

Impact of channeled and diffuse emissions from a steel mill in the alpine context

Impatto delle emissioni convogliate e diffuse da un'acciaieria in contesto alpino

Devis Panont*, Claudia Tarricone

ARPA Valle d'Aosta

*Corresponding author:

Devis Panont, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta, Regione Grande Charrière, 44 - 11020 Saint Christophe (AO), Italy; Ph. + +39 0165 278551; Fax. + +39 0165 278555, e-mail: d.panont@arpa.vda.it, c.tarricone@arpa.vda.it

Aosta is a small town in the Alps in Italy where there is a single industrial installation consisting in a steel mill that has obtained in 2007 the IPPC permit according to the 96/61/EC directive concerning Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). The Regional Environmental Agency of Valle d'Aosta (ARPA Valle d'Aosta) has been carried out from 2007 to 2012 a monitoring program to evaluate the environmental impact of the steel mill emissions on the adjacent urban area of Aosta. The monitoring program included ambient air measurements of PM₁₀, metals in PM₁₀ and atmospheric depositions of metals with a time coverage of almost 100% of the year. Sampling and analysis of the ambient air and depositions have been performed according to national and European standard methods. Critical levels of nickel in PM₁₀ have been measured, above target value of 20 ng·m⁻³ provided by 2008/50/EC directive on ambient air quality. Levels of nickel and chromium in atmospheric deposition have been resulted quite higher respect to values reported in literature studies concerning other Italian towns and other European countries. Chemical characterization of particle emitted by the steel mill led to obtain a profile ("fingerprint") of both diffuse and stack emissions of metals typical from stainless steel production: Cr, Ni, Mn, Fe, Zn. A marked correlation, in ambient air nearby the steel mill, has been found between the fingerprint of stack emissions and composition of PM₁₀, and between the fingerprint of diffuse emissions and composition of atmospheric depositions. The results of the environmental assessment have been taken in reference within the renewal of the IPPC permit for the steel mill. Specific conditions on plants management and appropriate technical measures, according to best available techniques (BAT), have been included in the renewal of IPPC permit to prevent diffuse emissions and to reduce stack emissions from steelmaking processes. Ambient air and atmospheric depositions monitoring will be carried on in the future to evaluate efficacy of technical measures taken by the operator of the steel mill and to verify the operator maintaining the efficiency of emissions treatment systems.

Key words: PM₁₀, depositions, metals, nickel, steel, fingerprint

Aosta è un piccola città delle Alpi italiane in cui è presente un unico insediamento industriale costituito da un'acciaieria, alla quale nel 2007 è stata rilasciata per la prima volta l'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA - IPPC). Nel periodo 2007 - 2012 ARPA Valle d'Aosta ha condotto un monitoraggio sistematico dei metalli nel PM₁₀ e nelle deposizioni atmosferiche nell'aria ambiente della città di Aosta, per valutare l'impatto delle emissioni dell'acciaieria sull'area urbana adiacente. Il monitoraggio ha riguardato misure di PM₁₀, metalli nel PM₁₀ e deposizioni atmosferiche di metalli con una copertura temporale dell'anno prossima al 100%. I campionamenti e le analisi sono stati condotti secondo i metodi previsti dalla normativa nazionale ed europea vigente. I monitoraggi hanno evidenziato una situazione di criticità legata alla presenza di livelli di nichel in aria ambiente superiori al valore obiettivo di 20 ng·m⁻³ previsto dal D.Lgs. 155/2010 (attuazione della direttiva 2008/50/CE) e livelli di deposizione di nichel e cromo sensibilmente superiori ai valori riportati in letteratura relativi ad altre città italiane e ad altri paesi europei. Il confronto tra i valori delle emissioni dell'acciaieria, misurati nell'ambito del Piano di Monitoraggio e Controllo dell'AIA, ed i dati dei monitoraggi ambientali del particolato atmosferico, ha permesso di riconoscere le impronte delle emissioni diffuse e delle emissioni convogliate dei metalli caratteristici della produzione degli acciai inossidabili (Cr, Ni, Mn, Fe, Zn), consentendo di discriminare i relativi impatti sulla qualità dell'aria. Lo studio ambientale dell'ARPA ha costituito la base scientifica di partenza nell'istruttoria di rinnovo dell'AIA, nell'ambito della quale sono state definite una serie di prescrizioni per il contenimento delle emissioni sia convogliate che diffuse mediante l'applicazione delle migliori tecniche disponibili. Il proseguimento del monitoraggio ambientale consentirà di valutare l'efficacia delle misure di contenimento adottate e di verificare nel tempo il mantenimento in efficienza da parte del gestore dell'acciaieria dei sistemi di abbattimento delle emissioni in atmosfera.

