigillatura dei coperchi di carica con malta liquida o con altro materiale idoneo.</p>	<p>Percentuale di coperchi di carica con emissioni visibili sul totale di coperchi installati: ≤ 1%</p>
<p>– Adozione di sportelletti di spianamento dotati di sistemi di chiusura a tenuta.</p>	<p>Percentuale di sportelletti con emissioni visibili sul totale di sportelletti installati: ≤ 5%</p>
<p>– Pulizia di porte e telai, dei coperchi e delle bocchette di carica, dei tubi di</p>	

sviluppo.	
– Prevenzione delle perdite tra camera di distillazione e camera di combustione attraverso la regolarità delle operazioni di cokefazione e la riparazione delle rotture del materiale refrattario.	
– Buon mantenimento del canale gas all'interno del forno per il veicolamento dei gas di distillazione verso il tubo di sviluppo mediante: a) adeguato livellamento del carbon fossile tramite l'asta spianante durante la fase di caricamento del carbon fossile; b) periodico degrafitaggio della volta del forno e pulizia del tubo di sviluppo meccanicamente o con aria compressa.	
– Accurata manutenzione di forni, porte, telai, tubi di sviluppo, bocchette di carica e altre apparecchiature.	
– Utilizzo di gas coke desolforato	Le tecniche di desolforazione sono riportate nella fase di processo: trattamento gas di cokeria
– Utilizzo di tecniche low-NOx tramite la combustione a stadi nella costruzione di nuove batterie di forni a coke.	Concentrazione di NOx nei fumi di combustione di una nuova/moderna cokeria: $\leq 770$ mg/Nmc  Questa tecnica nasce integrata con il processo, e risolve il problema all'origine. Il sistema è strutturalmente legato al tipo di batteria e non può essere oggetto di implementazione su batterie esistenti se non già dotate di tale tipo di combustione.

#### 4. Sfornamento del coke

Utilizzo della seguente tecnica:

<p>– Sistema di captazione dei fumi generati nel punto di trasferimento del coke dal forno di distillazione al carro di spegnimento con convogliamento, dell'aeriforme captato dalla macchina guida coke e dal carro di spegnimento ad un sistema di depolverazione con un filtro a tessuto collocato a terra.</p>	<p>Emissioni convogliate di polveri dopo depolverazione: <math>\leq 5</math> g/t coke.</p> <p>Sugli impianti esistenti va ricercata una soluzione che si adatti all'impiantistica esistente, tenendo comunque presente che la mancanza di spazio è un elemento che è comunque vincolante per l'implementazione di tale tipo di tecnica.</p>
--	---

**5. Spegnimento del coke**

Utilizzo della seguente tecnica:

<p>– Spegnimento ad umido in un'apposita torre al di sotto della quale viene posizionato il carro di spegnimento con il coke incandescente estratto dal forno. Sul coke viene convogliato un getto d'acqua che in parte evapora determinando un flusso di vapore acqueo che fuoriesce dalla sommità della torre. Questa deve essere dotata sulla sommità di setti per il trattenimento del particolato eventualmente trascinato dal flusso di vapore acqueo.</p> <p>Va evitato l'utilizzo di acqua con un rilevante carico organico, quale ad esempio l'effluente grezzo derivante dal trattamento del gas di cokeria.</p>	<p>Emissione di particolato con il flusso di vapore acqueo in uscita dalla torre di spegnimento: <math>\leq 50</math> g/t coke</p>
--	--

**6. Trattamento del gas di cokeria**

Utilizzo della seguente tecnica:

<p>– Sistema di trattamento del gas di cokeria grezzo in uscita dai forni di distillazione dotato di sistema di desolforazione secondo uno dei seguenti processi:</p> <p>a) <u>Processi ad assorbimento</u></p> <p>b) <u>Processi ossidativi</u></p>	<p>Contenuto di H<sub>2</sub>S nel gas coke desolforato con “<u>processi ad assorbimento</u>”: ≤ 1 g H<sub>2</sub>S/Nmc</p> <p>Contenuto di H<sub>2</sub>S nel gas coke desolforato con “<u>processi ossidativi</u>”: ≤ 0,5 g H<sub>2</sub>S/Nmc</p> <p>La realizzazione di un complesso sistema di desolforazione del gas di cokeria da inserire nel contesto dell'impiantistica esistente comporta il superamento di numerose difficoltà connesse alla natura dei processi tecnologici ed alla complessità della realizzazione con associati problemi legati alla necessaria ristrutturazione dell'impiantistica esistente.</p> <p>I processi ossidativi anche se permettono di ottenere una concentrazione residuale di H<sub>2</sub>S nel gas di cokeria più bassa rispetto ai processi ad assorbimento, determinano però l'utilizzo e la formazione di sostanze tossiche che necessitano di essere trattate e/o smaltite con evidenti effetti negativi sotto il profilo della prevenzione dall'inquinamento.</p>
<p>– Adozione delle seguenti tecniche per la tenuta negli impianti di trattamento del gas di cokeria:</p> <p>a) utilizzo di pompe a tenuta;</p> <p>b) collettamento degli sfiati dei serbatoi con convogliamento nel gas di cokeria oppure effettuando la combustione dei gas di sfogo;</p> <p>c) minimizzazione del numero di flangie utilizzando, ove possibile, connessioni saldate.</p>	
<p>– Pre-trattamento delle acque di scarico mediante lo stripping dell'ammoniaca utilizzando alcali. In particolare l'ammoniaca viene rimossa in colonne di distillazione la cui efficienza di rimozione dipende dal vapore e dagli alcali addizionati al</p>	<p>Concentrazione di ammoniaca teoricamente raggiungibile nelle acque di stripping: 20 mg/l</p> <p>Tenendo presente che sono previsti trattamenti successivi di</p>

<p>sistema (ad es. NaOH), oltre che dal tipo di colonna. Normalmente l'effluente derivante dallo stripping dell'ammoniaca non contiene catrame, ma se questo è significativamente presente, risulterebbe necessaria la sua rimozione per evitare effetti negativi sul funzionamento dello stadio di trattamento biologico.</p>	<p>nitrificazione-denitrificazione, lo stripping dell'ammoniaca non deve essere così spinto dovendo comunque raggiungere il punto di miglior equilibrio con il successivo stadio di trattamento biologico.</p>
<p>– Trattamento biologico integrato con stadio di nitrificazione e denitrificazione. La tecnica biologica più comunemente applicata per il trattamento dei reflui di cokeria è il trattamento biologico aerobico con fanghi attivi e con stadio di nitrificazione - denitrificazione .</p> <p><u>Sistema aerobico a fanghi attivi</u> Nel sistema aerobico a fanghi attivi, i contaminanti biodegradabili sono degradati biologicamente a CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e i minerali e i componenti non degradabili, sono rimossi dalla fase acquosa mediante parziale adsorbimento sui fanghi attivi. In pratica, la maggior parte dei contaminanti come fenoli, cianuri e idrocarburi aromatici, sono degradati biologicamente e i metalli pesanti e altri composti non degradabili sono parzialmente rimossi per adsorbimento sui fanghi attivi.</p> <p><u>Nitrificazione</u> Il sistema di trattamento aerobico a fanghi attivi può essere preso come punto di partenza per lo stadio di nitrificazione. I batteri nitrificanti trasformano l'ammonio in nitrato.</p> <p><u>Denitrificazione</u> Per ottenere basse concentrazioni di tutti i composti contenenti azoto è necessario un ulteriore trattamento anaerobico. Sono possibili diverse varianti di impianto, ma buoni risultati possono essere ottenuti con il cosiddetto trattamento di pre-denitrificazione(DN)– nitrificazione(N).</p>	<p>Valori raggiungibili allo scarico di un impianto di trattamento biologico integrato con nitrificazione- denitrificazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rimozione COD: <math>\geq 90\%</math>;</li> <li>• Solfuri: <math>\leq 0,1</math> mg/l;</li> <li>• IPA (6 Bornef): <math>\leq 0,05</math> mg/l</li> <li>• CN- : <math>\leq 0,1</math> mg/l;</li> <li>• Fenoli : <math>\leq 0,5</math> mg/l</li> <li>• Somma di NH<sub>4</sub><sup>-</sup>,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>,NO<sub>2</sub>: <math>\leq 30</math> mgN/l;</li> <li>• Solidi sospesi: <math>\leq 40</math> mg/l</li> </ul>



<p>Nel sistema pre-DN/N, il sistema a fanghi attivi aerobico viene usato come punto di partenza . Prima che il refluo sia aerato, viene aggiunta l'acqua ricca di nitrati derivante dallo stadio di nitrificazione. In condizioni anaerobiche, i batteri usano, come fonte di ossigeno per la degradazione del carbonio organico, l'ossigeno dei nitrati. L'azoto del nitrato viene quindi trasformato in azoto gassoso.</p>	
--	--

**7. Trattamento del coke**

<ul style="list-style-type: none"><li>- Assicurare il giusto livello di umidificazione del coke.</li><li>- Captazione delle emissioni generate durante la frantumazione e/o vagliatura del coke e depolverazione mediante filtro a tessuto.</li></ul>	
---	--

5.2.2 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA	AGGLOMERATO
DESCRIZIONE	NOTE

1. Omogeneizzazione e miscelazione delle materiali

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assicurare il giusto livello di umidificazione dei materiali inviati all'omogeneizzazione per limitare le eventuali emissioni che possono generarsi durante la manipolazione, il trasferimento e la preparazione del cumulo di omogeneizzato.</li> <li>• Adozione di sistemi di captazione delle emissioni di polveri che possono generarsi durante la miscelazione dei materiali e/o frantumazione del coke, con relativa depolverazione mediante elettrofiltro. Possono essere adottati, a seconda delle necessità e delle condizioni di lay-out impiantistici, sistemi di captazione e depolverazione centralizzati che possano asservire sia la suddetta fase di processo che quella di vagliatura dell'agglomerato.</li> </ul>	
--	--

2. Sinterizzazione

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adozione di una delle seguenti tecniche per la depolverazione dei fumi dal processo di agglomerazione: <ul style="list-style-type: none"> <li>– precipitatori elettrostatici tecnologicamente avanzati quali: <ul style="list-style-type: none"> <li>• gli elettrofiltri MEEP (Moving Electrode Electrostatic Precipitator), dotati di una serie di placche captatrici mobili e che vengono continuamente pulite meccanicamente mediante l'azione di spazzole rotanti; ciò permette di rimuovere efficacemente lo strato di polvere che si deposita sulla superficie delle placche di captazione, migliorando in tal modo l'effetto del</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<p>Nella quasi totalità degli impianti di agglomerazione europei l'abbattimento delle emissioni è realizzato con precipitatori elettrostatici.</p> <p>I precipitatori tecnologicamente avanzati possono essere sostitutivi degli elettrofiltri tradizionali, oppure essere installati, ove possibile, a valle di questi ultimi, ottenendo in quest'ultimo</p>
---	---

<p>campo elettrico e quindi l'efficienza di abbattimento;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gli elettrofiltri con sistema di alimentazione energetica pulsante. Il picco di tensione è più alto con una energizzazione pulsante e si ha quindi una migliore carica delle particelle di polvere con positivi effetti sull'efficienza di abbattimento;</li> <li>• gli elettrofiltri che operano ad alto voltaggio (70–200 KV). Ciò è possibile attraverso una più ampia spaziatura tra le placche captatrici. Un più elevato campo elettrico determina un miglioramento dell'efficienza di abbattimento.</li> </ul> <p>Con l'iniezione a monte degli elettrofiltri di polvere di carbone e/o altri additivi è possibile ridurre anche le emissioni di PCDD/F. In particolare le PCDD/F allo stato gassoso sono adsorbite sulla polvere di carbone e/o altro e vengono poi abbattute negli elettrofiltri. Le polveri derivanti dall'ultimo campo di depolverazione elettrostatica non dovrebbero essere riciclate nell'impianto di agglomerazione per ridurre le emissioni di metalli pesanti;</p>	<p>caso un più elevato rendimento di abbattimento complessivo. In alternativa, nel caso di impianti esistenti, la tecnica MEEP può essere installata sull'ultimo campo di un elettrofiltro tradizionale. Il tipo di soluzione che può essere adottata dipende dalla situazione impiantistica e di lay-out specifica del sito. Particolare attenzione deve essere posta nel caso dell'adozione della tecnica di iniezione di polvere di carbone e/o altri additivi per la riduzione delle emissioni di PCDD/F, per evitare rischi di incendio.</p> <p>Le emissioni in atmosfera raggiungibili in condizioni normali, dopo abbattimento, sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– concentrazione di polveri : <math>\leq 50</math> mg/Nmc;</li> <li>– concentrazione di PCDD/F : <math>\leq 0,5</math> ng TEQ/Nmc (con iniezione di carbone e/o additivi)</li> </ul>
--	--

<p>– preabbattimento con precipitatori elettrostatici tradizionali, più filtro a tessuto.</p> <p>Con l'iniezione a monte del filtro a tessuto di polvere di carbone e/o altri additivi è possibile ridurre anche le emissioni di PCDD/F. In particolare le PCDD/F allo stato gassoso sono adsorbite sulla polvere di carbone e/o altro e vengono poi abbattute nel filtro a tessuto.</p> <p>L'additivazione di calce in ingresso al filtro a tessuto consentirebbe di ridurre le emissioni di metalli pesanti;</p>	<p>L'applicazione di filtri a tessuto per la depolverazione dei fumi di agglomerazione è una tecnica raramente applicata per l'elevata abrasività delle polveri, per effetti di impaccamento delle maniche filtranti per la presenza di alcali, per l'elevata perdita di carico che i filtri a tessuto determinano con conseguente significativo aumento dei consumi energetici anche in relazione agli elevati volumi di gas da trattare, per problemi di lay-out particolarmente rilevanti nel caso di impianti esistenti. I filtri a tessuto necessitano di essere esclusi dalla filtrazione in fase di avviamento e fermate impianti, ove in particolare la temperatura fumi è più bassa del dew-point.</p> <p>Particolare attenzione deve essere posta nel caso di adozione della tecnica di iniezione di polvere di carbone e/o altri additivi</p>
--	--

	<p>per la riduzione delle emissioni di PCDD/F, per evitare rischi di incendio.</p> <p>Le emissioni in atmosfera raggiungibili in condizioni normali, dopo abbattimento, sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- concentrazione di polveri : <math>\leq 20</math> mg/Nmc</li> <li>- concentrazione di PCDD/F : <math>\leq 0,5</math> ng TEQ/Nmc (con iniezione di carbone e/o additivi)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- preabbattimento con precipitatori elettrostatici tradizionali o cicloni, più sistema di abbattimento ad umido (Airfine o Wetfine). In particolare i fumi di agglomerazione in uscita dal sistema di preabbattimento mediante elettrofiltro o ciclone, vengono inviati ad uno stadio di quencing con acqua in modo da avere un aeriforme freddo e saturo. In uscita dalla stadio di quencing i fumi possono essere avviati ad un sistema “Fine Scrubber System” basato sull’iniezione congiunta ad alta pressione di getti di acqua ed aria nella corrente gassosa, oppure ad un sistema di “Wet Electrostatic Precitator” in cui le particelle caricate elettricamente vengono attratte dagli elettrodi e rimosse dagli stessi mediante spruzzi di acqua. Le acque derivanti dalla depurazione ad umido, che contengono i cloruri di metalli solubili in acqua, devono essere trattate e per quanto possibile riciclate.</li> </ul>	<p>L’applicazione di sistemi di abbattimento ad umido per la depolverazione dei fumi di agglomerazione è una tecnica raramente applicata, ed è limitata a impianti di minore capacità e con volumi ridotti di fumi da trattare. Inoltre il sistema di abbattimento ad umido determina un significativo aumento dei consumi di energia e dà origine a dei reflui che richiedono un loro trattamento con un impatto ambientale aggiuntivo.</p> <p>Le emissioni in atmosfera raggiungibili in condizioni normali, dopo abbattimento, sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- concentrazione di polveri : <math>\leq 50</math> mg/Nmc;</li> <li>- concentrazione in PCDD/F: <math>\leq 0,4</math> ngTEQ/Nmc.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ricircolo dei fumi di processo sulla macchina di agglomerazione se la qualità dell'agglomerato prodotto e la produttività dell'impianto non vengono influenzate. In linea di principio i fumi di agglomerazione, dopo depolverazione possono essere parzialmente riciclati sulla macchina di agglomerazione ed in parte evacuati in atmosfera. Il riciclo potrebbe avvenire anche per settori. I fumi riciclati in pratica vanno a sostituire parte dell'aria che attraversa il letto di agglomerazione, con l'effetto di ridurre i volumi di fumi scaricati in atmosfera (riduzione di ca. 40-50%) e di determinare conseguentemente un beneficio sul flusso di massa degli inquinanti emessi (polveri, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ecc...).</li> </ul> <p>Tale tecnica potrebbe anche essere considerata una forma di recupero energetico, considerando comunque che l'entità del recupero è contrastata dai maggiori consumi necessari per il riciclo dei fumi.</p>	<p>Il ricircolo dei fumi di processo può essere adottato su nuovi impianti dove, in fase progettuale, potrebbe essere possibile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– superare i problemi di lay-out;</li> <li>– ottimizzare il sistema di recupero in modo da rendere apprezzabile l'entità del recupero energetico;</li> <li>– adottare le più idonee misure di contenimento atte a limitare la possibile dispersione di fumi contenenti monossido di carbonio nell'ambiente di lavoro con rischi di avvelenamento del personale addetto, cosa che invece non è possibile assicurare nel caso di impianti esistenti;</li> <li>– contenere i costi realizzativi che per un sistema di tale tipo risulterebbero proibitivi in particolar modo per gli impianti esistenti.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione del contenuto di idrocarburi volatili nella miscela di agglomerazione evitando l'uso di antracite ed utilizzando solo carbon coke come combustibile nel processo di sinterizzazione, nonché dosando il contenuto di polveri e scaglie oleose riciclate nella miscela di agglomerazione. Inoltre una riduzione del contenuto di idrocarburi nelle scaglie di laminazione potrebbe essere ottenuto attraverso un'accurata manutenzione delle tenute, guarnizioni, pompe, ecc... degli impianti di laminazione.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizzo di minerali di ferro e coke con un ridotto contenuto di zolfo, per la limitazione delle emissioni di SO<sub>2</sub> presenti nei fumi di processo</li> </ul>	<p>Questa tecnica è integrata con il processo e risolve il problema all'origine. Le emissioni convogliate in atmosfera raggiungibili in condizioni normali sono le seguenti: concentrazione di SO<sub>2</sub>: ≤ 500 mg/Nmc</p>

### 3. Raffreddamento e trattamento agglomerato

<ul style="list-style-type: none"><li>• Recupero del calore sensibile dei fumi derivanti dal raffreddamento agglomerato. Il calore recuperato può essere utilizzato, a seconda delle necessità e possibilità impiantistiche, per la produzione di vapore, oppure per il preriscaldamento dell'aria comburente nel fornello di accensione, oppure per il preriscaldamento dei materiali. Nel caso di produzione di vapore, i fumi caldi captati nella zona di ingresso nel raffreddatore rotante, vengono depolverati in separatori ciclonici e quindi inviati in una caldaia per la produzione vapore. In uscita dalla caldaia, i fumi a più bassa temperatura, in parte vengono riciccolati ed in parte sono convogliati in atmosfera.</li></ul>	<p>Il ricircolo dei fumi di processo può essere adottato su nuovi impianti dove, in fase progettuale, potrebbe essere possibile:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– superare i problemi di lay-out;</li><li>– ottimizzare il sistema di recupero in modo da rendere apprezzabile l'entità di risparmio energetico;</li><li>– contenere i costi realizzativi che per un sistema di tale tipo sono in genere molto elevati.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Adozione di sistemi di captazione delle emissioni di polveri che possono generarsi durante la frantumazione e vagliatura dell'agglomerato con relativa depolverazione mediante elettrofiltro. Possono essere adottati, a seconda delle necessità e delle condizioni di lay-out impiantistici, sistemi di captazione e depolverazione centralizzati che possano asservire sia la suddetta fase di processo che quella di miscelazione dei materiali in carica.</li></ul>	

### 4. Gestione residui

<p>Per quanto possibile dovrebbe essere adottata:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– la minimizzazione della produzione dei rifiuti;</li><li>– il riciclaggio dei residui e dei sottoprodotti riutilizzabili tra cui principalmente le polveri derivanti dalle depolverazioni a secco, i residui contenenti ferro e carbonio come ad esempio polverino d'altoforno, fanghi dai sistemi di trattamento ad umido, scaglie di laminazione, ecc...;</li><li>– lo smaltimento in idonea discarica dei residui non riciclabili.</li></ul>	
--	--

5.2.3 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA	ALTOFORNO
DESCRIZIONE	NOTE

**1. Caricamento materiali**

<p>– Adozione di sistemi di captazione delle emissioni di polveri della vagliatura materiali della stock-house e loro depolverazione mediante abbattimento ad umido o filtri a tessuto. Nel caso di depolverazione con sistemi ad umido, il trattamento delle acque reflue può essere effettuato congiuntamente con il trattamento delle acque derivanti dalla depurazione ad umido del gas di altoforno.</p>	
---	--

**2. Generazione del vento caldo**

<p>Nella produzione di vento caldo a mezzo cowpers si può ottimizzare l'efficienza energetica nei seguenti modi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Recupero del calore sensibile dei fumi con preriscaldamento dell'aria comburente e/o del combustibile alimentato ai cowpers.</li> <li>– Impiego di idonei bruciatori e controllo del processo di riscaldamento.</li> </ul>	<p>Il recupero energetico non è economicamente e tecnicamente applicabile in generale sugli impianti esistenti e se la temperatura dei fumi è troppo bassa (&lt; 250 °C).</p> <p>Il preriscaldamento dell'aria e/o del combustibile alimentato ai cowpers determina in ogni caso un aumento della formazione di NOx.</p> <p>Emissioni con i fumi di combustione dei cowpers:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– polveri: ≤ 10 mg/Nmc (3% O<sub>2</sub>)</li> <li>– NOx: ≤ 350 mg/Nmc (3% O<sub>2</sub>)</li> </ul>
--	--

### 3. Processo di riduzione in altoforno

<p>– Iniezione diretta di agenti riducenti in altoforno. In particolare l’iniezione di idrocarburi come ad esempio: carbon fossile polverizzato o granulare, olio combustibile, residui oleosi, catrame, residui plastici, gas naturale, permette la sostituzione di parte del coke utilizzato in altoforno, con conseguente effetto di riduzione delle emissioni e dei consumi energetici associati alla produzione di coke.</p> <p>L’agente riducente maggiormente utilizzato, ed iniettato a livello tubiere, è il carbon fossile polverizzato, opportunamente preparato attraverso processi di macinazione ed essiccamento (P.C.I. – Powdered Coal Injection).</p>	<p>Il coke è un componente insostituibile nel processo di produzione della ghisa in altoforno per cui la sua parziale sostituzione con agenti riducenti non può essere eccessivamente spinta e comunque non può superare determinati livelli.</p> <p>Il livello provato di iniezione di carbon fossile polverizzato in altoforno è di 180 Kg/t ghisa; tuttavia è da tenere presente che tale livello di iniezione è strettamente legato alla marcia dell’altoforno, alla stabilità del processo, alla qualità dei materiali alimentati, nonché alla qualità della ghisa e loppa prodotti.</p>
<p>– Recupero del gas di altoforno attraverso un sistema di collettori di raccolta posizionati nella parte alta, in prossimità della bocca, con relativo sistema di sicurezza per le eventuali sovrappressioni che possono verificarsi all’interno dell’altoforno.</p>	<p>Il recupero energetico è molto significativo, per le alte portate di gas (1200-2000 Nmc/t di ghisa), e può aggirarsi sui 5 GJ/t di ghisa.</p>
<p>– Depolverazione del gas di altoforno recuperato mediante un preabbattimento delle polveri grossolane con sistema a secco di separazione (<i>sacca a polvere</i>) e successivo trattamento di depurazione ad umido o, più raramente, con elettrofiltri.</p>	
<p>– Adozione sistema di recupero energetico della pressione di bocca dell’altoforno mediante turbina ad espansione collegata a un turboalternatore per la produzione di energia elettrica.</p>	<p>Questa tecnica può essere applicata su nuovi altoforni che operano con un’elevata pressione di bocca e con sistemi di depurazione gas opportunamente dimensionati con una ridotta perdita di carico. Su impianti esistenti non sempre sussistono i suddetti prerequisiti e quelli di realizzabilità (disponibilità del lay-out, vantaggio del recupero, ecc...).</p>



<p>Trattamento delle acque reflue derivanti dalla depurazione ad umido del gas di altoforno, con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– riciclo, per quanto possibile, delle acque trattate;</li> <li>– coagulazione e sedimentazione dei solidi sospesi.</li> </ul> <p>Riciclaggio dei fanghi precipitati, per quanto possibile, all'impianto di agglomerazione e/o bricchettaggio. Questi fanghi sono caratterizzati da presenza di zinco che è di ostacolo al processo in altoforno. Se la parte di fanghi non riciclabile ha una distribuzione granulometrica tale da permettere una separazione rappresentativa delle particelle fini (più ricche in zinco) da quelle più grossolane (più povere di zinco), può essere operata l'idrociclonatura dei fanghi. La frazione più grossolana può quindi essere avviata a riciclo mentre la frazione fine viene inviata in discarica.</p> <p>Per fanghi ad elevato contenuto di umidità può essere operata la disidratazione mediante letti di essiccamento o attraverso filtrazione meccanica (ad esempio: filtro pressa, filtro a tamburo sottovuoto, filtro centrifugo, ecc...).</p>	<p>Concentrazione di solidi sospesi dopo trattamento:  <math>\leq 50 \text{ mg/l}</math> (media giornaliera)</p> <p>Per la tipologia di fanghi prodotti non sempre è adottabile il processo di idrociclonatura in quanto non si otterrebbe un ragionevole e vantaggioso effetto di separazione, e quindi un significativo incremento della quantità di fanghi da poter riciclare.</p>
---	---

#### **4. Colaggio ghisa e loppa**

<ul style="list-style-type: none"> <li>– Adozione di sistema di captazione delle emissioni che si generano dalle operazioni di colaggio della ghisa e della loppa e loro relativa depolverazione mediante filtro a tessuto o elettrofiltro.</li> </ul>	<p>Emissione convogliata di polveri dopo abbattimento:  <math>\leq 15 \text{ mg/Nmc}</math></p>
<p>Riduzione delle emissioni durante la colata nelle rigole. Si può raggiungere questo obiettivo con le seguenti attività:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– adozione di materiale refrattario non legato con catrame per il rivestimento delle rigole;</li> <li>– copertura delle rigole;</li> <li>– adozione di un sistema di inertizzazione dei prodotti</li> </ul>	<p>La copertura delle rigole può essere adottata laddove la tipologia di ghisa prodotta lo consenta; infatti per alcune campagne di ghisa caratterizzate da maggiore viscosità (con conseguente difficoltà di deflusso nelle rigole), si rende necessario disporre di canali aperti per poter intervenire meccanicamente al fine di agevolare il deflusso del materiale.</p>

<p>fusi con azoto per la riduzione della formazione dei fumi durante le operazioni di colaggio, in alternativa alla installazione di sistemi di captazione e depolverazione, nel caso in cui il design dell'impianto permette la sua adozione e se vi è una sufficiente disponibilità di azoto. La captazione e depolverazione delle emissioni dal foro di colata resta comunque necessaria.</p>	<p>L'insufflaggio di azoto che si diffonde nell'ambiente di lavoro può determinare problemi di sicurezza per il personale (problemi di asfissia) per cui l'eventuale adozione di tale tecnica necessita di misure aggiuntive tese ad assicurare un'adeguata ventilazione degli ambienti di lavoro ed il loro monitoraggio.</p>
--	--

### **5. Trattamento loppa**

<ul style="list-style-type: none"> <li>– Adozione di sistema di granulazione della loppa con raffreddamento ad acqua di mare se a circuito aperto o ad acqua dolce con relativo riciclo.</li> <li>– Condensazione dei vapori di granulazione della loppa, nel caso vi siano problemi di odori.</li> </ul>	<p>La condensazione è applicabile soprattutto nella realizzazione di nuovi altiforni; negli stabilimenti esistenti, problemi di lay-out, di compatibilità con l'impiantistica esistente ed elevati costi di realizzazione, rendono in genere impraticabile la realizzazione dell'intervento, i cui benefici devono essere valutati anche in relazione ai consumi energetici richiesti dal circuito dell'acqua ed alle emissioni conseguenti alla produzione di energia.</p>
---	---

### **6. Gestione dei residui**

<p>Per quanto possibile si consiglia di adottare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– la minimizzazione della produzione dei rifiuti;</li> <li>– il riciclaggio dei residui e dei sottoprodotti riutilizzabili tra cui principalmente le polveri derivanti dalle depolverazioni a secco, i fanghi derivanti dai sistemi di abbattimento ad umido, ecc...,tal quali e/o tramite bricchettaggio; il riutilizzo della loppa (ad es.: in cemenzeria, per la costruzione di strade, ecc...);</li> <li>– lo smaltimento in idonea discarica dei residui non riciclabili.</li> </ul>	
--	--

5.2.4 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA	ACCIAIERIE AD OSSIGENO E COLATE CONTINUE
DESCRIZIONE	NOTE

1. Trasferimento e pretrattamento della ghisa fusa

<p>– Adozione di un sistema di captazione delle emissioni determinate:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nella fase di versamento della ghisa dal carro siluro alla siviera;</li> <li>• nella fase di trattamento della ghisa (desolforazione e scorifica).</li> </ul> <p>e conseguente depolverazione dei fumi captati mediante filtro a tessuto o elettrofiltro.</p>	<p>Emissioni convogliate di polveri dopo abbattimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ≤ 15 mg/Nmc con filtro a tessuto;</li> <li>• ≤ 30 mg/Nmc con elettrofiltro.</li> </ul>
---	--

2. Affinazione della ghisa

<p>– Adozione di un sistema di aspirazione dei gas di acciaieria che si sviluppano durante il processo di affinazione in convertitore ed applicazione di una delle seguenti tecniche per il recupero di energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ combustione soppressa con recupero del gas di acciaieria, depolverazione, stoccaggio in gasometro e suo riutilizzo come combustibile. Nella combustione soppressa il recupero del gas è relativo alla parte centrale della fase di soffiaggio ossigeno in convertitore, quando più alta è la percentuale di ossido di carbonio nel gas. Il gas che si sviluppa durante la fase iniziale e la fase finale del processo di affinazione in convertitore, per la durata di pochi minuti, non viene recuperato ma combusto in torcia. Tale sistema consente anche il recupero del calore sensibile ceduto dal raffreddamento del gas ed il suo utilizzo per la produzione di vapore;</li> <li>▪ combustione del gas di acciaieria con relativa generazione di vapore.</li> </ul>	<p>La combustione del gas di acciaieria è adottata negli impianti esistenti, nei casi in cui non è fattibile il recupero e l'utilizzo del gas di acciaieria, o non vi è convenienza dal punto di vista energetico.</p>
---	--

<p>– Depolverazione del gas di acciaieria aspirato mediante lavatori venturi ad umido o elettrofiltri a secco.</p>	<p>In linea di principio, nel caso di adozione della combustione soppressa, i sistemi di depolverazione sono dimensionati per un minor flusso volumetrico di gas da trattare.</p>
<p>– Chiusura del foro di ingresso della lancia ossigeno durante il soffiaggio o insufflaggio di gas inerte per limitare l'eventuale dispersione di gas e particolato.</p>	
<p>– Adozione di un sistema di captazione delle emissioni durante le fasi di carica del convertitore e di spillaggio acciaio; conseguente depolverazione dei fumi captati mediante l'utilizzo di filtri a tessuto o elettrofiltri a secco, oppure con qualsiasi altra tecnica che abbia lo stesso livello di efficienza di abbattimento.</p>	<p>Emissioni convogliate di polveri dopo abbattimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\leq 15</math> mg/Nmc con filtro a tessuto;</li> <li>• <math>\leq 30</math> mg/Nmc con elettrofiltro</li> </ul> <p>A seconda delle necessità ed in relazione ai lay-out impiantistici, possono essere adottati sistemi di captazione e depolverazione centralizzati che asservano più fasi di processo (carica e spillaggio convertitore, versamento della ghisa da carro siluro alla siviera; trattamento ghisa, trattamenti acciaio).</p>
<p>– Ricircolo delle acque utilizzate dal sistema di depolverazione ad umido del gas di acciaieria; ciò presuppone:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ un sistema di trattamento delle acque di lavaggio, come la coagulazione e la sedimentazione dei solidi sospesi;</li> <li>▪ nei sistemi a combustione soppressa, un più elevato livello di ricircolo può essere ottenuto attraverso l'iniezione di CO<sub>2</sub> nelle acque, prima dello stadio di sedimentazione, per favorire la precipitazione dei carbonati.</li> </ul>	<p>Concentrazione di solidi sospesi: 20 mg/l</p>

### **3. *Trattamento metallurgico secondario dell'acciaio***

<p>– Adozione della captazione delle emissioni che si generano durante i processi di trattamento metallurgico secondario dell'acciaio e conseguente depolverazione dei fumi captati mediante filtro a tessuto oppure con qualsiasi altra tecnica che abbia lo stesso livello di efficienza di</p>	<p>Concentrazione di polveri dopo abbattimento con filtro a tessuto: <math>\leq 15</math> mg/Nmc</p>
---	--

abbattimento.	
– Trattamento delle acque derivanti dai condensatori del vapore per il vuoto ai sistemi RH mediante filtrazione e raffreddamento in torri, con riciclo delle acque per quanto è possibile.	

#### 4. Colaggio acciaio

– Trattamento delle acque derivanti dai raffreddamenti diretti in colata continua mediante: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ sistema di coagulazione e sedimentazione dei solidi sospesi;</li> <li>▪ sistema di rimozione dell'olio;</li> <li>▪ riciclo delle acque di lavaggio per quanto è possibile.</li> </ul>	
--	--

#### 5. Gestione dei residui

<p>Per quanto possibile si consiglia di adottare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– la minimizzazione della produzione dei rifiuti;</li> <li>– il riciclaggio dei residui e dei sottoprodotti riutilizzabili, tra cui principalmente il materiale ferroso, le scorie di acciaieria, le polveri derivanti dalle depolverazioni a secco, i fanghi derivanti dai sistemi di depolverazione ad umido del gas di acciaieria, le polveri derivanti dalla depolverazione con elettrofiltri a secco del gas di acciaieria tramite bricchettaggio, ecc... Riguardo al recupero di queste polveri, le bricchette vengono riutilizzate nella carica del convertitore e/o in altoforno. Invece del bricchettaggio, per particolari condizioni operative ed ove possibile può essere adottato un processo di pellettizzazione.</li> <li>– lo smaltimento in idonea discarica dei residui non riciclabili.</li> </ul>	
--	--

**5.2.5 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE STOCCAGGIO E MANIPOLAZIONE DI MATERIE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA PRIME, PRODOTTI INTERMEDI E AUSILIARI**

DESCRIZIONE	NOTE
-------------	------

**1. Stoccaggio materiali solidi**

Adozione di una o una combinazione delle seguenti tecniche:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Stoccaggio in cumuli a cielo aperto</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>– formazione di cumuli in modo tale da limitare l'esposizione all'effetto del vento come ad esempio: cumuli ad asse longitudinale parallelo alla direzione del vento prevalente, cumuli di maggiori dimensioni rispetto a più cumuli di minore capacità, cumuli conici o troncoconici che abbiano idonee proporzioni in modo da limitare la superficie esposta;</li> <li>– spruzzaggio di una soluzione di filmante sulla superficie dei cumuli di materiale che possono presentare un'elevata tendenza allo spolveramento in modo da creare un film superficiale di aggregazione delle particelle di materiale resistente all'azione del vento;</li> <li>– umidificazione della superficie dei cumuli di materiale, non sottoposti all'azione della filmatura;</li> </ul> </li> </ul>	<p>Le principali limitazioni che possono non rendere possibile l'applicazione di tale misura sono principalmente: la sfavorevole posizione del sito, la presenza di infrastrutture come strade, ferrovie, strutture, ecc.. che non possono essere modificate, l'indisponibilità del lay-out, la necessità di formazione di cumuli diversi sia per le diverse tipologie e qualità dei materiali che per assicurare la costante alimentazione degli impianti, la pendenza dei cumuli è quella assunta naturalmente dal materiale, ecc....</p> <p>La principale limitazione che può non rendere possibile l'applicazione di tale misura deriva principalmente da possibili effetti di danneggiamento del materiale sottoposto all'azione dell'agente filmante o da necessità di continua movimentazione del materiale.</p> <p>Le principali limitazioni che possono non rendere possibile l'applicazione di tale misura sono ad esempio la deteriorabilità del materiale con l'umidità, la mancanza di risorse idriche, ecc... Inoltre tale misura non viene ad essere applicata in caso di clima piovoso e/o freddo.</p>
---	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>– copertura dei cumuli con teli o inerbimento della superficie dei cumuli, solo nel caso di stoccaggi per periodi molto lunghi in cui il materiale non viene ad essere movimentato;</li> <li>– sospensione, se possibile, dell’attività di messa a parco e ripresa del materiale in caso di forte vento;</li> <li>– adozione di sistemi protettivi dall’azione del vento come recinzioni, reti protettive, piantumazione di alberi, adozione di colline artificiali, muri di contenimento.</li> </ul>	<p>La principale limitazione che può non rendere possibile l’applicazione di tale misura deriva da effetti dannosi agli impianti per la interruzione dell’attività e/o per la mancata alimentazione delle materie prime.</p> <p>Le principali limitazioni che possono non rendere possibile l’applicazione di tali misure derivano da problemi di lay-out, presenza di infrastrutture che non possono essere modificate, limitazioni della capacità di stoccaggio.</p>
--	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Stoccaggio in sili o in sistemi coperti</u></li> <li>– lo stoccaggio in sili può essere applicato quando la quantità di materiale da stoccare non è elevata o nel caso di stoccaggio di materiali che possono deteriorarsi sotto l’azione degli agenti atmosferici. Per la limitazione delle emissioni che possono derivare nella fase di riempimento e/o ripresa del materiale dai sili può essere operata l’umidificazione prima dell’insilaggio e/o allo scarico. Tale tecnica è generalmente applicabile agli impianti esistenti dove maggiori sono i problemi di lay-out. In alternativa e ove possibile, possono essere adottati sistemi di captazione e depolverazione. Il tipo di sistema di depolverazione deve essere valutato caso per caso.</li> </ul>	<p>Tali tecniche di stoccaggio non sempre sono applicabili per motivi tecnici, logistici e/o economici.</p>
--	---

<p>– per lo stoccaggio di materiali in quantità non elevata e che possono deteriorarsi sotto l’azione degli agenti atmosferici, possono essere adottati sistemi di stoccaggio coperti che sono in genere costituiti da tettoie, capannoni, cupole.</p>	
--	--

**2. Trasferimento e manipolazione materiali solidi**

Adozione di una o una combinazione delle seguenti tecniche:

<p>– adozione, ove possibile, di sistemi di trasporto continuo, come l’utilizzo di nastri trasportatori, in alternativa al trasporto discontinuo (ad esempio a mezzo pala, camion, ecc.. ). Il tipo di sistema di convogliamento dipende dal tipo di materiale trasportato, dalla situazione logistica e deve essere valutato caso per caso.</p> <p>Nel caso di utilizzo di sistemi di trasporto continuo, per materiali poco o moderatamente polverosi e/o umidificabili, quali ad esempio i minerali di ferro, i carbon fossili, il calcare in pezzatura, il coke, l’agglomerato, ecc..., possono essere applicati nastri trasportatori convenzionali con una delle seguenti tecniche o una appropriata combinazione delle stesse:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– sistemi di protezione dall’azione del vento;</li> <li>– umidificazione o nebulizzazione d’acqua nei punti di trasferimento del materiale;</li> <li>– pulizia del nastro mediante raschiatori o altro idoneo sistema.</li> </ul> <p>Nel caso di utilizzo di sistemi di trasporto continuo, per materiali molto polverosi e non umidificabili, quali ad esempio la calce, il carbon fossile polverizzato secco, ecc... possono essere applicati nastri trasportatori convenzionali protetti e adozione, ove possibile, nei punti di trasferimento del materiale di sistemi di captazione e depolverazione. Il tipo e la necessità del sistema di depolverazione deve essere valutato caso per caso.</p>	<p>Per gli impianti esistenti l’applicazione di sistemi di trasporto continuo non è sempre possibile per motivi di lay-out, tecnici e/o economici, trattandosi di una tecnica notevolmente costosa.</p>
---	---



<p>Per nuovi stabilimenti che necessitano del trasporto continuo di materiali molto polverosi e non umidificabili, possono essere applicati sistemi di trasporto chiusi o sistemi che racchiudono il materiale trasportato all'interno del nastro (ad esempio nastri tubolari), la cui adozione comunque necessita di complesse infrastrutture in particolar modo nel caso in cui è necessario coprire lunghe distanze;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– nel caso di utilizzo di pale meccaniche deve essere per quanto possibile ridotta l'altezza di caduta del materiale scegliendo la migliore posizione durante il carico dei mezzi di trasporto;</li> <li>– sospensione, se possibile, dell'attività di carico e scarico effettuata all'esterno in caso di forte vento (&gt;20 m/s);</li> <li>– adozione di un'adeguata velocità dei mezzi di trasporto in modo da limitare il possibile sollevamento della polvere durante l'attraversamento di strade, piste, ecc...;</li> <li>– adozione, ove possibile, di strade asfaltate che possono essere facilmente pulite con idonei sistemi di pulizia (spazzatrici, ecc...);</li> <li>– adozione, ove possibile, della pulizia delle ruote dei mezzi con acqua, in modo da limitare l'eventuale sollevamento di polvere durante la movimentazione su strada;</li> <li>– minimizzazione dell'altezza di caduta libera e della velocità di carico e scarico di materiali molto polverosi adottando ad esempio: deflettori, sistemi di regolazione di uscita del materiale, scivoli, tramogge, tubi in cascata, ecc...;</li> <li>– adozione di un sistema di spruzzaggio di acqua per prevenire la formazione di polvere durante le attività di carico e scarico di materiali molto polverosi. Lo spruzzaggio di acqua può essere effettuato attraverso</li> </ul>	<p>La principale limitazione che può non rendere possibile l'applicazione di tale misura deriva da effetti dannosi agli impianti per la interruzione dell'attività e/o per la mancata alimentazione delle materie prime.</p>
--	--

<p>l'utilizzo di sistemi fissi o mobili. Per materiali che non possono essere umidificati può essere adottato un sistema di nebulizzazione di acqua o lo spruzzaggio di acqua con additivi;</p> <p>– nel caso di scarico materiali con benna il materiale deve essere rilasciato nella tramoggia e la benna deve stazionare per il tempo sufficiente alla scarica. La zona di scarico in tramoggia, può essere dotata di un sistema di spruzzaggio di acqua da attivare all'occorrenza;</p> <p>Per le nuove benne dovrebbero essere applicate le seguenti proprietà:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– idonea forma geometrica;</li><li>– idonea capacità e volume di carico;</li><li>– idonea superficie interna che limiti l'adesione del materiale;</li><li>– buona capacità di chiusura.</li></ul> <p>Nello scarico dei materiali da navi, oltre all'utilizzo di scaricatori dotati di benne, possono essere adottati scaricatori continui in cui il materiale viene estratto dalle stive della nave a mezzo di un elevatore flessibile che convoglia il materiale direttamente sul nastro convogliatore di trasferimento.</p>	
--	--

5.3 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA	ACCIAIERIA ELETTRICA
DESCRIZIONE	NOTE

**Movimentazione rottami**

<ul style="list-style-type: none"> <li>Pulizia e umidificazione piazzali materiale</li> </ul>	
---	--

**Movimentazione additivi**

<ul style="list-style-type: none"> <li>Pulizia piazzali</li> <li>Adozione di sistemi di stoccaggio e trasporto con aspirazione e sistemi di abbattimento delle polveri</li> </ul>	
---	--

**Carica del forno fusorio (EAF) - Fusione - Scorifica e spillaggio**

<ul style="list-style-type: none"> <li>E' considerata BAT il controllo della qualità del materiale in ingresso.</li> <li>Aspirazione delle polveri sia primarie che secondarie, tramite uno dei seguenti sistemi: <ul style="list-style-type: none"> <li>- combinazione di estrazione dei fumi direttamente dal 4° o 2° foro del forno ed una cappa opportunamente dimensionata atta a raccogliere quanto sfuggito al primo sistema;</li> <li>- dog-house e cappa;</li> <li>- dog-house ed aspirazione dal 4° foro;</li> <li>- sistema di aspirazione totale applicato all'edificio complessivo relativo all'acciaieria.</li> </ul> </li> </ul>	<p>La costruzione di sistemi di aspirazione totali applicati all'edificio complessivo richiede ulteriori installazioni di notevole entità per assicurare l'abbattimento delle polveri. I costi per gli operatori sono elevati e bisogna tenere conto che impianti di questo tipo se arrivano ad una riduzione delle emissioni diffuse all'esterno possono comportare effetti indesiderati negli ambienti di lavoro. Come conseguenza occorre un'accurata valutazione dei costi-benefici.</p> <p>Queste tecniche possono consentire di ottenere un'efficienza di aspirazione delle polveri primarie e secondarie pari al 98%.</p>
---	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbattimento a secco con filtro a maniche delle polveri captate.</li> </ul>	<p>Emissione convogliata di polveri dopo abbattimento: <math>\leq 15</math> mg/Nmc (media giornaliera) per impianti esistenti</p>
--	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione dei composti organoclorurati (PCDD/F e PCB in particolare) con l'uso di appropriati sistemi di post-combustione seguiti da un rapido raffreddamento oppure con insufflazione di polvere di lignite o di altri agenti adsorbenti (carbone attivo ecc): <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ottimizzazione della post-combustione. A causa della rilevanza de novo synthesis di PCDD/F è importante che il raffreddamento dei fumi consenta un rapido attraversamento della fascia di temperatura caratteristica di questo fenomeno; questo può essere ottenuto ad esempio con una torre di quenching o mediante altri sistemi che garantiscano un rapido raffreddamento degli esausti.</li> <li>– Iniezione di polvere di lignite o di altri agenti adsorbenti nel condotto fumi prima dei filtri a maniche. La polvere di lignite viene poi separata dal gas esausto nei filtri a maniche e smaltita con le polveri abbattute.</li> </ul> </li> </ul>	<p>Le emissioni in atmosfera raggiungibili in condizioni ottimali sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– concentrazione di PCDD/F: <math>\leq 0,5</math> ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup></li> </ul> <p>L'iniezione di polvere di lignite determina rischi di incendi per cui particolare attenzione deve essere posta nel caso di adozione di tale tecnica.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema ad acqua a circuito chiuso per il raffreddamento del forno</li> </ul>	

**Trattamenti di metallurgia secondaria**

<ul style="list-style-type: none"> <li>– Adozione di un sistema di aspirazione localizzato, in generale con convogliamento dell'aeriforme alla linea fumi del forno EAF</li> </ul>	
--	--

### Colata continua o in fossa dell'acciaio

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Trattamento dell'acqua usata per il raffreddamento sia delle apparecchiature che del prodotto in uscita dalle colate continue, con riciclo per quanto possibile delle acque trattate.<br/>Il sistema di trattamento acque può essere comune a quello degli impianti per la laminazione.<br/>Il consumo di acqua è limitato al reintegro delle perdite per evaporazione, smaltimento fanghi, etc.</li><li>• Impiego di polveri di copertura e/o coperchi sopra le siviere acciaio.</li></ul> |  |
|---|--|

### Riscaldamento siviere

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Adozione, ove possibile, di un sistema di aspirazione dei fumi di primo riscaldamento delle siviere con convogliamento all'impianto di trattamento dei fumi EAF o ad appositi impianti di trattamento.</li></ul> |  |
|--|--|

### Movimentazione, trattamento e stoccaggio scoria

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>– Pulizia ed umidificazione dei piazzali durante la movimentazione della scoria</li></ul> |  |
|---|--|

### Gestione residui

- |  |  |
|--|--|
| <p>Per quanto possibile dovrebbe essere adottata:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– la riduzione della quantità di rifiuti solidi;</li><li>– il riciclaggio, per quanto possibile, dei residui e dei sottoprodotti riutilizzabili tra cui principalmente le polveri e le scorie di acciaieria;</li><li>– lo smaltimento in idonea discarica dei residui non riciclabili.</li></ul> | <p>Per quanto riguarda la scoria proveniente direttamente dal forno elettrico, dopo la deferrizzazione, può essere riutilizzata per le sue buone caratteristiche meccaniche e resistenza agli agenti atmosferici.</p> <p>La tecnica consigliata per il recupero è quella prevista nel decreto sul riutilizzo dei rifiuti non pericolosi. Nell'applicazione di questa tecnica deve però essere revisionata la prova di eluizione prevista per il recupero di massa.</p> |
|--|--|

5.4 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA	LAMINAZIONE A CALDO
DESCRIZIONE	NOTE

1. Condizionamento semilavorato

<p>– Adozione delle seguenti tecniche alla scarfatura tramite macchinario fisso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ sistema di captazione delle emissioni e conseguente depolverazione dell'aeriforme captato mediante filtro a tessuto o mediante elettrofiltro a secco o ad umido (nel caso di fumi molto umidi) .</li> <li>▪ trattamento delle acque derivanti dalla filtrazione ad umido per la separazione dei solidi.</li> </ul>	<p>Tali tecniche sono applicabili ai nuovi impianti con macchinario fisso e non sono applicabili per operazioni manuali di scarfatura.</p> <p>Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– concentrazione di polveri dopo abbattimento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• con filtro a tessuto: <math>\leq 20</math> mg/Nmc</li> <li>• con elettrofiltro: <math>\leq 50</math> mg/Nmc</li> </ul> </li> </ul>
<p>– Adozione di sistema di captazione delle emissioni che si verificano durante la molatura tramite sistema fisso e conseguente depolverazione dell'aeriforme captato mediante filtro a tessuto.</p>	<p>Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– concentrazione di polveri dopo abbattimento: <math>\leq 20</math> mg/Nmc</li> </ul> <p>Tale tecnica è applicabile ai nuovi impianti con macchinario fisso e non è applicabile per operazioni manuali di molatura.</p>

## 2. Riscaldamento del semilavorato

Per i nuovi forni di riscaldamento, in fase progettuale, possono essere considerate una combinazione delle seguenti tecniche:

– Adozione di idonee misure costruttive volte ad incrementare la durata del materiale refrattario, riducendone la possibilità di danneggiamento.

– Adozione, per i forni a marcia discontinua, di refrattari a bassa massa termica in modo da ridurre le perdite legate all'accumulo di energia ed i tempi necessari per l'avviamento del forno.

– Riduzione delle sezioni di passaggio dei materiali in ingresso ed in uscita dal forno (riduzione apertura porte, adozione di porte multi-segmento, etc), in modo da ridurre le perdite energetiche dovute alla fuoriuscita dei fumi e l'ingresso di aria esterna nel forno.

La riduzione dell'apertura porte, ossia il mantenimento di una minima apertura delle porte necessaria per il caricamento del materiale da riscaldare, può essere operata anche sugli impianti esistenti.

– Adozione di misure (ad es. supporti a bassa dissipazione di temperatura detti "cavalieri", guide inclinate nei forni a longheroni, sistemi di compensazione) per ridurre fenomeni di raffreddamento localizzato sulla base del materiale in riscaldamento (skid marks), dovuti al contatto del materiale stesso con i sistemi di supporto all'interno del forno.

<p>– Adozione di un sistema di controllo della combustione. In particolare, il controllo del rapporto aria/combustibile è necessario per regolare la qualità della combustione, poiché assicura la stabilità della fiamma ed una combustione completa. Inoltre più il rapporto aria/combustibile è vicino a quello stechiometrico, più il combustibile è sfruttato in modo efficiente e più sono basse le perdite energetiche nei fumi.</p>	<p>Un sistema di controllo della combustione può essere applicabile anche agli impianti esistenti.</p>
<p>– Scelta del tipo di combustibile per il riscaldamento dei forni (in funzione della disponibilità) ai fini della riduzione delle emissioni di SO<sub>2</sub>. In un ciclo integrato possono essere utilizzati i gas di recupero siderurgici (gas di cokeria, gas di altoforno, gas di acciaieria), a volte miscelati con gas naturale. Nel caso di utilizzo del gas di cokeria, quest'ultimo può essere sottoposto, ove possibile, ad un processo di desolforazione presso gli impianti di produzione (cokerie). I combustibili liquidi sono in particolare utilizzati in caso di indisponibilità dei combustibili gassosi.</p>	<p>A seconda del combustibile utilizzato, le emissioni convogliate raggiungibili di SO<sub>2</sub> al camino di convogliamento in atmosfera dei fumi di combustione sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Gas naturale: SO<sub>2</sub> ≤ 100 mg/Nmc</li> <li>– Miscele di gas di recupero siderurgici con gas naturale: SO<sub>2</sub> ≤ 400 mg/Nmc</li> <li>– Gas di recupero siderurgici (Gas coke desolforato, gas di altoforno e gas di acciaieria): SO<sub>2</sub> ≤ 800 mg/Nmc</li> <li>– Olio combustibile (S ≤ 1%): SO<sub>2</sub> ≤ 1700 mg/Nmc</li> </ul>
<p>– Adozione di bruciatori radianti sulla volta del forno, che per effetto della veloce dissipazione dell'energia, producono livelli emissivi di NOx più bassi.</p>	



<p>– Adozione di bruciatori a basso NO<sub>x</sub> (low-NO<sub>x</sub>). I bruciatori low-NO<sub>x</sub> sono progettati per ridurre il livello delle emissioni di NO<sub>x</sub>. I principali criteri di progettazione su cui tali bruciatori si basano sono: riduzione della temperatura di picco della fiamma, riduzione del tempo di permanenza nella zona ad alta temperatura e riduzione della disponibilità di ossigeno nella zona di combustione. Il preriscaldamento dell'aria comburente, che è una tecnica applicata, ove possibile, per aumentare l'efficienza energetica dei forni (e quindi per abbassare il consumo di combustibile e le emissioni degli altri inquinanti di un processo di combustione), comporta concentrazioni di NO<sub>x</sub> più elevate nelle emissioni dei forni che ne sono dotati.</p>	<p>Le prestazioni raggiungibili con tale tecnica in condizioni normali sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• emissioni convogliate di NO<sub>x</sub> al camino di convogliamento in atmosfera dei fumi di combustione, in funzione della temperatura di preriscaldamento dell'aria comburente:</li> </ul> <table border="1" data-bbox="1433 414 1859 750"> <thead> <tr> <th>T preriscaldamento aria comburente</th> <th>NO<sub>x</sub> (mg/Nmc) (O<sub>2</sub> 3%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt; 200 °C</td> <td>&lt; 400</td> </tr> <tr> <td>300 °C</td> <td>fino a 450</td> </tr> <tr> <td>400 °C</td> <td>fino a 600</td> </tr> <tr> <td>500 °C</td> <td>fino a 800</td> </tr> <tr> <td>700 °C</td> <td>fino a 1500</td> </tr> <tr> <td>800 °C</td> <td>fino a 2300</td> </tr> <tr> <td>900 °C</td> <td>fino a 3500</td> </tr> <tr> <td>1000 °C</td> <td>fino a 5300</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sugli impianti esistenti risulterebbe possibile convertire i bruciatori convenzionali in bruciatori a basso NO<sub>x</sub> modificando i diffusori. I forni di riscaldamento non funzionano in condizioni stabili durante l'avviamento e lo spegnimento; durante queste fasi, i livelli emissivi possono aumentare, così come pure quando i bruciatori operano a portate inferiori a quelle di targa (in funzione dell'apporto calorico richiesto).</p>	T preriscaldamento aria comburente	NO <sub>x</sub> (mg/Nmc) (O <sub>2</sub> 3%)	< 200 °C	< 400	300 °C	fino a 450	400 °C	fino a 600	500 °C	fino a 800	700 °C	fino a 1500	800 °C	fino a 2300	900 °C	fino a 3500	1000 °C	fino a 5300
T preriscaldamento aria comburente	NO <sub>x</sub> (mg/Nmc) (O <sub>2</sub> 3%)																		
< 200 °C	< 400																		
300 °C	fino a 450																		
400 °C	fino a 600																		
500 °C	fino a 800																		
700 °C	fino a 1500																		
800 °C	fino a 2300																		
900 °C	fino a 3500																		
1000 °C	fino a 5300																		
<p>– Recupero del calore dei fumi di combustione per preriscaldare all'interno dei forni continui, attraverso una zona di preriscaldamento, il materiale caricato nei forni. In fase progettuale, può essere prevista all'interno del forno una zona di preriscaldamento del materiale caricato, in modo da assicurare un adeguato recupero di calore dai fumi di combustione.</p>																			

<p>– Recupero del calore dei fumi di combustione mediante sistemi recuperativi o sistemi rigenerativi per preriscaldare l'aria comburente.</p> <p>I sistemi recuperativi sono costituiti da scambiatori di calore, installati prima dell'immissione in atmosfera dei fumi di combustione, che consentono il trasferimento del calore continuamente dei fumi caldi all'aria comburente in ingresso, o da bruciatori che hanno questi scambiatori già incorporati singolarmente.</p> <p>Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldamento dell'aria comburente fino a 600°C.</p> <p>I sistemi rigenerativi sono costituiti da due scambiatori di calore (rigeneratori) contenenti, ad esempio, materiale ceramico: mentre un rigeneratore viene riscaldato per contatto diretto con i fumi caldi della combustione, l'altro ancora caldo riscalda l'aria comburente. Dopo un certo periodo il processo è invertito scambiando i flussi.</p> <p>Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldamento dell'aria comburente più elevate (superiori a 600°C).</p> <p>In alternativa e ove vi è la necessità di vapore per il laminatoio a caldo, può essere possibile che il calore recuperato dai fumi di combustione sia utilizzato per la produzione di vapore o altro.</p>	<p>I sistemi rigenerativi possono essere in particolare utilizzati in forni discontinui, in quanto generalmente non sono dotati di una zona di preriscaldamento.</p> <p>Un problema dei sistemi rigenerativi è la sensibilità alla polvere, che, se generata in notevoli quantità dal processo di combustione, può provocare la precoce sostituzione dei riempimenti ceramici.</p> <p>I costi di investimento sono elevati (sistema di rigenerazione e bruciatori più costosi).</p>
<p>– Adozione della carica calda o della laminazione diretta.</p> <p>In tal modo può essere sfruttato il contenuto termico residuo dei prodotti semilavorati provenienti dalla colata continua, caricandoli ancora caldi nei forni di riscaldamento, riducendo i tempi di stoccaggio del materiale.</p> <p>La laminazione diretta, rispetto alla carica calda, prevede temperature di infornamento più elevate.</p>	<p>L'applicabilità di queste tecniche è possibile per i nuovi stabilimenti in quanto è strettamente legata al layout degli impianti, dal momento che è necessario che la colata continua ed i forni di riscaldamento siano vicini.</p> <p>Inoltre queste tecniche possono essere applicate solo se la qualità superficiale è tale da non richiedere il condizionamento del semilavorato e solo se i programmi produttivi tra la colata continua e l'impianto di laminazione a caldo possono essere adeguatamente coordinati.</p>

### 3. Discagliatura

<p>– Riduzione dei consumi di acqua tramite l'utilizzo di sensori che determinano quando il materiale entra o esce dall'impianto di discagliatura; in questo modo le valvole dell'acqua vengono aperte quando è effettivamente necessario ed il volume d'acqua è quindi adattato alla necessità.</p>	
--	--

### 4. Laminazione

<p>– Adozione di una delle seguenti tecniche per ridurre le perdite energetiche durante il trasporto del materiale dal treno sbozzatore al treno finitore:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ utilizzo del Coil Box (e del Coil Recovery Furnace). Nel Coil Box, il prodotto intermedio che esce dal treno sbozzatore viene avvolto in un coil, che successivamente viene posizionato su un dispositivo di svolgimento, svolto ed inviato al treno finitore. Nel caso di brevi rallentamenti della linea a valle del Coil Box, il coil può rimanere in attesa per un tempo maggiore; inoltre nel caso di interruzioni lunghe il coil può essere conservato nei cosiddetti forni di recupero del calore “Coil Recovery Furnace”, dove viene ripristinata la temperatura di laminazione.</li></ul>	<p>L'utilizzo del Coil Box, che consente una distribuzione di temperatura lungo la barra di trasferimento più uniforme e che implica l'utilizzo di carichi minori per la laminazione al treno finitore, determina tuttavia un fabbisogno aggiuntivo di energia legato alle fasi di avvolgimento e svolgimento del coil e di riscaldamento nel Coil Recovery Furnace. La riduzione dei consumi energetici è minore nel confronto con impianti di laminazione in cui il tempo di esposizione all'aria della barra di trasferimento non è elevato.</p> <p>L'utilizzo del Coil Box può portare ad un peggioramento della qualità del prodotto per effetto di un aumento dei difetti superficiali ed inoltre possono esserci effetti di riduzione della capacità produttiva del laminatoio.</p> <p>Questa tecnica può essere applicata ai laminatoi semicontinui per la produzione nastri e se le condizioni impiantistiche e di prodotto lo permettono.</p>
---	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ utilizzo degli scudi termici sulle tavole di trasferimento. La tavola a rulli di trasferimento dal treno sbozzatore al treno finitore può essere equipaggiata ove possibile con scudi termici per ridurre le perdite di temperatura del materiale mentre è trasportato e per diminuire la differenza di temperatura tra la testa e la coda del materiale in ingresso al treno finitore.</li> </ul>	<p>Gli scudi termici comportano un rischio più elevato di difetti superficiali, in quanto viene favorita la formazione di scaglie a seguito della temperatura più elevata a cui viene mantenuta la barra di trasferimento; inoltre gli scudi termici comportano costi di gestione molto elevati, in quanto possono essere danneggiati facilmente dalle barre di trasferimento incurvate.</p> <p>Inoltre per gli impianti esistenti l'utilizzo di scudi termici non risulterebbe possibile in quanto le tavole a rulli esistenti potrebbero non sopportare le maggiori temperature ed inoltre la riduzione dei consumi energetici non giustifica gli elevati costi di installazione e gestione.</p> <p>L'utilizzo di scudi termici non è possibile ove sono richieste, per motivi metallurgici, temperature più basse al treno finitore.</p>
<p>– Adozione di una delle tecniche seguenti, per la riduzione delle emissioni di polveri durante la laminazione nel treno finitore:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ spruzzaggio d'acqua alle gabbie finitrici con trattamento delle acque al sistema di depurazione delle acque di laminazione. Tale sistema permette di abbattere alla fonte le eventuali emissioni di particolato.</li> <li>▪ sistema di captazione dell'aeriforme alle gabbie del treno finitore (in particolare le ultime gabbie) con depolverazione tramite filtri a tessuto. Per aeriformi particolarmente umidi, in alternativa ai filtri a tessuto, può essere adottato un sistema di abbattimento ad umido.</li> </ul>	<p>Nei laminatoi che operano a bassa velocità e/o con aree superficiali del prodotto ridotte, le emissioni sono già limitate, e quindi non è necessaria l'adozione di tali sistemi di abbattimento.</p> <p>Le prestazioni raggiungibili con tali tecniche in condizioni normali sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• emissioni convogliate di polveri al camino di convogliamento in atmosfera: <math>\leq 20</math> mg/Nmc</li> </ul>
<p>– Adozione di un sistema di captazione e depolverazione mediante filtri a tessuto per la riduzione delle emissioni di polveri che possono derivare dalla spianatura dei nastri.</p>	<p>Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• emissioni convogliate di polveri al camino di convogliamento in atmosfera: <math>\leq 20</math> mg/Nmc</li> </ul>

- |   |  |
|---|--|
| <p>– Adozione delle seguenti tecniche relative alla tornerie cilindri:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ utilizzo di sgrassatori a base d'acqua, fin quando è tecnicamente accettabile in funzione del grado di pulizia richiesto; nel caso di utilizzo di solventi organici, sono da preferire quelli privi di cloro;</li><li>▪ trattamento, ove possibile, dei fanghi di molatura tramite separazione magnetica, per recuperare le particelle metalliche e consentirne il successivo avvio a riciclo/recupero;</li><li>▪ smaltimento appropriato dei rifiuti derivanti dalle lavorazioni (ad es. grasso rimosso dai cuscinetti, mole consumate, residui di molatura, cilindri di laminazione consumati, etc.);</li><li>▪ trattamento degli effluenti liquidi (provenienti dai raffreddamenti, dagli sgrassaggi, dalla molatura) negli impianti di trattamento dell'acqua previsti per la laminazione a caldo.</li></ul> |  |
|---|--|

<p>– Adozione delle seguenti tecniche relative al trattamento acque:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ riduzione del consumo e dello scarico dell'acqua utilizzando, per quanto possibile, circuiti a ricircolo</li> <li>▪ trattamento delle acque di processo contenenti scaglie ed olio e riduzione dell'inquinamento negli effluenti utilizzando una combinazione appropriata di singole unità di trattamento, come ad esempio fosse scaglie, vasche di sedimentazione, filtri, torri di raffreddamento.</li> </ul> <p>▪ adozione delle seguenti misure per prevenire l'inquinamento delle acque da parte di idrocarburi:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) accurata manutenzione di tenute, guarnizioni, pompe, ecc...;</li> <li>b) utilizzo di idonei cuscinetti per i cilindri di lavoro e di appoggio ed adozione di indicatori di perdite sulle linee di lubrificazione.</li> <li>c) raccolta e trattamento delle acque di drenaggio;</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ riciclo nel processo siderurgico o vendita per altri riutilizzi delle scaglie di laminazione derivanti dagli impianti di trattamento dell'acqua;</li> <li>▪ disidratazione ed idoneo smaltimento dei fanghi oleosi;</li> <li>▪ utilizzo di sistemi di raffreddamento ad acqua separati e funzionanti in circuiti chiusi.</li> </ul>	<p>Rapporti di ricircolo <math>\geq 95\%</math> sono raggiungibili</p> <p>Le prestazioni raggiungibili in condizioni normali sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– concentrazioni allo scarico dopo trattamento: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ solidi sospesi: <math>\leq 20</math> mg/l</li> <li>▪ olio: <math>\leq 5</math> mg/l</li> <li>▪ Fe: <math>\leq 10</math> mg/l</li> <li>▪ Cr<sub>tot</sub>: <math>\leq 0.5</math> mg/l</li> <li>▪ Ni: <math>\leq 0.5</math> mg/l</li> <li>▪ Zn: <math>\leq 2</math> mg/l</li> </ul> </li> </ul>
--	--

Dato il notevole sviluppo dell'ultimo ventennio, la zincatura generale a caldo in Italia ha acquisito delle peculiarità impiantistiche e tecnologiche che non hanno trovato riscontro in altri Paesi europei. Questo ha fatto sì che il Nostro Paese diventasse il primo produttore europeo (statistiche dell'EGGA – European General Galvanizers Association, aggiornate al 2003) con un numero di impianti dimezzato rispetto al secondo produttore, la Germania. L'uso intensivo degli impianti e l'attenzione per l'ottimizzazione delle variabili di processo, in relazione all'incremento di produttività, delineano un quadro specifico delle BAT applicabili in Italia nell'ambito di quelle segnalate a livello comunitario, come è possibile rilevare dopo le opportune considerazioni che si riportano di seguito.

1. Sgrassaggio:

La quasi totalità degli impianti in Italia è dotata di una o due vasche di sgrassaggio. Esistono casi in cui, per impianti di ridotte dimensioni e per carenza di spazio, lo sgrassaggio è effettuato insieme al decapaggio mediante l'utilizzo di prodotti idonei.

L'efficienza dello sgrassaggio è strettamente legata al contatto del pezzo con le soluzioni, contatto che può essere favorito dalla movimentazione dei pezzi; un adeguato effetto di movimentazione relativa dei pezzi da zincare rispetto alla soluzione sgrassante, può essere ottenuto attivando, anche manualmente, le gru a ponte onde ottenere un movimento dei bilancini di tipo alternato “su - giù”, una o più volte durante il tempo di permanenza dei pezzi nel bagno. In alternativa è possibile l'applicazione alle vasche di sistemi rotatori con eccentrici agenti sui bilancini. Occorre bilanciare e ponderare opportunamente l'applicazione di queste tecniche dal momento che esse causano un incremento delle emissioni di vapori dalle vasche.

Non è invece consigliabile, per migliorare l'efficienza dello sgrassaggio, l'utilizzo di sistemi ultrasonici, data la vasta gamma, e per le dimensioni e per la varietà delle forme geometriche, dei manufatti trattati in zincatura generale; così come non è attuabile lo sgrassaggio a cascata, per la limitazione della produttività dell'impianto ed il notevole consumo aggiuntivo di acqua.

Per la pulizia delle soluzioni sgrassanti non risultano praticabili le separazioni per centrifuga; le quantità relative di fluido sono, infatti, molto basse e non giustificano l'impegno economico per l'installazione d'un impianto ad hoc; il costo d'esercizio è particolarmente elevato per i consumi energetici, peraltro responsabili di impatto ambientale.

Altrettanto non proponibili sono le tecniche di pulizia mediante membrane o per ultrafiltrazione; le membrane appropriate agli specifici bagni di sgrassaggio devono ancora essere sviluppate per permetterne l'applicazione nella zincatura generale a caldo.

Lo sgrassaggio biologico non è applicabile per le elevate produttività degli impianti italiani: non è, infatti, possibile garantire il mantenimento delle condizioni equilibrate necessarie per la vita e l'attività dei batteri. Non essendo possibile determinare condizioni di efficienza costante, il sistema potrebbe non essere efficace e comportare il trascinarsi di materiale organico e grasso fino alla vasca di zincatura, con le conseguenti complicazioni e sul piano ambientale (aumento delle emissioni) e sul piano economico, per le misure da adottare. Non si hanno esempi di applicazione di questo processo alla zincatura generale in Italia; anche nel resto d'Europa è stato scarsamente sperimentato.

## 2. Decapaggio e strippaggio

Il decapaggio viene, in genere, operato con vasche aperte statiche con acido cloridrico entro i range operativi evidenziati in fig. A.

Si è già osservato che un attento monitoraggio dei parametri del bagno (concentrazione dell'acido, contenuto di ferro, ecc.) può aiutare nell'ottimizzazione dell'operazione; la conoscenza dei cambiamenti nel bagno consente di attivare procedure di esercizio opportune, come la riduzione del tempo di decapaggio per evitare il sovra-decapaggio; i valori ottimali sono presentati in fig.B.

Possono anche essere usate apparecchiature che operano al di fuori di tali range, con bagni di HCl riscaldati o a più alta concentrazione. Questi impianti solo di recente sono stati installati in poche zincherie in Italia ed in Europa. Resta ancora da stabilire il livello di resistenza agli agenti fortemente corrosivi delle strutture metalliche dei tunnel e delle cabine.

Il recupero per evaporazione è, in genere, troppo complesso ed antieconomico da gestire per la dimensione delle zincherie, che sono classificabili tutte come piccole aziende. Può essere realizzato, più agevolmente all'esterno delle aziende di zincatura, conferendo l'acido a recuperatori autorizzati che possono discriminare tra questa ed altre tecniche di recupero e di riutilizzo.

Il recupero per estrazione liquido-liquido non è praticabile su piccola scala. Comporta l'utilizzo di sostanze pericolose quali i solventi e relativa generazione di rifiuti ed emissioni.

In alcuni casi l'acido esausto può essere affidato ad aziende specializzate nel riciclo e riutilizzo, dopo adeguato trattamento, in impianti di depurazione delle acque a ciclo inorganico come neutralizzanti, flocculanti ed agenti di precipitazione in altri processi. Sistemi esterni come il recupero tramite letto fluido – roasting (pirolisi) sono ormai in disuso. Essi infatti possono essere applicati solo ai liquidi che contengono ferro ma non zinco. Sebbene qualche fonte riporti che per contenuti al massimo di 2-3 g/l di zinco nell'alimentazione il processo risulta ancora praticabile, sembra che il problema dello zinco nell'alimentazione non sia stato risolto. Ciò rende necessario un pretrattamento per la rimozione dello zinco. Lo spray roasting non è attualmente applicato alla rigenerazione dell'acido proveniente dalla zincatura a caldo, dal momento che esso non è praticabile su piccola scala. Nello specifico, il roasting risulta troppo costoso e insoddisfacente in quanto a purezza dell'ossido di Fe ricavato e non può essere considerato BAT.

La rimozione del ferro dai bagni di decapaggio e strippaggio combinati, tramite  $\text{NH}_3$  ed  $\text{H}_2\text{O}_2$  con il susseguente riuso come soluzione flussante, non è praticabile in situ. Le soluzioni di decapaggio sono in notevole eccesso rispetto al flussaggio e le soluzioni derivanti dal processo sarebbero troppo diluite e richiederebbero l'impiego di evaporatori. Inoltre gli altri inquinanti presenti nelle soluzioni esauste, non eliminate con questo processo di rigenerazione, disturberebbero il processo negli stadi successivi. Possibile l'applicazione della tecnica da parte di aziende specializzate, cui le zincherie conferiscano il sotto-prodotto per il successivo trattamento.

Il trattamento con  $\text{NH}_3$  ed  $\text{H}_2\text{O}_2$  può essere utilizzato nel caso di vasche esclusivamente dedicate allo strippaggio per il riutilizzo del liquido come soluzione flussante.



La rimozione dello zinco dall'acido per scambio ionico (sprang) non è affidabile e non esistono testimonianze di esperienze positive. Le soluzioni sono troppo sporche per poter garantire il funzionamento dello scambio ionico e le resine di solito utilizzate sono a rischio intasamento.

L'utilizzo di liquidi di decapaggio esausti per la produzione di flussanti è possibile solo parzialmente in situ. E' più frequente l'applicazione della tecnica da parte di aziende specializzate, cui le zincherie conferiscano il sotto-prodotto per il successivo trattamento.

### 3. Lavaggio

Tipicamente negli impianti italiani è previsto il lavaggio tra decapaggio e flussaggio. Si può evitare il lavaggio nei casi in cui sia prevista la rigenerazione continua o semi-continua del flusso.

Di solito con il lavaggio mono-vasca tutta l'acqua utilizzata può essere adoperata interamente per il rabbocco delle vasche di decapaggio. I sistemi di lavaggio in cascata provocano un consumo maggiore di acqua, il che può dare luogo a scarichi contaminati da sottoporre a trattamento. Inoltre essi comportano un rallentamento della produzione che è insostenibile per la maggior parte dei layout impiantistici possibili. Per i ritmi produttivi degli impianti italiani, nel nostro Paese, tali effetti sono più evidenti, per cui l'uso del sistema in cascata non può essere considerato BAT.

### 4. Flussaggio

La concentrazione dei sali di flussaggio può essere mantenuta costante con periodiche aggiunte.

La soluzione flussante può essere trattata in situ mediante aerazione (che favorisce la precipitazione del ferro) e decantazione con rimozione di fanghi ricchi di ferro. Talvolta si ricorre a trattamenti in continuo che utilizzano  $H_2O_2$  per l'ossidazione del cloruro di ferro e la precipitazione del ferro idrossido. Il controllo del pH è ottenuto attraverso l'utilizzo di  $NH_3$ . Il sistema comporta la produzione di fanghi la cui composizione dipende dalle condizioni di flussaggio adottate nell'impianto secondo la tipologia del prodotto da zincare.

Più costoso, in termini di esercizio del bagno e di spesa energetica è il processo di rimozione del ferro per ossidazione elettrolitica; non esiste alcuna esperienza di utilizzo in Italia.

Altrettanto costoso e con le difficoltà di inserimento in una zincheria già esistente, è il sistema di separazione per scambio ionico.

L'alternativa al trattamento in situ è il conferimento dell'esausto (ricco di cloruro di ferro) a società specializzate che rigenerano all'esterno la soluzione flussante. I sali della soluzione flussante esausto, separati dal ferro, possono essere riutilizzati per la produzione di agenti flussanti.

## 5. Immersione nello zinco fuso

Per gli impianti esistenti le condizioni di layout possono impedire l'adozione della cabina. In genere si usano portate di estrazione diverse a seconda delle soluzioni impiantistiche adottate, ma come ordine di grandezza di riferimento è possibile indicare una portata di circa  $2000 \text{ Nm}^3\text{h}^{-1}\text{m}^{-2}$  di superficie di zinco fuso esposta in vasca nel caso della cabina.

Sono possibili diverse soluzioni di progetto per adattarsi agli spazi e alle disposizioni delle altre vasche dell'impianto.

Le estrazioni a bordo vasca in combinazione avvengono per mezzo di cappe laterali a bagno aperto; Le portate sono molto variabili e dipendono dalle condizioni di layout e dalle caratteristiche geometriche della vasca. Le aspirazioni richieste dipendono in maniera più che lineare dalla larghezza della vasca. Le portate in gioco sono dell'ordine di ca.  $4000 \text{ Nm}^3\text{h}^{-1}\text{m}^{-2}$  di superficie di zinco fuso esposta in vasca.

In entrambi i casi si può prevedere un abbattimento dei fumi o tramite filtri a manica o scrubber. L'emissione di particolato è  $< 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ , più facile da raggiungere con i filtri a manica.

In genere le misure di estrazione garantiscono che le emissioni fuggitive siano trascurabili rispetto alle emissioni puntuali. Le performance riscontrate negli impianti esistenti dipendono dalle caratteristiche proprie di ogni sito industriale in relazione alle condizioni di ventosità del posto, la convezione determinata dal layout impiantistico o dalle caratteristiche geometriche del capannone ospitante l'impianto, e la concentrazione alla quale, per le esigenze produttive, viene tenuta la vasca di flussaggio.

Non è possibile fornire tabelle di composizione delle emissioni affidabili. Le condizioni variano drasticamente da impianto ad impianto. Il momento di massima emissione dalle vasche di zincatura si ha durante l'immersione dei pezzi. Lo sviluppo dei fumi in ordine alla quantità ed alla composizione dipende in maniera critica dalla composizione e concentrazione dell'agente di flussante che si ossida a contatto con lo zinco fuso. Queste variabili sono dipendenti dalla tipologia del prodotto da zincare. Anche il layout stesso dell'impianto, la produttività dell'impianto (intesa come numero di immersioni realizzate all'ora), la tipologia e le caratteristiche geometriche del prodotto influenzano notevolmente la captazione ed il relativo contenuto, che non risulta costante nel tempo.

La presenza di diossina nelle polveri provenienti dall'abbattimento dei fumi provenienti dalla vasca di zincatura, si verifica episodicamente, quando lo sgrassaggio dei pezzi risulta insufficiente e i residui di oli e grassi vengono portati per trascinamento nella vasca di zincatura.

A meno di situazioni occasionali di cattivo funzionamento dell'impianto, un processo correttamente eseguito non dà luogo alla formazione di diossina delle polveri dei filtri a manica.

Sono disponibili tecniche per la minimizzazione della produzione dei sotto-prodotti da zincatura quali matte, schiumature (ceneri) e schizzi di zinco. Esse vengono riportate nel seguito.

DESCRIZIONE	NOTE
-------------	------

**1. Sgrassaggio di bagni aperti**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installazione di uno <i>step</i> di sgrassaggio, a meno che i manufatti non siano completamente privi di grasso, cosa molto rara nella zincatura conto terzi.</li>   <li>• <u>Gestione ottimizzata del bagno</u> Attraverso il monitoraggio costante di parametri del bagno, come temperatura e concentrazione dell'agente di grassaggio, si ottiene l'ottimizzazione di questa fase di processo con semplici misure generali.</li>   <li>• <u>Manutenzione e pulizia dei bagni di sgrassaggio aperti</u> Nello sgrassaggio alcalino l'emulsione che si forma è instabile, l'olio e il grasso si conglomerano e formano uno strato galleggiante sulla superficie nelle aree dove non c'è movimento del bagno di sgrassaggio. Questo agglomerato può essere separato e rimosso attraverso schiumarole, tubi di drenaggio per lo scarico, raschi, ecc. Per mezzo di tali misure, utilizzando semplicemente la gravità (tempo di separazione: un paio d'ore) la vita dei bagni di sgrassaggio può essere prolungata da 2 a 4 volte. I fanghi rimossi contengono oli, grassi, agenti di sgrassaggio, scaglie, ruggine, polvere, ecc. e vengono di solito smaltiti.</li> </ul>	<p>L'efficienza dello sgrassaggio può essere migliorata incrementando il contatto tra il liquido e il manufatto, per esempio muovendo il manufatto o muovendo la soluzione (movimentazione effettuata con il carroponete o con strumentazioni idonee, oppure agitazione della soluzione durante l'immersione dei pezzi).</p> <p>Le misure descritte per prolungare la vita dei bagni di sgrassaggio sono anche applicabili ai bagni di sgrassaggio acidi ma, a causa della formazione di emulsioni più stabili, l'efficienza risulta ridotta.</p> <p style="text-align: center;">Durate maggiori in esercizio dei bagni da 2 a 4 volte.</p>
--	---

## 2. Decapaggio e Strippaggio

- Controllo dei parametri del bagno aperto (temperatura e concentrazione)

Il contenuto di HCl nella fase gassosa al di sopra di un bagno di decapaggio dipende dalla temperatura e dalla concentrazione. Le emissioni dai bagni di decapaggio sono al di sotto di  $10\text{mg}/\text{Nm}^3$  quando la coppia di valori (temperatura e concentrazione) è nell'area al di sotto della retta in fig. A.

Se si effettua un controllo accurato dei parametri di processo (temperatura e concentrazione), con condizioni operative nei limiti stabiliti in fig. A, i sistemi di estrazione della fase vapore e le successive tecniche di abbattimento diventano sovrabbondanti. Le aspirazioni e conseguenti abbattimenti possono essere richiesti quando non è possibile operare nelle zone del diagramma di fig. A o quando le condizioni di ventilazione naturale lo richiedano.

- Controllo ed esercizio ottimizzati del bagno aperto

L'efficienza del decapaggio, e quindi il tempo necessario per il decapaggio, cambia lungo la durata del bagno. Man mano che il bagno invecchia, la concentrazione del ferro aumenta ed è necessario meno acido libero per mantenere la stessa velocità di decapaggio dell'inizio. È infatti necessaria la presenza di ioni  $\text{Fe}^{2+}$  in quantità dipendenti dall'acidità libera per ottenere l'ottimizzazione dell'attività decapante del bagno ( fig.B.).

Un attento monitoraggio dei parametri del bagno (concentrazione dell'acido, contenuto di ferro, ecc.) può aiutare nell'ottimizzazione dell'operazione attraverso la conoscenza dei cambiamenti nel bagno e permettere procedure di esercizio diverse, come la riduzione del tempo di decapaggio per evitare il sovra-decapaggio.

Si può ottenere un consumo di acido fresco (al 33w%) fino a 10 – 15 kg/ton di acciaio zincato.

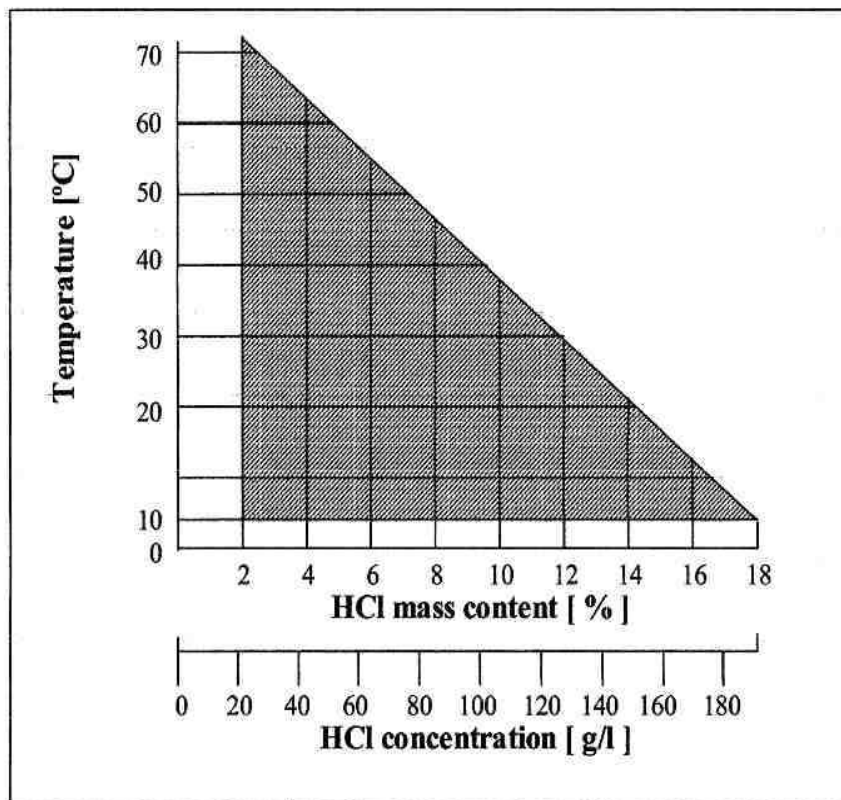


Fig. A Curva limite per l'esercizio dei bagni di decapaggio aperti

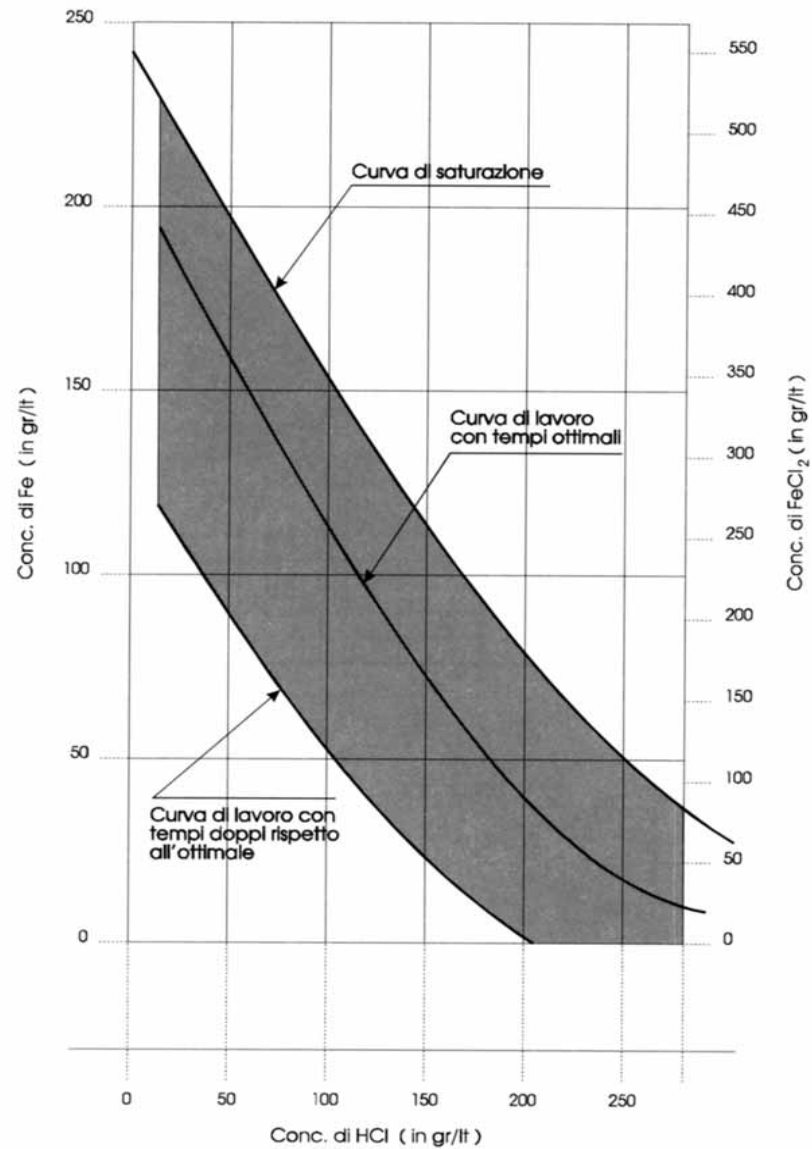


Fig. B Concentrazione di Fe – FeCl<sub>2</sub> – HCl per il controllo dell'attività del bagno di decapaggio

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Sezione di pre-trattamento chiusa con bagni riscaldati e/o concentrati: estrazione e abbattimento</u>  Se si richiedono operazioni al di fuori dell'intervallo di esercizio stabilito dall'area rappresentata in fig.A., ad es. se vengono usati bagni di HCl riscaldati o a più alta concentrazione, l'installazione di un'unità di estrazione ed il trattamento dell'aria estratta sono considerati BAT (ad es. tramite scrubber).   Consiste nella creazione di un tunnel che racchiude le vasche di processo. Un adeguata aspirazione convoglia le emissioni all' abbattitore, in genere uno scrubber.</li> <li>• <u>Minimizzazione dell'acido esausto attraverso l'uso degli inibitori di decapaggio</u>  Per proteggere dal sovra-decapaggio le parti di manufatto che sono già pulite e metalliche, si aggiungono alla soluzione di decapaggio gli inibitori di decapaggio. Gli inibitori possono ridurre la perdita di materiale dai manufatti anche del 98% e possono ridurre il consumo di acido. Comunque, questi inibitori organici possono avere un'influenza negativa sui successivi processi di riciclo dell'acido per cui si richiede attenzione alla scelta ed alla concentrazione adottata.</li> <li>• <u>Rigenerazione esterna dei liquidi di decapaggio</u>  Le soluzioni esauste di acido cloridrico vanno a società specializzate ed autorizzate alla neutralizzazione e smaltimento. Questa soluzione è consigliata come BAT perché il trattamento delle soluzioni esauste di decapaggio è antieconomico e troppo complesso per una zincheria per poter essere gestito in situ.</li> </ul>	<p>Il livello associato di emissione di HCl è pari a 2-30 mg/Nm<sup>3</sup> in uscita dagli scrubber.</p> <p>Lo scrubber è una torre di lavaggio in cui, si abbatte la concentrazione di acido nell'aeriforme inquinato tramite il contatto (con elevata superficie specifica) con l'acqua. La soluzione blandamente acida che si genera viene riciclata come fluido di processo.</p> <p>Perdita dai manufatti ridotta fino al 98%.</p> <p>Riduzione stimata del consumo di acido 10-20%</p> <p>Il sistema è attualmente utilizzato dalla quasi totalità delle aziende di zincatura italiane.</p>
---	---

- Possono essere utilizzati anche sistemi di recupero per evaporazione ed estrazione liquido-liquido.
- In alcuni casi l'acido esausto può essere affidato ad aziende specializzate nel riciclo e riutilizzo in impianti di depurazione delle acque a ciclo inorganico come neutralizzanti, flocculanti ed agenti di precipitazione.
- Vasche separate di decapaggio e strippaggio  
Una misura primaria per ridurre l'impatto ambientale dato dal decapaggio e dallo strippaggio è costituita dall'esercizio di vasche separate di trattamento, poiché gli acidi misti (ad alto contenuto sia di ferro che di zinco) provocano problemi nella rigenerazione o nel riutilizzo. Dal momento che non vi sono trattamenti adeguati per gli acidi misti, il decapaggio separato dallo strippaggio e il riutilizzo dei liquidi di strippaggio esausti (interno ed esterno, ad es. per il recupero dei flussanti) sono considerati come BAT sia per i nuovi impianti che per quelli già esistenti.
- Qualora non fosse possibile separare il decapaggio dallo strippaggio, ad es. per mancanza di spazio per installare un'altra vasca, il riutilizzo degli acidi misti per la produzione di flussante, tramite conferimento ad operatori esterni, è considerato come BAT.
- Rigenerazione dell'acido e utilizzo dei sali residui per la produzione di flussanti  
L'acido cloridrico esausto da decapaggio e strippaggio combinati con alte concentrazioni di zinco e ferro può essere processato e recuperato come bagno di flussaggio. Dopo l'ossidazione con perossido di idrogeno e neutralizzazione con ammoniaca si separa il fango di idrossido di ferro. Il liquido rimanente contiene alte concentrazioni di cloruro di zinco e cloruro di ammonio e può essere riutilizzato come soluzione flussante.

Quando le dimensioni aziendali lo consentano alcune delle operazioni di rigenerazione possono essere gestite all'interno della zincheria.

### 3. Lavaggio:

<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Installazione di una vasca di lavaggio tra decapaggio e flussaggio</u></li></ul> <p>Dopo il decapaggio, i manufatti in acciaio sono risciacquati in una vasca di lavaggio statica.</p> <p>Il lavaggio è effettuato per evitare il trascinamento all'interno del bagno di flussaggio sia di liquido di decapaggio, che altera il pH, sia di ioni <math>Fe^{++}</math>, che inquinano la soluzione flussante.</p> <p>Si può evitare il lavaggio nei casi in cui sia prevista la rigenerazione continua o semi-continua del flusso.</p>	<p>Con una gestione accurata e la pratica operativa tutta l'acqua del lavaggio, contaminata dall'acido, può essere riutilizzata nella sezione di decapaggio dell'impianto di zincatura.</p>
---	---

### 4. Flussaggio:

<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Controllo del flussaggio</u></li></ul> <p>La concentrazione dei sali di flussaggio può essere mantenuta costante con periodiche aggiunte. Il trascinamento del ferro dai bagni di decapaggio, che provoca inquinamento del flussante, può essere minimizzato mediante l'attesa di un tempo opportuno (dipendente dalla forma geometrica e dallo stato superficiale dei pezzi) di gocciolamento al di sopra delle vasche di decapaggio.</p> <p>L'uso ponderato di agenti di flussaggio a fumi ridotti ed il corretto bilanciamento del flussante (quanto a contenuto di cloruro di ammonio), assieme ad una gestione ottimizzata del decapaggio e flussaggio, contribuiscono a ridurre l'emissione dalla vasca di zincatura. Le concentrazioni ottimali devono essere scelte sulla base della tipologia e dello spessore medi del materiale zincato, della lega utilizzata nel bagno di zincatura e degli altri parametri di esercizio dell'impianto.</p>	
---	--



- Rigenerazione continua o semi-continua del bagno di flussaggio

La soluzione flussante può essere trattata in situ mediante aerazione (che favorisce la precipitazione del ferro) e decantazione con rimozione di fanghi ricchi di ferro. Talvolta si ricorre a trattamenti in continuo che utilizzano  $H_2O_2$  per l'ossidazione del cloruro di ferro e la precipitazione del ferro idrossido. Il controllo del pH è ottenuto attraverso l'utilizzo di  $NH_3$ . Il sistema comporta la produzione di fanghi la cui composizione dipende dalle condizioni di flussaggio adottate nell'impianto secondo la tipologia del prodotto da zincare.

- Equivalentemente, un lavaggio accurato dei manufatti dopo il decapaggio, in assenza di un impianto di rigenerazione del flussante, comporta una maggiore durata di servizio delle vasche, ritardandone l'alterazione.

- Rigenerazione esterna del flussante

L'alternativa al trattamento in situ è il conferimento dell'esausto (ricco di cloruro di ferro) a società specializzate che rigenerano all'esterno la soluzione flussante. I sali della soluzione flussante esausto, separati dal ferro, possono essere riutilizzati per la produzione di agenti flussanti.

## 5. Immersione nello zinco

<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Cattura delle emissioni</u> La cattura delle emissioni tramite cabina o tramite estrazione a bordo vasca, seguito da abbattimento della polvere (tramite filtri a manica o <i>scrubber</i> ad umido).  Per gli impianti con cabina, in genere, si usano portate di estrazione diverse a seconda delle soluzioni impiantistiche adottate, ma come ordine di grandezza di riferimento è possibile indicare una portata di circa <math>2000 \text{ Nm}^3\text{h}^{-1}\text{m}^{-2}</math> di superficie di zinco fuso in vasca.  Le estrazioni a bordo vasca in combinazione avvengono per mezzo di cappe laterali a bagno aperto.</li><li>• Riutilizzo interno o esterno della polvere raccolta nei filtri a manica per la produzione di flussanti. Poiché questa polvere può raramente contenere diossina a bassa concentrazione, per problemi nell'impianto (manufatti zincati precedentemente non ben sgrassati), solo i processi di recupero che rendono gli agenti flussanti liberi da diossina sono considerati BAT.</li><li>• <u>Recupero di calore dai gas combusti provenienti dal forno di zincatura</u>  Sebbene le opportunità di risparmio di energia dal trasferimento di calore dai gas combusti dalle vasche di zincatura siano limitate, a causa dei bassi volumi e delle relativamente basse temperature (<math>450^\circ\text{C}</math>), è buona norma recuperare il calore da questa fonte per riscaldare o l'acqua usata altrove nell'impianto, o l'aria per l'essiccazione.</li></ul>	<p>Per gli impianti esistenti le condizioni di layout possono impedire l'adozione della cabina.</p> <p>Il livello di polvere emessa in atmosfera dopo l'abbattimento, associato con queste due tecniche, è <math>&lt;5 \text{ mg/Nm}^3</math>.</p> <p>Le portate in gioco sono dell'ordine di <math>4000 \text{ Nm}^3\text{h}^{-1}\text{m}^{-2}</math> ca. di superficie di zinco fuso in vasca.</p> <p>La polvere è composta soprattutto da cloruro di ammonio e cloruro di zinco (agente flussante). Il riciclaggio potrebbe essere limitato dalla presenza di olio e grasso (ne è richiesta una quantità inferiore al 3%).</p> <p>Riduzione del consumo di energia tra 15 e 45 kWh per tonnellata di acciaio nero trattato.</p>
---	--

Sistemi di scambiatori a tubo e mantello possono essere impiegati per recuperare calore dai fumi di combustione, da trasferire alle soluzioni di flusso e sgrassaggio, sovente riscaldate per mantenere la giusta solubilità ed attività degli agenti chimici. Sono disponibili diverse soluzioni tecniche. Per il recupero di calore destinato all'essiccatore i fumi vengono fatti passare per il forno di essiccazione prima di essere inviati al camino.

Il recupero di calore dai fumi di combustione costituisce, comunque, solo una quota del calore necessario per le operazioni suddette, per cui l'impianto di zincatura necessita della presenza di bruciatori addizionali seppure di modesta portata.

- Efficienza e Controllo del Forno di Riscaldamento

Le perdite di calore dal gas di combustione possono essere ridotte con l'ottimizzazione del processo di combustione, diminuendo l'ingresso dell'aria nell'alloggiamento del forno. L'operazione a bassa temperatura del processo di zincatura implica che vi siano limitate opportunità per risparmiare energia tramite la riduzione delle perdite.

Quando la vasca si trova a riposo con lo zinco fuso, la riduzione di perdite di calore può essere ottenuta utilizzando coperture isolanti che si estendono al di sopra della parte superiore del forno.

Questa tecnica non è applicabile su sistemi con due bruciatori (vasche piccole) perché non vi è abbastanza calore disponibile. I sistemi di recupero sono installati molto spesso su sistemi di 4 o 6 bruciatori.

L'efficienza del forno è anche influenzata dal sistema di controllo. Maggiore efficienza si ha con sistemi di controllo che adeguano meglio l'immissione di calore alla richiesta di calore.

- Recupero dei sottoprodotti contenenti zinco

Per tutti i sottoprodotti contenenti zinco prodotti nella vasca di zincatura (matte, zinco duro, spruzzi, schizzi e schiumature povere di zinco), sono considerate tecniche BAT:

- l'immagazzinamento separato
- la protezione da pioggia e vento
- il riutilizzo nell'industria dei metalli non ferrosi o in altri settori per il recupero delle sostanze utili che essi contengono

- Recupero di zinco dalle schiumature di zinco (o ceneri)

Le schiumature (o ceneri) prodotte dalla zincatura a caldo contengono una fase metallica costituita da granella di zinco mista a ossidi e cloruri. Durante la lavorazione si può minimizzare il contenuto di zinco metallico attraverso pratiche comuni di schiumatura prima dell'estrazione dei pezzi dalla vasca.

Il tenore di zinco metallico nelle schiumature è ca. 60-65% e può essere interamente riciclato: I grani di zinco possono essere separati dalla cenere di zinco, fusi e reinseriti nella vasca di zincatura. L'operazione di vagliatura, per lo più esterna, viene realizzata di solito da aziende specializzate al recupero dei metalli.

La rimanente schiumatura a base di ossido di zinco viene raffinata ulteriormente in industrie esterne specializzate.

Il grado di recupero ottenuto è pari a ca. 60-70%.

- Riduzione della produzione di matte di zinco

Le seguenti misure riducono la formazione di matte di zinco:

- Adeguati lavaggi dopo il decapaggio o rigenerazione continua del flusso
- Utilizzo bilanciato di agenti flussanti non eccedenti nella concentrazione di cloruro di ammonio, che hanno un basso effetto decapante (rimozione del ferro).

- Riduzione della produzione di spruzzi di zinco

Le seguenti misure riducono la formazione di spruzzi:

- Adeguata essiccazione dopo il bagno di flussaggio
- Pulizia delle aree intorno alle vasche di zincatura per ottenere zinco riciclabile, contenente il minimo di impurità.

**1. Nastri d'acciaio laminati a freddo**

**1. Sgrassaggio**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione dei reflui derivanti dallo sgrassaggio alcalino mediante:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'utilizzo della soluzione sgrassante in cascata, nel caso in cui lo sgrassaggio alcalino è direttamente connesso con lo stadio di pulitura elettrolitica. In particolare si ha che la soluzione alcalina utilizzata nello sgrassaggio elettrolitico può essere ricircolata nello stadio contiguo di sgrassaggio non elettrolitico;</li> <li>- pulizia dall'olio della soluzione alcalina (ad es. con sistemi di pulizia meccanica) e suo riciclo nella sezione di sgrassaggio.</li> </ul> </li> </ul>	<p>Tale tecnica è applicabile ai nuovi impianti, mentre l'applicazione su impianti esistenti è condizionata dalla disponibilità di spazio.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raccolta delle acque derivanti dallo sgrassaggio e loro invio all'impianto di trattamento delle acque di processo.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adozione di vasche di sgrassaggio coperte con estrazione e depurazione dell'aria estratta tramite scrubber o demister.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adozione di rulli strizzatori per ridurre il trascinarsi della soluzione sgrassante tra le varie sezioni.</li> </ul>	

## 2. Trattamento termico

<ul style="list-style-type: none"> <li>Adozione di bruciatori a basso NOx (low-NOx). I bruciatori low-NOx sono progettati per ridurre il livello delle emissioni di NOx. I principali criteri di progettazione su cui tali bruciatori si basano sono: riduzione della temperatura di picco della fiamma, riduzione del tempo di permanenza nella zona ad alta temperatura e riduzione della disponibilità di ossigeno nella zona di combustione. Il preriscaldamento dell'aria comburente, che è una tecnica applicata, ove possibile, per aumentare l'efficienza energetica dei forni (e quindi per abbassare il consumo di combustibile e le emissioni degli altri inquinanti di un processo di combustione), comporta concentrazioni di NOx più elevate nelle emissioni dei forni che ne sono dotati.</li> </ul>	<p>Le prestazioni raggiungibili con tale tecnica in condizioni normali sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>emissioni convogliate di NOx al camino di convogliamento in atmosfera dei fumi di combustione, in funzione della temperatura di preriscaldamento dell'aria comburente:</li> </ul> <table border="1" data-bbox="1411 462 1836 798"> <thead> <tr> <th>T preriscaldamento aria comburente</th> <th>NOx (mg/Nmc) (O<sub>2</sub> 3%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt; 200 °C</td> <td>&lt; 400</td> </tr> <tr> <td>300 °C</td> <td>fino a 450</td> </tr> <tr> <td>400 °C</td> <td>fino a 600</td> </tr> <tr> <td>500 °C</td> <td>fino a 800</td> </tr> <tr> <td>700 °C</td> <td>fino a 1500</td> </tr> <tr> <td>800 °C</td> <td>fino a 2300</td> </tr> <tr> <td>900 °C</td> <td>fino a 3500</td> </tr> <tr> <td>1000 °C</td> <td>fino a 5300</td> </tr> </tbody> </table>	T preriscaldamento aria comburente	NOx (mg/Nmc) (O <sub>2</sub> 3%)	< 200 °C	< 400	300 °C	fino a 450	400 °C	fino a 600	500 °C	fino a 800	700 °C	fino a 1500	800 °C	fino a 2300	900 °C	fino a 3500	1000 °C	fino a 5300
T preriscaldamento aria comburente	NOx (mg/Nmc) (O <sub>2</sub> 3%)																		
< 200 °C	< 400																		
300 °C	fino a 450																		
400 °C	fino a 600																		
500 °C	fino a 800																		
700 °C	fino a 1500																		
800 °C	fino a 2300																		
900 °C	fino a 3500																		
1000 °C	fino a 5300																		

<ul style="list-style-type: none"> <li>Adozione di una o una combinazione delle seguenti tecniche per il recupero del calore: <ul style="list-style-type: none"> <li>recupero del calore dei fumi di combustione mediante sistemi recuperativi o sistemi rigenerativi per preriscaldare l'aria comburente. I sistemi recuperativi sono costituiti da scambiatori di calore, installati prima dell'immissione in atmosfera dei fumi di combustione, che consentono il trasferimento del calore continuamente dei fumi caldi all'aria comburente in ingresso, o da bruciatori che hanno questi scambiatori già incorporati singolarmente. Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldamento dell'aria comburente fino a 600°C.</li> </ul> </li> </ul>	<p>Tali tecniche possono essere previste in fase progettuale su nuovi impianti mentre su impianti esistenti la loro adozione può essere effettuata nel caso di sostanziali ammodernamenti e ove tecnicamente ed economicamente fattibile.</p>
--	---

<p>I sistemi rigenerativi sono costituiti da due scambiatori di calore (rigeneratori) contenenti, ad esempio, materiale ceramico: mentre un rigeneratore viene riscaldato per contatto diretto con i fumi caldi della combustione, l'altro ancora caldo riscalda l'aria comburente. Dopo un certo periodo il processo è invertito scambiando i flussi.</p> <p>Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldamento dell'aria comburente più elevate (superiori a 600°C);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- recupero del calore dei fumi di combustione per la produzione di vapore nel caso di fabbisogno per l'impianto di zincatura a caldo;</li> <li>- preriscaldamento del nastro.</li> </ul>	<p>Un problema dei sistemi rigenerativi è la sensibilità alla polvere, che, se generata in notevoli quantità dal processo di combustione, può provocare la precoce sostituzione dei riempimenti ceramici. I costi di investimento sono elevati (sistema di rigenerazione e bruciatori più costosi).</p>
--	---

### 3. Immersione del nastro nel bagno fuso (Zincatura)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raccolta dei residui contenenti zinco (scoria, ecc.) e loro riciclo nell'industria dei metalli non ferrosi.</li> </ul> <p>Ad esempio parte dello zinco consumato finisce nella scoria che si forma sulla superficie del bagno fuso; tale scoria viene rimossa manualmente in quanto influenza negativamente la qualità del rivestimento del nastro.</p>	
--	--



#### 4. Galvannealing

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adozione di bruciatori a basso NOx (low-NOx). I bruciatori low-NOx sono progettati per ridurre il livello delle emissioni di NOx. I principali criteri di progettazione su cui tali bruciatori si basano sono: riduzione della temperatura di picco della fiamma, riduzione del tempo di permanenza nella zona ad alta temperatura e riduzione della disponibilità di ossigeno nella zona di combustione.  Il preriscaldamento dell'aria comburente, che è una tecnica applicata, ove possibile, per aumentare l'efficienza energetica dei forni (e quindi per abbassare il consumo di combustibile e le emissioni degli altri inquinanti di un processo di combustione), comporta concentrazioni di NOx più elevate nelle emissioni dei forni che ne sono dotati.</li> </ul>	<p>Le prestazioni raggiungibili con tale tecnica in condizioni normali sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- emissioni convogliate di NOx al camino di convogliamento in atmosfera dei fumi di combustione, in funzione della temperatura di preriscaldamento dell'aria comburente:</li> </ul> <table border="1" data-bbox="1411 494 1859 837"> <thead> <tr> <th>T preriscaldamento aria comburente</th> <th>NOx (mg/Nmc) (O<sub>2</sub> 3%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt; 200 °C</td> <td>&lt; 400</td> </tr> <tr> <td>300 °C</td> <td>fino a 450</td> </tr> <tr> <td>400 °C</td> <td>fino a 600</td> </tr> <tr> <td>500 °C</td> <td>fino a 800</td> </tr> <tr> <td>700 °C</td> <td>fino a 1500</td> </tr> <tr> <td>800 °C</td> <td>fino a 2300</td> </tr> <tr> <td>900 °C</td> <td>fino a 3500</td> </tr> <tr> <td>1000 °C</td> <td>fino a 5300</td> </tr> </tbody> </table>	T preriscaldamento aria comburente	NOx (mg/Nmc) (O <sub>2</sub> 3%)	< 200 °C	< 400	300 °C	fino a 450	400 °C	fino a 600	500 °C	fino a 800	700 °C	fino a 1500	800 °C	fino a 2300	900 °C	fino a 3500	1000 °C	fino a 5300
T preriscaldamento aria comburente	NOx (mg/Nmc) (O <sub>2</sub> 3%)																		
< 200 °C	< 400																		
300 °C	fino a 450																		
400 °C	fino a 600																		
500 °C	fino a 800																		
700 °C	fino a 1500																		
800 °C	fino a 2300																		
900 °C	fino a 3500																		
1000 °C	fino a 5300																		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recupero del calore dei fumi di combustione mediante sistemi recuperativi o sistemi rigenerativi per preriscaldare l'aria comburente. I sistemi recuperativi sono costituiti da scambiatori di calore, installati prima dell'immissione in atmosfera dei fumi di combustione, che consentono il trasferimento del calore continuamente dei fumi caldi all'aria comburente in ingresso, o da bruciatori che hanno questi scambiatori già incorporati singolarmente. Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldamento dell'aria comburente fino a 600°C. I sistemi rigenerativi sono costituiti da due scambiatori di calore (rigeneratori) contenenti, ad esempio, materiale ceramico: mentre un rigeneratore viene riscaldato per contatto diretto con i fumi caldi della combustione, l'altro ancora caldo riscalda l'aria comburente. Dopo un certo periodo il processo è invertito scambiando i flussi. Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldamento dell'aria comburente più elevate (superiori a 600°C).</li> </ul>	<p>Tali tecniche possono essere previste in fase progettuale su nuovi impianti mentre su impianti esistenti la loro adozione può essere effettuata nel caso di sostanziali ammodernamenti e ove tecnicamente ed economicamente fattibile.</p> <p>Un problema dei sistemi rigenerativi è la sensibilità alla polvere, che, se generata in notevoli quantità dal processo di combustione, può provocare la precoce sostituzione dei riempimenti ceramici. I costi di investimento sono elevati (sistema di rigenerazione e bruciatori più costosi)</p>																		

## 5. Post-trattamenti

<ul style="list-style-type: none"><li>• Adozione, per il trattamento di oliatura del nastro, di una delle seguenti tecniche:<ul style="list-style-type: none"><li>– copertura della macchina di oliatura del nastro;</li><li>– oliatura elettrostatica.</li></ul></li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Adozione delle seguenti tecniche per i trattamenti di passivazione e fosfatazione:<ul style="list-style-type: none"><li>– copertura dei bagni di processo;</li><li>– riciclo della soluzione di passivazione del nastro d'acciaio zincato. La soluzione esausta viene di volta in volta scaricata ed inviata al sistema di depurazione acque o conferita all'esterno per il suo trattamento;</li><li>– riciclo della soluzione di fosfatazione del nastro d'acciaio zincato. La soluzione esausta viene di volta in volta scaricata ed inviata al sistema di depurazione acque o conferita all'esterno per il suo trattamento;</li><li>– utilizzo di rulli strizzatori per i evitare i trascinamenti delle soluzioni nelle sezioni successive, con perdita di sostanze chimiche.</li></ul></li></ul>	

## 6. Finitura

<ul style="list-style-type: none"><li>• Raccolta delle acque derivanti dalla skinpassatura ad umido e loro invio all'impianto di trattamento delle acque di processo.</li></ul>	
---	--

## 7. Trattamento acque

<ul style="list-style-type: none"><li>• Adozione di sistema separato delle acque di raffreddamento ed operanti, ove possibile, in circuito chiuso con raffreddamento in torri evaporative o altri sistemi.</li></ul>	
--	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>Trattamento delle acque di processo derivanti dall'impianto di zincatura a caldo ed eventualmente derivanti anche da altre attività, utilizzando un'opportuna combinazione di stadi di sedimentazione, filtrazione e/o flottazione, precipitazione, flocculazione o altre combinazioni di pari efficienza. La frazione oleosa derivante dal trattamento dovrebbe essere, per quanto possibile, riutilizzata (ad es. combustione).</li> </ul>	<p>Le prestazioni raggiungibili in condizioni normali dagli impianti di trattamento delle acque di processo della zincatura a caldo sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– concentrazioni allo scarico dopo trattamento: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ solidi sospesi: <math>\leq 20</math> mg/l</li> <li>▪ Fe: <math>\leq 10</math> mg/l</li> <li>▪ Zn: <math>\leq 2</math> mg/l</li> <li>▪ Ni: <math>\leq 0.2</math> mg/l</li> <li>▪ Cr<sub>tot</sub>: <math>\leq 0.2</math> mg/l</li> <li>▪ Pb : <math>\leq 0.5</math> mg/l</li> <li>▪ Sn: <math>\leq 2</math> mg/l</li> </ul> </li> </ul> <p>Su impianti esistenti di trattamento acque di tipo continuo con livelli di zinco allo scarico <math>\leq 4</math> mg/l, potrebbe essere adottato il trattamento batch.</p>
---	--

## 2. Fili d'acciaio

### 1. Ricottura

<ul style="list-style-type: none"> <li>Buone misurazioni e regolazioni interne.</li> </ul>	<p>CO &lt; 100 mg/Nm<sup>3</sup> TOC &lt; 100 mg/Nm<sup>3</sup></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Forni ad alta convezione con rendimenti elevati e buona trasmissione di calore.</li> <li>Riciclo acqua dei raffreddamenti.</li> </ul>	

## 2. Decapaggio

<ul style="list-style-type: none"><li>• Apparecchiatura in dotazione o apparecchiatura di misura nella aspirante e depurazione dell'aria estratta.</li><li>• Decapaggio a cascata per nuovi impianti con capacità al di sopra di 15000 ton/anno per linea.</li><li>• Ricupero della frazione acida libera.</li><li>• Riutilizzo di acido esaurito come materia prima secondaria.</li></ul>	HCl 2 – 30 mg/Nm <sup>3</sup>
--	-------------------------------

## 3. Lavaggio

<ul style="list-style-type: none"><li>• Lavaggio a cascata, possibilmente congiuntamente ad altri metodi per minimizzare il consumo dell'acqua, per tutte le installazioni nuove e tutti i grandi impianti (&gt; 15000 ton/anno).</li><li>• Trattamento di acque di rifiuto per trattamento fisico-chimico (neutralizzazione, flocculazione, ecc.).</li></ul>	SS: < 20 mg/l Zn: < 2 mg/l Cr <sub>tot</sub> : <0,2 mg/l Sn: < 2 mg/l Fe: < 10 mg/l Ni: < 0,2 mg/l Pb: < 0,5 mg/l
---	---

## 4. Flussaggio

<ul style="list-style-type: none"><li>• Buona conduzione dei requisiti di efficienza e funzionalità con speciale attenzione alla riduzione del residuo di ferro e alla manutenzione del bagno.</li><li>• Rigenerazione dei bagni.</li><li>• Riutilizzo esterno della soluzione di flussaggio esausta.</li><li>• Ricupero gas di combustione.</li></ul>	NH <sub>4</sub> : < 30 mg/Nm <sup>3</sup>
--	---

5. Zincatura a caldo

<ul style="list-style-type: none"><li>Buona conduzione delle misurazioni e delle regolazioni.</li></ul>	Polvere: < 10 mg/Nm <sup>3</sup> Zn: < 10 mg/Nm <sup>3</sup>
---	---

6. Raffreddamento e Finitura

<ul style="list-style-type: none"><li>Raffreddamento acque (dopo la vasca di zincatura). Ciclo chiuso o riutilizzo di questa acqua relativamente pura come acqua per altre applicazioni.</li><li>Scarti contenenti zinco. Immagazzinaggio e protezione da pioggia e da vento e riutilizzazione separata nell'industria dei metalli.</li></ul>	
---	--

Altri valori non espressi si possono desumere dalle BAT per la zincatura generale, per quanto in un analogia di processo.

Vengono di seguito rappresentate le tecniche, i livelli di emissione e di consumo ad esse associate, considerati compatibili con la definizione di BAT in senso generale.

Le tecniche ed i livelli di emissioni ad esse associate, sono state verificate attraverso un processo iterativo che include i seguenti passaggi:

- Identificazione dei temi ambientali chiave per le fonderie
  - Esame delle tecniche più rilevanti da correlare con questi temi
  - Identificazione delle migliori prestazioni ambientali, sulla base dei dati disponibili da UE o da altre fonti
  - Esame delle condizioni (costi, condizioni al contorno, modi di implementazione ) sotto le quali questi livelli di prestazioni si possono raggiungere
  - Selezione delle BAT e dei livelli di emissioni e/o consumi associati per il settore, definiti in accordo con le indicazioni della Direttiva

Dove vengono presentate le BAT con i livelli di emissione o di consumi associati, questi sono da intendersi come il possibile risultato dell'applicazione nel settore delle Fonderie di metalli ferrosi, delle tecniche descritte, tenendo presente il bilancio dei costi-benefici inerenti la definizione delle BAT stesse.

Va sottolineato, per una corretta interpretazione ed utilizzo del documento, che le BAT generali indicate in questo capitolo, sono da vedere come punti di riferimento per la valutazione delle prestazioni di impianti esistenti o per quelli nuovi senza escludere la possibilità di ottenere risultati migliori.

In ogni caso, va sottolineato che il documento sulle BAT non fissa alcun standard impegnativo o limite legale; i valori riportati hanno il significato di fornire informazioni guida per l'industria, per gli Stati e per il pubblico sulle performance circa i livelli di emissione e di consumi registrabili utilizzando quella determinata tecnica, nelle condizioni indicate.

Gli appropriati valori limite per ogni singolo caso sono da determinarsi tenendo conto degli obiettivi della Direttiva IPPC e delle condizioni locali. L'industria di fonderia è un settore differenziato; i vari elementi delle BAT devono essere adattati ai differenti tipi di installazioni.

La fonderia sostanzialmente è costituita da un'area fusoria e da un area di formatura dei getti, entrambi con il loro flusso di approvvigionamento; per i getti prodotti con sistemi di formatura a perdere, tale catena di approvvigionamenti comprende tutte le attività relative alla realizzazione delle forme e di fabbricazione delle anime.

Nelle citate aree una distinzione deve essere fatta in relazione, rispettivamente, al tipo di metallo fuso, ferroso o non ferroso, ed in merito al tipo di formatura, in forma permanente o in forma a perdere.

Ciascuna fonderia può essere considerata come una combinazione di tecniche fusorie e di sistemi di formatura.

Le BAT sono, pertanto, presentate suddividendole fra quelle applicabili alla fonderia in generale e con riferimento a ciascun specifico tipo di fonderia.

### **BAT Generali per tutti i tipi di fonderie.**

Alcuni tipi di BAT sono generali ed applicabili a tutti i tipi di fonderie senza considerare i processi praticati ed i prodotti realizzati. Essi riguardano il flusso delle materie prime, le operazioni di finitura, il rumore, le acque reflue, la gestione ambientale e le dismissioni dei siti produttivi:

DESCRIZIONE	NOTE
-------------	------

#### **Gestione dei flussi di materiali**

Adottare stoccaggi separati dei vari materiali in ingresso, prevenendo deterioramenti e pericoli	Le BAT in questo caso riguardano: la gestione degli stoccaggi, la manipolazione dei diversi tipi di materiali, la minimizzazione del consumo di materie prime con i recuperi e riciclaggi dei residui.
Stoccaggio dei rottami e dei ritorni interni su di superfici impermeabili e dotate di sistemi di raccolta e trattamento del percolato. In alternativa lo stoccaggio può avvenire in aree coperte.	
Riutilizzo interno dei boccamani e dei ritorni	
Stoccare separatamente i vari tipi di residui e rifiuti, in modo da favorirne il corretto riutilizzo, riciclo o smaltimento	
Utilizzo di materiali alla rinfusa o contenitori riciclabili	
Utilizzo di modelli di simulazione, modalità di gestione e procedure per aumentare la resa dei metalli e per ottimizzare i flussi di materiali.	

#### **Finitura dei getti**

captazione ed il trattamento mediante l'impiego di sistemi a secco o ad umido, delle emissioni prodotte nelle fasi di taglio dei dispositivi di colata, di granigliatura e sbavatura dei getti.	I livelli di emissione associati alle BAT per queste operazioni sono: polveri: $\leq 20 \text{ mg/Nm}^3$
utilizzo di combustibili puliti nei forni di trattamento	
gestione automatizzata dei forni di Trattamento Termico e del controllo dei bruciatori	
captazione ed evacuazione dei gas esausti prodotti nelle varie fasi della finitura	

#### **Acque di scarico**

separazione delle diverse tipologie di acque reflue	
Massimizzare i riciccoli interni delle acque di processo, ed il loro riutilizzo multiplo.	

trattamento utilizzando opportune tecniche, di tutte le acque dei processi di depurazione delle emissioni e, in generale, di tutte le acque reflue	
--	--

## **BAT PER LA FUSIONE DEI METALLI FERROSI**

### **Criteri di scelta del forno fusorio**

La scelta del forno fusorio si basa su criteri economici e tecnici  
 Per la fusione dell'acciaio si utilizzano sia forni elettrici ad arco (EAF) che in forni ad induzione (IF) con criteri di scelta basati su ragioni tecniche (es: capacità, tipologia di acciaio, ecc.). Grazie alla notevole capacità di affinazione, EAF permette la fusione di materiali di recupero di bassa qualità, che rappresenta un vantaggio in termini di riciclo, ma che richiedono un appropriato trattamento delle emissioni attraverso un sistema di depurazione, come verrà descritto in seguito. Per la fusione della ghisa si possono impiegare: il cubilotto, i forni elettrici ad arco, ad induzione ed i forni rotativi.  
 Per ciascun tipo di forno sono definite specifiche BAT

### **Fusione della ghisa al cubilotto**

In relazione al fabbisogno delle linee di colata può essere opportuno lavorare in duplex con un forno di attesa.	Questa pratica consente di evitare continue interruzioni nella marcia del cubilotto, ottimizzando i consumi energetici
Depurare i gas emessi adottando in sequenza il convogliamento, il raffreddamento e la depolverazione con sistemi a secco o ad umido	Livelli di emissione associati alle BAT sono:  <b><u>Cubilotti a vento freddo</u></b> Polveri: $\leq 20 \text{ mg/Nm}^3$ $\text{SO}_2$ : $\leq 400 \text{ mg/Nm}^3$ $\text{NO}_x$ : $\leq 70 \text{ mg/Nm}^3$ $\text{VOC (NM)}$ : $\leq 20 \text{ mg/Nm}^3$  <b><u>Cubilotti a vento caldo</u></b> Polveri: $\leq 20 \text{ mg/Nm}^3$
Utilizzo di vento arricchito con O <sub>2</sub> nella misura del 1 – 4 % circa	
Adottare una buona pratica fusoria	
Impiegare coke di qualità conosciuta e controllata	
Utilizzo della post combustione dei gas per i Cubilotti a vento freddo, e recupero del calore per usi interni	
utilizzo di una camera di post combustione separata per i cubilotti a vento caldo, recuperando il calore per preriscaldare il vento e/o per altri usi interni.	
Valutare la possibilità di estendere il recupero del calore anche ai forni di attesa operanti in duplex	
Impiego di sistemi di depurazione delle emissioni ad umido nella fusione con marcia a scoria basica ( $(\text{CaO \%} + \text{MgO \%}) / \text{SiO}_2 \% > 2$ ).	



Prevenire la formazione di diossina, attraverso misure primarie (interventi sul processo), o secondarie (tecniche di trattamento delle emissioni). <b>N.B.</b> Le tecniche specifiche di trattamento delle emissioni di diossina, non trovano una pratica applicazione nel settore delle fonderie.	CO : $\leq 1000 \text{ mg/Nm}^3$ SO <sub>2</sub> : $\leq 100 \text{ mg/Nm}^3$ NO <sub>x</sub> : $\leq 200 \text{ mg/Nm}^3$
Pretrattamento delle scorie (granulazione, frantumazione), per favorire riutilizzi esterni	Riduzione delle quantità di rifiuti da smaltire
Riutilizzo dei residui di coke (parzialmente bruciato), all'interno del forno	

### **Fusione di acciaio e ghisa al forno elettrico ad arco.**

Applicare affidabili sistemi di controllo di processo, per contenere i tempi di fusione e di trattamento del metallo fuso	Livelli di emissione associati alle BAT sono: Polveri: $\leq 20 \text{ mg/Nm}^3$ CO : $\leq 200 \text{ mg/Nm}^3$ NO <sub>x</sub> : $\leq 50 \text{ mg/Nm}^3$
Utilizzare pratiche di <i>schiumatura</i> delle scorie (iniezione di ossigeno e polvere di carbone nella scoria alla fine della fusione)	
Captazione dei fumi in emissione con tecniche ad alta efficienza	
Raffreddare i fumi in uscita ed abbattere le polveri utilizzando filtri a tessuto	

### **Fusione di acciaio e ghisa al forno elettrico ad induzione**

Impiego di energia elettrica a media frequenza per i nuovi impianti	Razionalizzazione dei consumi energetici, riduzione di emissioni e della quantità di scorie
Dove applicabile, recuperare il calore	
Usare rottami e ritorni puliti evitando ruggine, sporcizia e sabbia	
Captare i gas di scarico utilizzando tecniche idonee ad ottimizzare la captazione degli effluenti, durante tutte le fasi del ciclo operativo del forno.	I livelli di emissione associati alle BAT sono: Polveri: $\leq 20 \text{ mg/Nm}^3$
Utilizzo, ove necessario per ottenere i livelli di emissione associati alle BAT indicati, di sistemi di depurazione delle emissioni a secco	

### **Fusione della ghisa al forno rotativo**

Adottare misure per aumentare l'efficienza del forno (regime del bruciatore, posizione del bruciatore, carica, composizione del metallo, temperature)	Aumento della resa termica e riduzione delle emissioni
Impiego di bruciatore ad ossigeno	
Captare i fumi in uscita del forno, utilizzare la post-combustione, raffreddare e depolverare con filtri a tessuto	Livelli di emissione associati alle BAT sono:

<p>Prevenire la formazione di diossina, attraverso misure primarie (interventi sul processo), o secondarie (tecniche di trattamento delle emissioni).</p> <p><b>N.B.</b> Le tecniche specifiche di trattamento delle emissioni di diossina, non trovano una pratica applicazione nel settore delle fonderie.</p>	<p>Polveri: <math>\leq 20 \text{ mg/Nm}^3</math>  CO : <math>\leq 30 \text{ mg/Nm}^3</math>  NOx : <math>\leq 250 \text{ mg/Nm}^3</math>  SO<sub>2</sub> : <math>\leq 130 \text{ mg/Nm}^3</math></p>
--	--

### **Trattamento del metallo**

<p>Nel caso di utilizzo di un convertitore AOD, per l'affinazione dell'acciaio, le BAT sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrarre e raccogliere i fumi mediante una cappa a calotta</li> </ul>	<p>Livelli di emissione associati alle BAT sono:  Polveri: <math>\leq 20 \text{ mg/Nm}^3</math></p>
<p>Nella produzione della ghisa sferoidale, le BAT consistono nel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adottare una tecnica di sferoidizzazione senza sviluppo di gas. In alternativa catturare i fumi di MgO utilizzando un coperchio o una copertura con dispositivi di estrazione o una cappa mobile</li> <li>• Depolverare le emissioni prodotte dal trattamento, usando filtri a maniche, rendendo possibile l'eventuale riutilizzo delle polveri di MgO(se esiste un mercato locale).</li> </ul>	

### **TECNICHE DI PRODUZIONE GETTI CON FORMA PERSA.**

In questa parte del documento, sono riportate le tecniche di realizzazione delle forme e delle anime con l'impiego di sabbia agglomerata con leganti inorganici argillosi (formatura a verde) e con leganti chimici.

Gli elementi BAT sono presentati, oltre che per le citate fasi produttive di formatura, anche per le successive operazioni di colata, raffreddamento e distaffatura, alle quali esse sono interconnesse.

#### **Formatura in terra a verde**

La preparazione della terra a verde consiste nel miscelare la sabbia base con additivi e leganti in appositi mescolatori, in normale atmosfera o sotto vuoto.

Entrambi i metodi sono considerati BAT; i mescolatori sotto vuoto, trovano un utilizzo in impianti in cui la capacità produttiva della sabbia sia superiore alle 60 t/h.

Le BAT per gli impianti di preparazione della terra a verde sono le seguenti:

<p>Chiudere tutte le unità operative dell'impianti di lavorazione delle terre (griglia vibrante, depolveratori della sabbia, raffreddatori, unità di miscelazione), e depolverare le emissioni, in accordo con i livelli di emissione associate alle BAT; se sussistono idonee condizioni di mercato, le polveri di abbattimento possono trovare un riutilizzo all'estero. Per quanto riguarda le parti fini aspirate nelle diverse postazioni del ciclo di lavorazione e di recupero (distaffatura, dosaggio e movimentazione), le BAT sono rappresentate dalle tecniche che ne consentono il reimpiego nel circuito delle terre, in percentuale maggiore del 50%.</p>	<p>Livelli di emissione associati alle BAT sono:  Polveri: <math>\leq 20 \text{ mg/Nm}^3</math></p>
<p>Utilizzare tecniche di recupero delle terre. Le aggiunte di sabbia nuova dipende dalla quantità di anime presenti e dalla loro compatibilità con le tecniche di recupero impiegate. Per le sole terre a verde, la percentuale di recupero raggiungibile è del 98%. Sistemi con elevate percentuali di anime con leganti incompatibili con il sistema di recupero, possono raggiungere percentuali di riutilizzo fra il 90 e il 94%</p>	

### **Formatura chimica**

Vengono utilizzati vari tipi di leganti, ciascuno con specifiche proprietà ed applicabilità. Tutti sono da considerarsi BAT se vengono impiegati secondo le buone pratiche discusse inerenti i controlli di processo e le tecniche di captazione delle emissioni per minimizzarne i livelli. Per la preparazione di sabbie con agglomeranti chimici, le BAT consistono in

<p>Minimizzare l'utilizzo di resine e leganti, utilizzando sistemi di controllo del processo (manuali o automatici), e di controllo della miscelazione. Per le produzioni di serie con frequenti cambi dei parametri produttivi, le BAT consistono nell'utilizzare sistemi di archiviazione elettronica dei parametri produttivi.</p>	
<p>Captazione delle emissioni dalle aree di produzione, di movimentazione e di stoccaggio delle anime prima della distribuzione.</p>	<p>Livelli di emissione associati alle BAT sono:</p>

<p>Utilizzo di intonaci refrattari a base di H<sub>2</sub>O, in sostituzione degli intonaci con solvente ad alcol, per la verniciatura di forme ed anime nelle fonderie con produzioni di media e grande serie. L'utilizzo di vernici ad alcol rappresentano una BAT nel caso di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• produzioni di forme ed anime complesse e di grandi dimensione.</li> <li>• utilizzo di sistemi con sabbia e silicato di sodio</li> <li>• produzione di getti in magnesio</li> <li>• produzione di getti in acciaio al manganese, con vernici a base di MgO</li> </ul> <p>entrambe le predette tecniche di verniciatura rappresentano delle BAT, per le fonderie con produzioni di piccole serie di getti e per le fonderie con produzioni su commessa. In queste tipologie di fonderie, lo sviluppo di tecniche con vernici ad acqua è legato alla disponibilità di sistemi di essiccazione a microonde o altre tecniche di essiccazione.</p> <p>Quando vengono utilizzate vernici ad alcol, le BAT sono rappresentate dall'utilizzo di sistemi di captazione delle emissioni prodotte, fissi o mobili, fatta eccezione per le fonderie con produzione di grossi getti con formatura "in campo", ove le cappe non possono essere utilizzate. In aggiunta, nel caso di produzione di anime con sistemi a base di resine fenoliche-poliuretaniche indurite con ammina, le BAT prevedono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• abbattimento delle emissioni prodotte utilizzando idonei sistemi quali: assorbimento su carbone attivo, abbattitori chimici (scrubber), post combustione, biofiltrazione.</li> <li>• Il recupero delle ammine dalle soluzioni esauste di abbattimento degli impianti chimici, per quantità che consentano l'operazione in termini economici</li> <li>• Utilizzo di resine formulate con solventi a base aromatica o a base vegetale</li> </ul>	<p>Polveri: ≤ 20 mg/Nm<sup>3</sup>  Ammine: ≤ 5 mg/Nm<sup>3</sup></p>
<p>Le BAT hanno come obiettivo la minimizzazione della quantità di sabbia avviata alla discarica, utilizzando sistemi di rigenerazione e/o di riutilizzo. Nel caso di rigenerazione, si applicano le seguenti condizioni:</p>	<p>Recuperare le sabbie all'interno del ciclo delle sabbie, solo in sistemi compatibili. Sabbie non compatibili sono tenute separate, per altri tipi di riutilizzo</p>
<p>Per le sabbie con leganti con indurimento a freddo (i.e. sabbie con resina furanica), utilizzo di sistemi di recupero di tipo meccanico, ad eccezione dei sistemi con silicato di sodio. La resa del processo di recupero, è del 75-80 %.</p>	
<p>La sabbia con silicato è rigenerata utilizzando trattamenti termici e pneumatici. La resa del recupero è compresa fra 45 e 85 %. Deve essere ridotto l'utilizzo di esteri a lenta reazione</p>	

Sabbie derivanti da processi in cassa d'anima fredda (cold box), SO <sub>2</sub> , cassa d'anima calda (hot box) e Croning, e miscele di sabbie con leganti organici, vengono rigenerate utilizzando una delle seguenti tecniche: rigenerazione meccanica a freddo (i.e. sistemi ad abrasione, sistemi ad impatto, sistemi pneumatici) o rigenerazione termica. La percentuale di recupero raggiungibile (resa), dipende dalla quantità di anime utilizzate. La sabbia rigenerata può essere riutilizzata per la produzione di anime in misura compresa fra il 40 e il 100 %.	Livelli di emissione associati alle BAT per le attività di recupero sono: Polveri: ≤ 20 mg/Nm <sup>3</sup> Nox : ≤ 150 mg/Nm <sup>3</sup> (recupero termico) SO <sub>2</sub> : ≤ 120 mg/Nm <sup>3</sup> (recupero termico)
Miscele di terra a verde e sabbie con leganti organici, vengono rigenerate utilizzando processi di recupero meccanico-termico-meccanico, □ fogliatura per abrasione o pneumatica. La sabbia recuperata può essere riutilizzata per la produzione di anime nella misura dal 40 al 100%, e per la produzione di forme nella misura dal 90 al 100%.	
Monitorare la qualità e la composizione delle sabbie rigenerate	

### **Colata, raffreddamento e distaffatura**

Le fasi di colata, raffreddamento e di distaffatura, producono emissioni di polveri, SOV ed altri composti organici. In queste fasi le BAT sono

Nelle linee di produzione di serie, aspirare le emissioni prodotte durante la colata e racchiudere le linee di raffreddamento, captare le emissioni prodotte Racchiudere le postazioni di distaffatura/serratura, e trattare le emissioni utilizzando cicloni, associati a sistemi di depolverazione ad umido o a secco	Livelli di emissione associati alle BAT sono: Polveri: ≤ 20 mg/Nm <sup>3</sup>
Per le produzioni di grossi getti, colati "in campo" o "in fossa", ove il lay out non consente di installare cappe per aspirazione localizzata, realizzare una adeguata ventilazione generale.	

### **TECNICHE DI PRODUZIONE GETTI COLATI IN FORMA PERMANENTE**

Queste tecniche prevedono la colata della lega liquida in una forma metallica (stampo, conchiglia) dalle quali il getto è estratto dopo solidificazione per procedere alle eventuali successive fasi di lavorazione (finitura). In alcuni processi, trovano un limitato utilizzo anime con leganti chimici, e precisamente: nella colata per gravità in conchiglia, nella colata per centrifugazione o nella colata a bassa pressione.

Le BAT per la produzione di getti con forma permanente prevedono:

captare le emissioni prodotte nella fase di colata ed eventualmente trattarle con sistemi ad umido o a secco	Livelli di emissione associati alle BAT sono: Polveri: ≤ 20 mg/Nm <sup>3</sup>
Recuperare/riciclare gli eventuali residui di forma e/o anime presenti	

## 6. Approfondimenti

Le informazioni che possono essere desunte dall'analisi dei BREF non si esauriscono nell'elencazione delle BAT; in essi è infatti reperibile una considerevole quantità di dati inerenti alle produzioni ed agli impatti ambientali, nonché di indicazioni sulle tendenze tecnologiche e gli sviluppi del settore.

Questa disponibilità di informazioni si presta ad effettuare delle considerazioni più generali sui problemi ambientali del settore, che al di là dello studio d'un singolo impianto, possono arricchire l'analisi delle tematiche sulle BAT, anche se non sono strettamente legate alle Linee Guida.

In quest'ottica si è ritenuto interessante riportare in questo capitolo alcune considerazioni generali inerenti gli aspetti del rumore, dei rifiuti solidi e dei monitoraggi.

### 6.1 Considerazioni sul rumore

Nelle considerazioni generali introdotte il BREF mette in evidenza la difficoltà di controllare l'inquinamento da rumore e da vibrazioni; a differenza delle emissioni in atmosfera, del trattamento delle acque e della produzione di rifiuti solidi, per i quali si hanno tecnologie ed informazioni adeguate per effettuarne il controllo e la gestione, per il rumore non sono ancora sufficienti le conoscenze ed i metodi per minimizzarlo.

La complessità di questa tematica può essere messa in evidenza con la rappresentazione del fenomeno riportata di seguito.

Qualsiasi configurazione di rumore riscontrabile nella realtà, dalla più semplice alla più complessa, è riconducibile allo schema illustrato nella Fig.1 che costituisce un utile riferimento sia per rappresentare in modo semplificato il fenomeno fisico, sia soprattutto per stabilire in modo esaustivo ed organico i criteri mediante i quali si può ridurre il livello sonoro immesso in un ambiente.

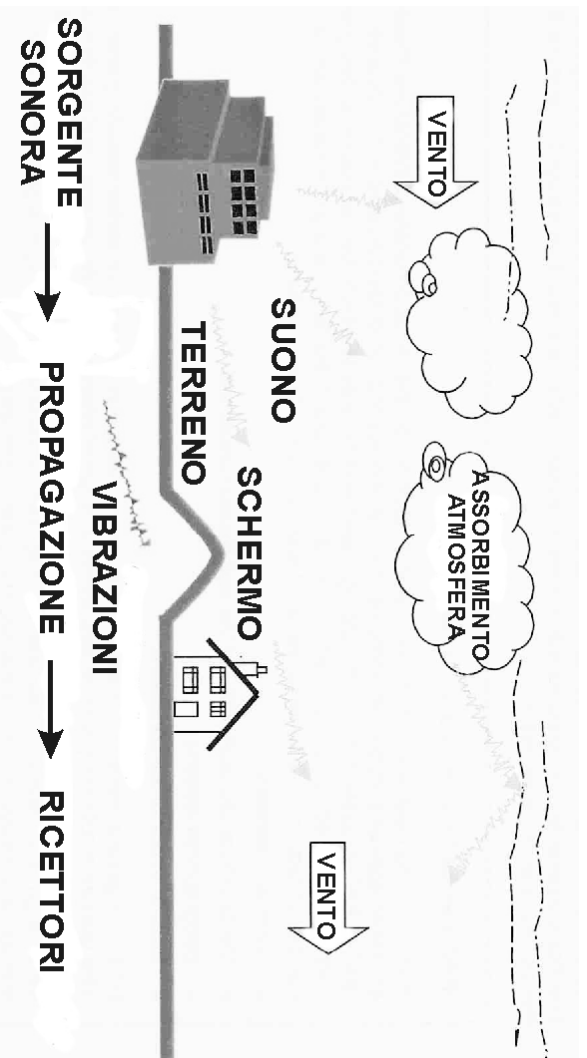


Fig.1

Evidentemente, i primi interventi da effettuare sono quelli sulla sorgente sonora; questo tipo di interventi sono da privilegiare rispetto a quelli realizzati in prossimità dei ricettori in quanto agiscono sulle cause e sono acusticamente più efficaci, mentre gli interventi sui ricettori agiscono sugli effetti,

sono meno efficaci e meno accettati dai ricettori stessi. L'efficienza degli interventi è tanto maggiore quanto più la loro attuazione è prevista già nella progettazione dei macchinari e nella pianificazione dei processi; di contro, la bonifica acustica di macchine, attrezzature, impianti, processi di lavorazione (cioè dei punti di generazione) assai spesso è il risultato dell'applicazione di procedure e criteri molto approssimativi, derivanti da una insufficiente conoscenza delle tecnologie disponibili e/o da luoghi comuni, esperienze parziali.

Modifiche successive possono essere difficilmente realizzabili, anche perché alterano la funzionalità della macchina e/o del processo, sono costose e acusticamente meno efficaci; inoltre è difficile trovare una strategia comune per impianti che, pur effettuando lo stesso tipo di produzione, hanno una distribuzione spaziale (lay-out) di processi e conseguenti sorgenti molto diverse tra loro.

E' questo complesso di difficoltà che non consente di avere delle BAT per il rumore in un quadro di riferimento certo ed esauritivo.

Ciononostante, dove è stato possibile, sono state riportate anche per il rumore le indicazioni di alcune BAT.

Oltre alla sorgente sonora, ulteriori interventi a tutela dal rumore, possono essere effettuati prendendo in considerazione le vie di trasmissione e propagazione e le condizioni di ricezione del rumore stesso, soprattutto nel caso di impianti esistenti.

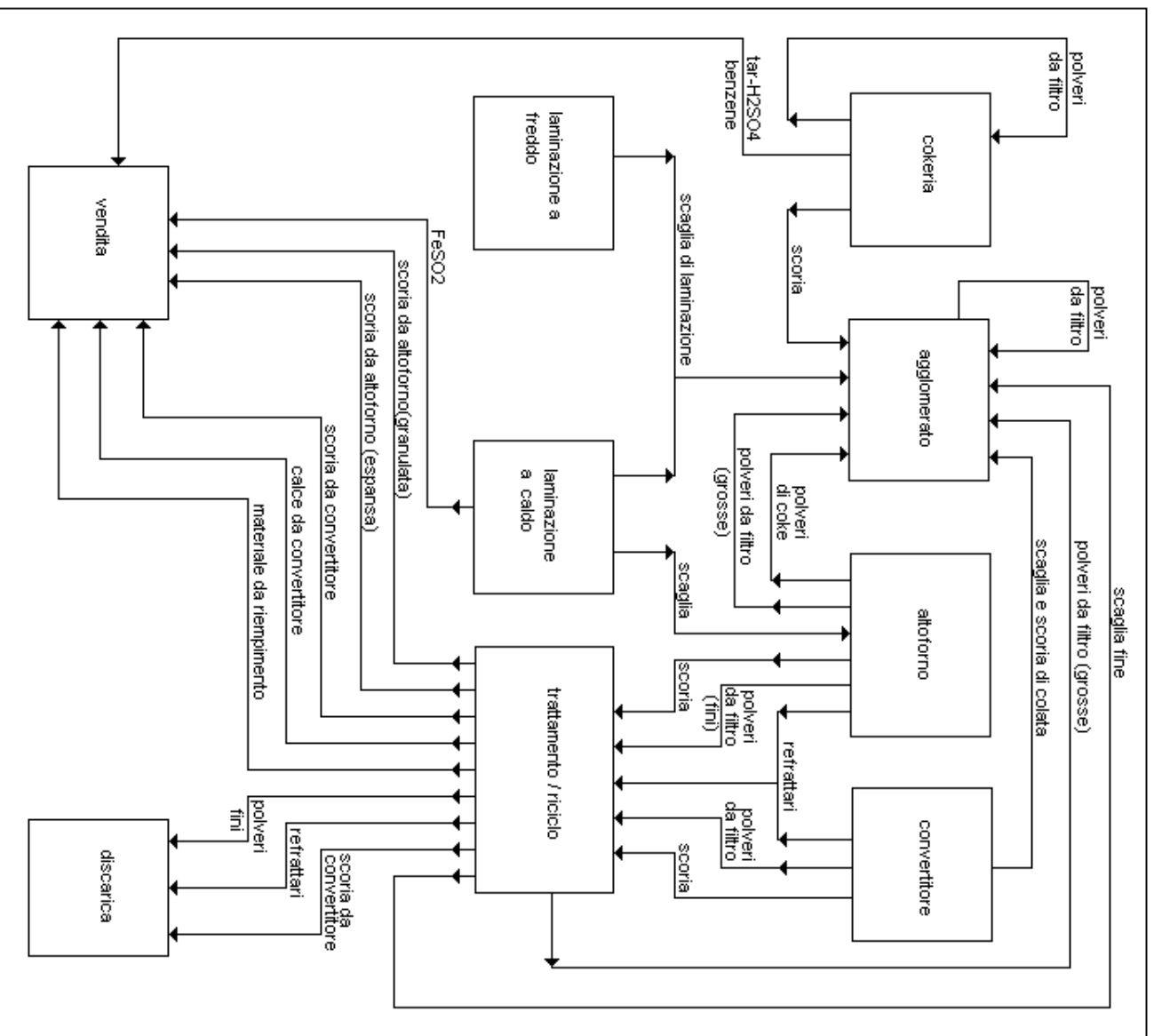
Evidentemente, in questo caso, la tematica fuoriesce dal sito aziendale, per coinvolgere l'ambiente esterno e le differenti condizioni di propagazione e ricezione. La valutazione di metodi per la minimizzazione del rumore, in questo contesto, non attiene più ad un BREF di settore, ma può essere il risultato anche di uno studio più generale che non prenda in considerazione la sorgente sonora.

Indicazioni in tal senso possono essere individuate nei riferimenti normativi specifici per il settore industriale, come quelli riportati nel capitolo 1; ma validi suggerimenti sugli interventi di risanamento, i criteri di progettazione e la valutazione delle priorità di intervento possono essere mutuati da normative di altri settori; in particolare si segnala il decreto del Ministero dell'Ambiente del 29-11-2000 ("Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore") ed i suoi Allegati, che trattano del contenimento e dell'abbattimento delle immissioni rumorose derivanti dai sistemi pubblici di trasporto e relative infrastrutture.

## **6.2 Rifiuti solidi e sottoprodotti**

Tra i rifiuti solidi ed i sottoprodotti del settore siderurgico, le quantità di riutilizzo e di riciclo hanno subito un notevole incremento nel recente passato, ma tuttora considerevoli quantità sono disposte in discarica.

La **figura 1** indica i tipici flussi di materia nella gestione dei residui e dei sottoprodotti in un'acciaieria a ciclo integrale.



Come indicazione generale, si può dire che quando le polveri, i fanghi e le scaglie di laminazione hanno un contenuto in ferro od in carbone abbastanza alto (normalmente >50 %), queste possono essere riciclate nell'impianto di agglomerazione e considerate come materie prime. Anche materiali con alto contenuto di calcare possono essere riciclati, riducendo quindi l'apporto diretto di calcare; attualmente, tutti gli impianti di agglomerazione oggi operanti riciclano polveri, fanghi e scorie di laminazione, con una percentuale di alimentazione compresa tra il 10/20 %.

Accertato, quindi, che l'impianto di agglomerazione, accanto al proprio processo di sinterizzazione, gioca anche l'importante ruolo di riciclare gran parte dei residui per i quali non esiste un'alternativa differente, si può affermare che esso può essere considerato come il "digestore di un'acciaieria a ciclo integrale".



Soltanto una piccola parte, intorno al 16%, di tutte le quantità di residuo prodotte finisce poi in discarica. Tra queste ci sono le polveri fini raccolte nell'impianto di trattamento del gas d'altoforno (BF gas), gli inerti, le polveri fini raccolte negli impianti di trattamento dei fumi dell'acciaieria e, in alcuni casi, i cloruri alcalini ed i cloruri di metalli pesanti presenti nell'ultimo stadio dei precipitatori elettrostatici che trattano i fumi del letto di agglomerazione.

Nella **tabella 1** sono riportati i valori medi delle quantità di rifiuti prodotti in un centro siderurgico a ciclo integrale, nonché i valori medi (anche in %) delle quantità smaltite in discarica: per avere la possibilità di confrontare ed elaborare i dati, le quantità sono state tutte riferite alla tonnellata di acciaio liquido (LS), utilizzando i fattori di conversione usuali (940 kg di ghisa/t LS).

La presenza di range di valori così vasti si giustifica con le diverse realtà impiantistiche nei paesi UE: impianti progettati negli anni sessanta si affiancano ad impianti recentissimi più orientati al recupero e al riciclo.

Rifiuti-residui-sottoprodotto	Quantità Specifiche kg/t LS	Quantità (%)	Quantità in Discarica kg/t LS
<b>Impianto</b>			
<b>d'agglomerazione</b>			
*polveri	0,9-15	?	?
<b>Cokerie</b>			
	-	-	-
<b>Altofori</b>			
*polveri dai fumi di colata	0,5-1,5	?	?
	6-16	-	-
*polveri dal trattamento gas	3-5	100	3-5
*fanghi dal trattamento gas	200-280	2	4-5,6
*scoria	14-25	100	14-25
*refrattari dismessi			
<b>Impianto di desolfurazione</b>	9-18	41	4-8
<b>Acciaieria ad ossigeno</b>			
*polverigrasse dal trattamento gas	3-12	12	0,4-1,4
	9-15	42	3,8-6,3
*polveri fini dal trattamento gas	99	26	26
*scoria da convertitore	34	9	3
*scorie da siviera, mixer, tundish	11	?	?
*scorie da metallurgia secondaria	6	76	4,6
*refrattari dismessi			
<b>totale</b>	395,4-537,5		62,8-84,9
<b>Acciaieria Elettrica</b>			
*Scorie per la produzione di			
*acciai al carbonio	129	69	89
*acciai basso legati	109	59	64
*acciai alto legati e inossidabili	161	34	55
*polveri dal trattamento fumi	15	63	9,5
<b>Colata Continua</b>	4-6	-	-

**Tab.1.3: Quantità specifiche medie di rifiuti prodotti e disposti in discarica**  
(-) quantità trascurabile (?) non determinata e comunque non significativa

Per quanto modesta sia la percentuale dei residui disposti in discarica (16%), le quantità in gioco sono ancora significative, come è facile constatare anche con riferimento all'industria italiana; prendendo in esame la produzione d'acciaio del 1998, che ammonta a 25.782.272 tonnellate, di cui 14.301.255 prodotte in acciaieria elettrica, e considerando che quest'ultimo si suddivide per il 68% in acciai al carbonio e per il restante 32% ugualmente ripartito fra gli acciai basso ed alto legati, l'applicazione della tabella 1.3 porta alla dismissione in discarica di 2,0-2,25 Mt, range in cui ricade il valore fornito dalle rilevazioni del MUD (2,2).

Nell'analisi della tabella si possono distinguere i contributi provenienti da un'alta produzione specifica con bassa percentuale in discarica (per es. la scoria d'altoforno), dai contributi provenienti da una

bassa produzione specifica con alta percentuale in discarica (situazione tipica per i refrattari); evidentemente queste due situazioni, ai fini di ottimizzare il riciclo, vanno riguardate diversamente: nella prima è necessario diminuire la quantità del rifiuto, nella seconda occorre modificarne la qualità e renderlo più recuperabile.

Più critica è la situazione in cui la produzione specifica e la percentuale in discarica hanno entrambe un certo peso, come avviene per le scorie dell'acciaieria elettrica: in effetti la ricerca di maggiori recuperi in questo settore ha già portato a risultati molto lontani dai valori medi espressi in tabella.

Proseguendo nell'analisi dei singoli impianti, tra le BAT presentate, si possono cogliere delle utili indicazioni sulle azioni da intraprendere per migliorare le prestazioni di recupero e di riciclo. Per esempio, il trattamento delle polveri provenienti dai fumi, nelle acciaierie elettriche, trova sempre più spazio perché finalizzato al recupero dello zinco ed alla rimozione o al recupero di altri metalli pesanti (processo Waelz); anche il trattamento della scoria da fusione, in qualche impianto, ha ridotto di molto (al 10%) l'invio in discarica; mentre non si hanno significative informazioni, anche qualitative, sul materiale refrattario dismesso.

Dalla tab.1 abbiamo già osservato che il settore siderurgico italiano comporta annualmente la dismissione in discarica di 2,2 Mton di rifiuti solidi, dato in perfetto accordo con la consuntivazione dei dati MUD; questa corrispondenza del dato complessivo non si riscontra, invece, tra le singole voci; il BREF, infatti, indica come quantità più significative, le scorie non trasformate (400.000 ton) ed i refrattari inutilizzabili (340.000 ton) per la parte proveniente dall'acciaieria a ciclo integrale, le scorie da fusione (1140 ton) e le polveri da trattamento gas (135.000 ton) per la parte proveniente da acciaieria elettrica; i dati consuntivati da MUD danno, invece, rispettivamente: 710.000 ton per le scorie non trasformate, 150.000 ton per i refrattari, 300.000 ton per le scorie da fusione; 240.000 per le polveri da trattamento fumi, 170.000 per i fanghi; valori quindi sostanzialmente diversi, che si allineano nel totale per la presenza di una voce di rifiuti non determinati per ben 550.000 ton.

Le indicazioni riportate nella descrizione dei singoli impianti potrebbero essere d'aiuto anche per superare questa incertezza sulla conoscenza dei dati, consentendo di intervenire su quella percentuale di rifiuti che prende ancora la via della discarica.

## 6.3 Monitoraggi

### 6.3.1 Siderurgia

#### CONTROLLO DELLE EMISSIONI IN ARIA

I parametri caratteristici di ciascun processo produttivo sono controllati in linea al fine di ottenere i prodotti intermedi e finali con le caratteristiche qualitative idonee.

Il conseguimento delle caratteristiche idonee di qualità dei prodotti intermedi e finali è per alcuni versi correlato alla determinazione di un minor impatto ambientale. Conseguentemente le attività per il controllo della qualità del prodotto, determinano indirettamente un controllo anche dell'impatto ambientale derivante dai vari processi di trasformazione.

In associazione a quanto sopra risulta significativo anche il controllo periodico del corretto funzionamento dei sistemi di abbattimento e di quelli atti a limitare il fenomeno emissivo, la cui tipologia di intervento è differenziata a seconda del tipo di sistema (filtro a tessuto, elettrofiltro, filtro ad umido, ecc...).

Per quanto attiene il controllo delle emissioni convogliate in atmosfera sono di seguito riportati i parametri significativi e le frequenze di monitoraggio, nonché nel caso della cokeria i parametri e le relative frequenze per il controllo delle emissioni dagli elementi di tenuta delle batterie di forni a coke e dallo spegnimento ad umido del coke.

#### COKERIA

- Emissioni convogliate da:

##### Preparazione miscela di carbon fossili

PARAMETRI	FREQUENZA
Polveri	Annuale

##### Cokefazione (combustione)

PARAMETRI	FREQUENZA
Polveri	Annuale
SOx	Annuale
NOx	Annuale

##### Storramento del coke

PARAMETRI	FREQUENZA
Polveri	Annuale

##### Trattamento coke

PARAMETRI	FREQUENZA
Polveri	Annuale

- Emissioni da porte, coperchi di carica, coperchi dei tubi di sviluppo

PARAMETRI	FREQUENZA
Percentuale di porte e sportellati con emissioni visibili	Semestrale
Percentuale di coperchi di carica con emissioni visibili	Semestrale
Percentuale di coperchi dei tubi di sviluppo con emissioni visibili	Semestrale

*Nota: La determinazione dei suddetti parametri consente di controllare le emissioni dai suddetti elementi di tenuta della cokerta, ai fini della limitazione degli inquinanti caratteristici, principalmente costituiti da IPA e benzene*

- Emissioni dalla torre di spegnimento ad umido del coke

PARAMETRI	FREQUENZA
Polveri	Annuale

*Nota: Determinazione con metodo VDI 2303 (Guideline for sampling and measurement of dust emission from wet quenching) delle emissioni di polveri trascinate con il vapore dalla torre di spegnimento ad umido del coke*

### AGGLOMERATO

- Emissioni convogliate da:

#### – **Omogeneizzazione e miscelazione materiali**

PARAMETRI	FREQUENZA
Polveri	Annuale

#### – **Sinterizzazione**

PARAMETRI	FREQUENZA
Polveri	Annuale
SOx	Annuale
NOx	Annuale
CO	Annuale
Composti organici volatili non metanici (COVNM)	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale
IPA (DM 12/07/90 All.1, tab.1)	Annuale
PCDD/F (come TEQ)	Annuale

– **Raffreddamento e trattamento agglomerato**

PARAMETRI	FREQUENZA
Polveri	Annuale

**ALTOFORNO**

- Emissioni con vogliate da:

– **Caricamento materiali (stock-house)**

PARAMETRI	FREQUENZA
Polveri	Annuale

– **Generazione del vento caldo (Cowper)**

PARAMETRI	FREQUENZA
Polveri	Annuale
SOx	Annuale
NOx	Annuale

– **Processo di riduzione in altoforno (Preparazione carbon fossile polverizzato per P.C.I. (macinazione–essiccamento))**

PARAMETRI	FREQUENZA
Polveri	Annuale
SOx	Annuale
NOx	Annuale

– **Colaggio ghisa e loppa**

PARAMETRI	FREQUENZA
Polveri	Annuale
SOx	Annuale

## ACCIAIERIA AD OSSIGENO

- Emissioni con vogliate da:

### – Trasferimento e pretrattamento della ghisa fusa

<b>PARAMETRI</b>	<b>FREQUENZA</b>
Polveri	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale

### – Affinazione della ghisa (Sistema con combustione del gas di acciaieria) (\*)

<b>PARAMETRI</b>	<b>FREQUENZA</b>
Polveri	Annuale
CO	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale

*Nota:* (\*) Nel sistema a combustione soppressa il gas di acciaieria viene recuperato

### – (Carica convertitore – Spillaggio acciaio)

<b>PARAMETRI</b>	<b>FREQUENZA</b>
Polveri	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale

### – Trattamento metallurgico secondario dell'acciaio

<b>PARAMETRI</b>	<b>FREQUENZA</b>
Polveri	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale

### – Colaggio acciaio

<b>PARAMETRI</b>	<b>FREQUENZA</b>
Polveri	Annuale

## LAMINAZIONE A CALDO

- Emissioni convogliate da:

### – Condizionamento del semilavorato

<b>PARAMETRI</b>	<b>FREQUENZA</b>
Polveri	Annuale

### – Riscaldamento del semilavorato

<b>PARAMETRI</b>	<b>FREQUENZA</b>
Polveri	Annuale
*SOx	Annuale
NOx	Annuale

### – Laminazione (Finitore – Spianatura)

<b>PARAMETRI</b>	<b>FREQUENZA</b>
Polveri	Annuale

\* Solamente per utilizzo di combustibili diversi da metano

## ACCIAIERIA ELETTRICA

- Emissioni convogliate da:

### – Carica-fusione-spillaggio EAF

<b>PARAMETRI</b>	<b>FREQUENZA</b>
Polveri	Annuale
NOx	Annuale
CO	Annuale
Composti organici volatili non metanici (COVNM)	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale
IPA (DM 12/07/90 All.1, tab.1)	Annuale
PCDD/F (come TEQ)	Annuale

### – Trattamenti di metallurgia secondaria

<b>PARAMETRI</b>	<b>FREQUENZA</b>
Polveri	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale

### – Colata continua

<b>PARAMETRI</b>	<b>FREQUENZA</b>
Polveri	Annuale



### 6.3.2 Fonderia

Nella tabella seguente vengono individuate le attività di monitoraggio necessarie a verificare la conformità degli impianti di produzione alle indicazioni delle BAT per il settore delle fonderie di metalli ferrosi.

Le singole indicazioni sono riferite alle varie fasi del processo produttivo ed agli specifici impianti e/o tecniche riportate nelle pagine precedenti del documento sulle linee guida per l'applicazione delle BAT al settore.

Se del caso, vengono riportate specifiche indicazioni sulle condizioni operative (fasi produttive, carico dell'impianto, ecc), alle quali il piano di monitoraggio deve riferirsi, per una corretta valutazione delle performance relative.

Con riferimento specifico agli impianti di depurazione delle emissioni, vengono riportate indicazioni relative a eventuali parametri di processo che è opportuno monitorare per verificarne il corretto funzionamento.

FASE PRODUTTIVA	IMPIANTO E/O PROCESSO	PARAMETRO	FREQUENZA
Fusione	Cubiotti a vento freddo (CBC)	Emissioni: • Polveri totali • Metalli: - Cadmio - Nichel - Piombo - Arsenico - Rame - Cromo - zinco Silice libera cristallina Monossido di carbonio Ossidi di zolfo (SO <sub>x</sub> ) Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ) COVNM (come C totale) Policlorodibenzodiossine e polidiclorobenzofurani (PCDD + PCDF)	Annuale
Fusione	Cubiotti a vento caldo	Emissioni: • Polveri totali • Metalli: - Cadmio - Nichel - Piombo - Arsenico - Rame - Cromo - zinco Silice libera cristallina Monossido di carbonio Ossidi di zolfo (SO <sub>x</sub> ) Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ) COVNM (come C totale) Policlorodibenzodiossine e polidiclorobenzofurani (PCDD + PCDF)	semestrale semestrale semestrale semestrale semestrale Annuale
	Camera post combustione	Temperatura (totale espressi come TEQ)	continuo

	Forno ad arco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni:</li> <li>• Polveri totali</li> <li>• Metalli: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cadmio</li> <li>- Nichel</li> <li>- Piombo</li> <li>- Arsenico</li> <li>- Rame</li> <li>- Cromo</li> <li>- zinco</li> </ul> </li> <li>• Silice libera cristallina</li> <li>• Monossido di carbonio</li> <li>• Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>)</li> <li>• COVNM (come C totale)</li> <li>• Policlorodibenzodiossine e polidiclorobenzofurani (PCDD + PCDF)</li> </ul>	Annuale	
	Fusione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni:</li> <li>• Polveri totali</li> <li>• Metalli: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cadmio</li> <li>- Nichel</li> <li>- Piombo</li> <li>- Arsenico</li> <li>- Rame</li> <li>- Cromo</li> <li>- zinco</li> </ul> </li> <li>• Silice libera cristallina</li> <li>• Monossido di carbonio</li> <li>• Ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>)<sup>(1)</sup></li> <li>• Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)</li> <li>• COVNM (come C totale)</li> <li>• Policlorodibenzodiossine e polidiclorobenzofurani (PCDD + PCDF)</li> </ul>	Annuale	
	Fusione	Forno rotativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni:</li> <li>• Polveri totali</li> <li>• Metalli: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cadmio</li> <li>- Nichel</li> <li>- Piombo</li> <li>- Arsenico</li> <li>- Rame</li> <li>- Cromo</li> <li>- zinco</li> </ul> </li> <li>• COVNM (come C totale)</li> </ul>	annuale
(1) Solo nel caso di utilizzo di combustibili contenenti S				
	Affine in convertitore AOD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni:</li> <li>• Polveri totali</li> <li>• Metalli: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cadmio</li> <li>- Nichel</li> <li>- Piombo</li> <li>- Arsenico</li> <li>- Rame</li> <li>- Cromo</li> <li>- zinco</li> </ul> </li> <li>• Monossido di carbonio</li> </ul>	Annuale	
Trattamento del metallo				

Trattamento del metallo	Steroidizzazione GS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polveri totali MgO</li> </ul> </li> </ul>	annuale
	Formatura “a verde”	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polveri totali</li> </ul> </li> </ul>	annuale
Formatura	Ciclo recupero terre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polveri totali</li> </ul> </li> </ul>	annuale
	A guscio (shell molding)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polveri totali</li> <li>• Fenolo</li> <li>• Formaldeide</li> <li>• Ammoniaca</li> </ul> </li> </ul>	annuale
	Resine alcalino - fenoliche	Emissioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenolo</li> <li>• Formaldeide</li> <li>• Formiato di metile <sup>(2)</sup></li> <li>• Esteri <sup>(3)</sup></li> </ul>	annuale
<sup>(2)</sup> processi con indurimento per gasaggio - <sup>(3)</sup> processi autoindurenti			
Formatura	Resine fenolico - uretaniche	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenolo</li> <li>• Isocianato (MDI)</li> <li>• ammina <sup>(2)</sup></li> </ul> </li> </ul>	annuale
<sup>(2)</sup> processi con indurimento per gasaggio			
Formatura	Resine furaniche / fenoliche (catalizzatori acidi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenolo</li> <li>• Formaldeide</li> <li>• Alcol furfurilico</li> <li>• Idrogeno solforato</li> </ul> </li> </ul>	annuale
Formatura	Processi con resine termoindurenti (Hot box)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenolo</li> <li>• Formaldeide</li> <li>• Alcol furfurilico</li> <li>• Ammoniaca</li> </ul> </li> </ul>	annuale
Verniciatura forme/anime	verniciatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• SOV</li> </ul> </li> </ul>	annuale
Colata/raffredda mento	Formatura “a verde”	Emissioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polveri totali</li> </ul>	annuale
		Monossido di carbonio	
		SOV	
		Benzene	
Colata/raffredda mento	A guscio (shell molding)	Emissioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polveri totali</li> </ul>	annuale
		Monossido di carbonio	
		Fenolo	
		ammoniaca	
Colata/raffredda mento		aldeidi	annuale
		benzene	
		IPA	
		Emissioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polveri totali</li> <li>• Monossido di carbonio</li> <li>• Fenolo</li> <li>• Formaldeide</li> <li>• SOV</li> </ul>	
Colata/raffredda mento	Resine alcalino - fenoliche	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polveri totali</li> <li>• Monossido di carbonio</li> <li>• Fenolo</li> <li>• Formaldeide</li> <li>• SOV</li> </ul> </li> </ul>	annuale

Colata/raffreddamento	Resine fenoliche - uretaniche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni:</li> <li>• Polveri totali</li> <li>• Monossido di carbonio</li> <li>• Ossidi di azoto</li> <li>• Formaldeide</li> <li>• Fenolo</li> <li>• Ammoniacca</li> <li>• SOV</li> </ul>	annuale
Colata/raffreddamento	Resine furaniche / fenoliche (catalizzatori acidi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni:</li> <li>• Polveri totali</li> <li>• Monossido di carbonio</li> <li>• Formaldeide</li> <li>• Fenolo</li> <li>• Ammoniacca</li> <li>• Anidride solforosa</li> <li>• SOV</li> </ul>	annuale
Colata/raffreddamento	Processi con resine termoindurenti (Hot box)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni:</li> <li>• Polveri totali</li> <li>• Monossido di carbonio</li> <li>• Ossidi di azoto</li> <li>• Formaldeide</li> <li>• Fenolo</li> <li>• SOV</li> <li>• Ammoniacca</li> </ul>	annuale
Colata/raffreddamento	Silicato / esteri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni:</li> <li>• Monossido di carbonio</li> <li>• Acido acetico</li> <li>• Acetone</li> <li>• acroleina</li> </ul>	annuale
Distaffatura / sterratura	Distaffatura / sterratura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni:</li> <li>• Polveri totali</li> </ul>	annuale
	Recupero sabbie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni:</li> <li>• Polveri totali</li> <li>• SOV <sup>(4)</sup></li> </ul>	annuale
<sup>(4)</sup> Per processi di recupero a caldo			
Finitura	granigliatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni:</li> <li>• Polveri totali</li> </ul>	annuale
	Sbavatura / molatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni:</li> <li>• Polveri totali</li> </ul>	annuale
	Taglio materozze / attacchi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni:</li> <li>• Polveri totali</li> </ul>	annuale
varie	Filtro a tessuto	Pressione differenziale filtro Temperatura fumi	continuo
	Abbaritori chimici (scrubber)	PH soluzione di lavaggio	continuo
	Biofiltro - bioscrubber	COD soluzione di lavaggio	continuo

### Depurazione emissioni

## ALLEGATO (1)

*Identificazione della normativa ambientale rilevante di settore – Riferimenti impiantistici*

### **Inquinamento atmosferico e contenimento delle emissioni inquinanti**

#### **D.P.C.M. 21 luglio 1989 (attuazione e interpretazione del Dpr 203/1988)**

“Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali (G. U. n. 171 del 24 luglio 1989)”

Le cokerie, gli impianti integrati di produzione di ghisa e di acciaio greggio e gli impianti per la produzione e trasformazione dei metalli sono inclusi nell'allegato I e pertanto devono presentare la domanda di autorizzazione ai sensi degli articoli 12 o 17 del Dpr n. 203

#### **D.M. 12 luglio 1990**

“Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione (G.U. n. 176 del 30 luglio 1990, S.O.)”

Nell'allegato 2 (valori di emissione per specificate tipologie di impianti) vengono forniti i limiti di emissione i per i seguenti tipi di impianti:

- Impianti di distillazione a secco del carbone (cokerie) (par.14)
  - Impianti per l'agglomerazione del minerale di ferro (par.15)
  - Impianti per la produzione di ghisa (par.16)
  - Impianti per la produzione d'acciaio per mezzo di convertitori, forni ad arco elettrici, e forni di fusione sotto vuoto (par.17)
    - Fonderie di ghisa, d'acciaio (par.18)
    - Forni di riscaldamento e per trattamenti termici, per impianti laminazione ed altre deformazioni plastiche (par.19)
    - Impianti di zincatura a caldo (par.20)
    - Impianti di trattamento di superfici metalliche con uso di acido nitrico (par.21)
- Nell'allegato 1 sono specificati i limiti per gli inquinanti non citati nell'allegato 2;  
L'allegato 4 riporta i metodi di campionamento, analisi e valutazione delle emissioni;  
L'allegato 5 da delle indicazioni su alcune tecnologie disponibili negli impianti di abbattimento

#### **D.P.R. 25 luglio 1991**

“Modifiche all'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21 luglio 1989 (G.U. n. 175 del 27 luglio 1991)”

Lo sgrassaggio superficiale dei metalli con consumo di solventi non superiore a 10 kg/g è una attività a ridotto inquinamento atmosferico

### **Decisione del consiglio del 4 aprile 2001**

“Approvazione, a nome della Comunità europea, del protocollo della convenzione del 1979 sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza relativo ai metalli pesanti (2001/379/CE) (GUCE n. L 134/40 del 17/5/2001)”

Le parti contraenti il protocollo devono applicare le migliori tecniche disponibili (indicate nell'allegato III) agli impianti rientranti nelle categorie di “grandi fonti fisse”, elencate in allegato II, entro determinate scadenze.

Rientrano nell'allegato II, e quindi nelle suddette categorie di “grandi fonti fisse”, i seguenti impianti:

- Impianti di produzione di ghisa e acciaio
- Fonderie di metalli ferrosi
- Impianti di sinterizzazione o arrostimento di minerale metallico

### **D.P.R. 26 ottobre 2001, n. 416**

“Regolamento recante norme per l'applicazione della tassa sulle emissioni di anidride solforosa e di ossidi di azoto, ai sensi dell'articolo 17, comma 29, della legge n. 449 del 1997. (G.U. n. 277 del 28 novembre 2001)”

Nell'articolo 1 si dice chiaramente che tra gli impianti di combustione che sono soggetti alla tassa sulle emissioni di anidride solforosa e di ossidi di azoto non sono comprese le batterie di forni per coke, cowper degli altoforni, forni di riscaldamento, forni di trattamento termico, ecc.

### **Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio del 10 dicembre 2001<sup>(\*)</sup>**

“Istituisce una disciplina per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio. (Documento 501PC0581, fornito in data 10/12/2001)”

Il sistema di scambio di quote di emissione di gas serra (che verrebbe applicato inizialmente solo alla CO<sub>2</sub>) proposto nel documento verrebbe applicato alle categorie di attività elencate nell'allegato I; si tratta delle principali attività produttive di gas a effetto serra, già disciplinate dalla direttiva IPPC. Tra le categorie di attività elencate in allegato I, ci sono quindi anche gli impianti destinati alla produzione di ghisa e acciaio, gli impianti per l'arrostimento o la sinterizzazione dei minerali metallici e le cokerie.

La proposta consente agli Stati membri di far proprie le procedure di autorizzazione previste dalla direttiva IPPC, ma queste devono prevedere la concessione di un nuovo tipo di autorizzazione (l'autorizzazione di emettere gas a effetto serra) basata sulla presentazione di informazioni supplementari rispetto a quelli attualmente prescritte dalla direttiva IPPC.

### **V.I.A. e gestione integrata dell'inquinamento (IPPC)**

#### *Direttiva 337/85/CEE*

“Direttiva del Consiglio concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati(G.U.C.E. n. L 175 del 5 luglio 1985)”

Le acciaierie integrate di prima fusione della ghisa e dell'acciaio sono inclusi nell'allegato 1 della Direttiva e quindi tra i progetti che formano oggetto di una Valutazione di Impatto Ambientale; le cokerie e gli impianti per la trasformazione dei metalli sono inclusi nell'allegato 2 della Direttiva

e quindi tra i progetti che formano oggetto di una Valutazione di Impatto Ambientale, quando gli Stati membri ritengono che le loro caratteristiche lo richiedano.

**LEGGE 8 luglio 1986, n. 349**

“Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale (G.U. n. 162, 15 luglio 1986, S. O.)”

Nell'articolo 6, comma 2 si dichiara che in attesa dell'attuazione legislativa delle direttive comunitarie in materia di impatto ambientale, le norme tecniche e le categorie di opere in grado di produrre rilevanti modificazioni dell'ambiente sono individuate conformemente alla direttiva del Consiglio delle Comunità europee n. 85/337 del 27 giugno 1985.

**D.P.C.M. 27 dicembre 1988**

“Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377 (G.U. n. 4 del 5 gennaio 1989).”

Sono riportate le norme per effettuare la valutazione di impatto ambientale per le acciaierie integrate di prima fusione della ghisa e dell'acciaio

**D.M. (Sanità) 5 settembre 1994**

“Elenco delle industrie insalubri di cui all'art. 216 del testo unico delle leggi sanitarie (G.U. n. 220 del 20 settembre 1994, S.O.)”

Nella Parte I– (Industrie Di Prima Classe), lettera B (prodotti e materiali) dell'allegato, vengono comprese la produzione di coke, ferro, ghisa, acciaio e le lavorazioni come trancatura, forgiatura, laminazione a caldo e a freddo dei metalli.

**D.P.R. 12 aprile 1996**

“Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale (G.U. n. 210 del 7 settembre 1996)”

Gli impianti di arrostimento o sinterizzazione di minerali metalliferi che superino 5.000 m<sup>2</sup> di superficie impegnata o 50.000 mc di volume, gli impianti di produzione di ghisa o acciaio (fusione primaria o secondaria) compresa la relativa colata continua di capacità superiore a 2,5 tonnellate all'ora, gli impianti destinati alla trasformazione di metalli ferrosi e le fonderie di metalli ferrosi con una capacità di produzione superiore a 20 tonnellate al giorno, sono inseriti nell'allegato B.

Sono pertanto assoggettati alla procedura di valutazione d'impatto ambientale i progetti di cui all'allegato B che ricadono, anche parzialmente, all'interno di aree naturali protette come definite dalla legge 6 dicembre 1991, n. 394.

#### **Dir. 96/61/CE (IPPC)**

“Direttiva 96/61/CE del Consiglio del 24 settembre 1996 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (GUCE n. L 257 del 10/10/1996)”

Nella direttiva compaiono le seguenti attività:

- Cokerie (punto 1.3)
- Impianti di arrostimento o sinterizzazione di minerali metallici compresi i minerali solforati (punto 2.1)
- Impianti di produzione di ghisa o acciaio (fusione primaria o secondaria), compresa la relativa colata continua di capacità superiore a 2,5 tonnellate all'ora (punto 2.2)
- Impianti destinati alla trasformazione di metalli ferrosi mediante:
  - a) laminazione a caldo con una capacità superiore a 20 tonnellate di acciaio grezzo all'ora;
  - b) forgiatura con magli la cui energia di impatto supera 50 chilojoule per maglio e allorché la potenza calorifica è superiore a 20 MW;
  - c) applicazione di strati protettivi di metallo fuso con una capacità di trattamento superiore a 2 tonnellate di acciaio grezzo all'ora (punto 2.3)

#### **Dir. CE 3 marzo 1997, n. 11<sup>(\*)</sup>**

“Modifiche della direttiva 85/337/CEE concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati (G.U.C.E. n. L 73 del 14 marzo 1997)”

La Direttiva 337/85/CEE viene integrata anche con le procedure previste dalla direttiva 96/61/CE (IPPC).

#### **D. lgs 4 agosto 1999, n. 372**

“Attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento – IPPC (G.U. n. 252 del 26 ottobre 1999)”

Come nella direttiva IPPC, nel presente decreto compaiono le seguenti attività:

- Cokerie (punto 1.3)
- Impianti di arrostimento o sinterizzazione di minerali metallici compresi i minerali solforati (punto 2.1)
- Impianti di produzione di ghisa o acciaio (fusione primaria o secondaria), compresa la relativa colata continua di capacità superiore a 2,5 tonnellate all'ora (punto 2.2)
- Impianti destinati alla trasformazione di metalli ferrosi mediante:
  - a) laminazione a caldo con una capacità superiore a 20 tonnellate di acciaio grezzo all'ora;
  - b) forgiatura con magli la cui energia di impatto supera 50 chilojoule per maglio e allorché la potenza calorifica è superiore a 20 MW;



c) applicazione di strati protettivi di metallo fuso con una capacità di trattamento superiore a 2 tonnellate di acciaio grezzo all'ora  
(punto 2.3)

Si tratta però dei soli impianti esistenti, dato il recepimento incompleto della direttiva

#### **Decisione 2000/479/CE del 17 luglio 2000 della Commissione**

“Attuazione del Registro europeo delle emissioni inquinanti (EPEP) ai sensi dell’art. 15 della direttiva 96/61/CE del Consiglio sulla prevenzione e la riduzione integrate dell’inquinamento (IPPC) (G.U.C.E. L 192 del 28 luglio 2000)”

Alle cokerie è assegnato il codice NOSE-P 104.08 ‘Cokerie’, che corrisponde al codice SNAP2 0104. All’industria della produzione dei materiali non ferrosi sono assegnati i codici NOSE-P 104.12 ‘Produzione primaria o secondaria di metalli e impianti di sinterizzazione (industria metallurgica che comporta processi di combustione)’ e 105.12 ‘Processi caratteristici nella fabbricazione di metalli e prodotti metallici (Industria metallurgica)’, che corrispondono ai codici SNAP2 0303 e 0403.

#### **D.M. (ambiente) 26 aprile 2002**

“Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all’art.10 del decreto legislativo n. 372 del 1999 (G.U. n. 126 del 31 maggio 2002)”.

In base al DM, i gestori dei complessi IPPC comunicheranno all’APAT (ex ANPA) e alle autorità competenti annualmente dati qualitativi e quantitativi di un elenco definito di inquinanti presenti nei reflui gassosi ed acquosi dei loro impianti.

#### **Emissioni e recupero di rifiuti**

##### **D. lgs. 5 febbraio 1997, n. 22**

“Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1997, S.O.)”

Il decreto riporta in allegato A il Catalogo Europeo dei Rifiuti (che coincide con l’allegato alla decisione 94/3/CE), annoverando:

- nella categoria “Rifiuti inorganici provenienti da processi termici” (codice 10 00 00 ) i “Rifiuti dell’industria del ferro e dell’acciaio” (codice 10 02 00) e i “Rifiuti della fusione dei metalli ferrosi” (codice 10 09 00);
- nella categoria “Rifiuti inorganici contenenti metalli provenienti dal trattamento e ricopertura dei metalli” (codice 11 00 00) sono annoverati i “rifiuti liquidi e fanghi dal trattamento e ricopertura di metalli (ad esempio, processi galvanici, zincatura, decappaggio, incisione, fosfatazione, sgrassaggio con alcali)” (codice 11 01 00) e le “soluzioni acide di decappaggio” (codice 11 01 05)
- nella categoria “Rifiuti della raffinazione del petrolio, purificazione del gas naturale e

trattamento pirolitico del carbone” (codice 05 00 00) sono annoverati i “catrami acidi” (codice 05 06 01), i “catrami” (codice 05 06 03), l’ “asfalto” (codice 05 06 02) e i “rifiuti dalle torri di raffreddamento” (codice 05 06 04)

### **DM 5 febbraio 1998**

“Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del D.Lgs 5 febbraio 1997, n.22”

Nell’allegato I le industrie metallurgiche sono elencate tra le attività di recupero di numerose categorie di rifiuti non pericolosi (allegato I), tra cui rifiuti di ferro, acciaio e ghisa, rifiuti di metalli non ferrosi e loro leghe, ecc. Nello stesso allegato I sono forniti anche i valori limite e le prescrizioni per le emissioni convogliate in atmosfera delle attività di recupero dai rifiuti non pericolosi.

### ***Dec. CE 3 maggio 2000, n. 532***

“Decisione della Commissione che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all’articolo 1, lettera a), della direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell’articolo 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi (G.U.C.E. n. L 226 del 6 settembre 2000)”

Nel nuovo C.E.R. (Catalogo Europeo dei Rifiuti) i “Rifiuti dell’industria del ferro e dell’acciaio” (codice 10 02 00), i “Rifiuti della fusione dei metalli ferrosi” (codice 10 09 00) e i “Rifiuti inorganici contenenti metalli provenienti dal trattamento e ricopertura dei metalli” (codice 11 00 00) mantengono lo stesso codice; nella categoria “Rifiuti della raffinazione del petrolio, purificazione del gas naturale e trattamento pirolitico del carbone” al posto dell’ “asfalto” (codice 05 06 02) compaiono i “rifiuti non specificati altrimenti” (codice 05 06 99).

### **Danno ambientale e rischi di incidenti rilevanti**

#### **D.Lgs. 17 agosto 1999, n. 334**

“Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose”

Gli impianti siderurgici rientrano negli obblighi di questo decreto in modo articolato; per alcuni si applicano gli articoli 6 ed 8, per la presenza di sostanze pericolose in quantità uguali o superiori a quelle indicate nell’allegato 1, fra le quali ce ne sono alcune presenti nelle cokerie e nelle fabbriche ad ossigeno; altri impianti rientrano nell’ambito dell’articolo 5, che prevede l’obbligo di misure preventive specifiche nell’ambito dell’applicazione del D.Lgs. 626/94 (fra questi ci sono la distillazione del carbone e la produzione di metalli per via elettrica).

N.B. I riferimenti normativi evidenziati (\*) non sono ancora vigenti in Italia