Introduzione

Aosta è una piccola città di circa 35 000 abitanti, situata in un fondovalle alpino, in cui è presente un unico stabilimento industriale di produzione dell'acciaio, soggetto ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA), rilasciata per la prima volta ad ottobre 2007 e recentemente rinnovata a dicembre 2012. Secondo i dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni, l'acciaiera contribuisce per circa il 40% alle emissioni complessive di polveri nella città di Aosta, la restante parte è attribuibile al traffico ed al riscaldamento domestico. Le polveri emesse dall'acciaiera provengono principalmente dai processi di fusione e di affinazione dell'acciaio e sono caratterizzate da un contenuto di alcuni metalli (in particolare ferro, cromo, nichel, manganese e zinco) più elevato rispetto alle polveri emesse da traffico e riscaldamento. L'acciaiera, infatti, produce acciai inossidabili, e principalmente acciai austenitici, caratterizzati da un contenuto in peso di cromo del 18 - 20% e di nichel del 8 - 10%. Secondo i dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni, l'acciaiera contribuisce per oltre il 90% alle emissioni di nichel e cromo nella città di Aosta. Pertanto cromo e nichel possono essere considerati markers ambientali delle emissioni dell'acciaiera. ARPA Valle d'Aosta ha condotto, nel periodo 2007 - 2012, un monitoraggio sistematico dei metalli nel PM10 e nelle deposizioni atmosferiche nella città di Aosta, per valutare l'impatto delle emissioni in corrispondenza delle aree urbane prossime all'acciaiera. I monitoraggi hanno evidenziato una situazione di criticità legata alla presenza di elevate concentrazioni di metalli, in particolare di nichel, sia nel PM10 che nelle deposizioni atmosferiche.

Emissioni in atmosfera dell'acciaiera

L'emissione di polveri nel ciclo di produzione dell'acciaio deriva principalmente dai processi di fusione del rottame, nel forno fusorio UHP (Ultra High Power), e di affinazione dell'acciaio liquido nel convertitore AOD (Argon Oxygen Decarburisator). Tali processi vengono condotti ad alte temperature in reattori costituiti da grandi recipienti di materiale refrattario. Il ciclo lavorativo comprende le operazioni di fusione del rottame e di affinazione dell'acciaio liquido, che avvengono a reattore chiuso ad alta temperatura ed altre fasi transitorie (caricamento del rottame, aggiunta di additivi, scorifica, trasferimento dell'acciaio liquido in siviere) che avvengono a reattore aperto.

In condizioni di reattore chiuso si producono le "emissioni primarie", che vengono captate dai due sistemi di aspirazione primaria. In condizioni di reattore aperto si producono le "emissioni secondarie", che vengono captate dal sistema di aspirazione secondario, costituito da due cappe poste al di sopra dei reattori, a ridosso del tetto dell'edificio. Le emissioni captate dagli impianti di aspirazione vengono convogliate ai filtri a maniche per l'abbattimento delle polveri e successivamente emesse in atmosfera attraverso i camini. I sistemi di aspirazione non riescono sempre a garantire la captazione completa delle emissioni.

Pertanto, in certe condizioni, parte delle emissioni sfugge alla captazione e fuoriesce dalle aperture dell'edificio dando origine ad emissioni diffuse.



Figura 1: Episodio di emissione diffusa osservato nel corso del 2012

Per valutare l'impatto ambientale delle emissioni diffuse dell'acciaiera è stato condotto un piano di caratterizzazione di tali emissioni nell'ambito dell'AIA. Il gestore dell'acciaiera, con la supervisione dell'ARPA, ha installato un deposimetro sul tetto dell'acciaiera stessa, appena sopra le due cappe dell'aspirazione secondaria, che ha permesso il campionamento e la caratterizzazione chimica delle emissioni diffuse che sfuggono alla captazione.



Figura 2: Deposimetro per la caratterizzazione delle emissioni diffuse posto sul tetto dell'acciaiera

Per quanto riguarda le emissioni convogliate, la caratterizzazione chimica delle polveri deriva dalle misure condotte sia dall'azienda in occasione degli autocontrolli periodici, sia dall'ARPA in occasione dei controlli ispettivi.

Nella Tabella 1 seguente vengono riportate le quantità di polveri emesse dai camini dei sistemi di aspirazione primaria e secondaria degli impianti UHP e AOD. I dati derivano dagli autocontrolli condotti dall'acciaiera nell'ambito del Piano di monitoraggio e controllo dell'AIA.

Tabella 1: Quantità di polveri emesse annualmente dai camini dei principali impianti dell'acciaieria

Emissioni		2008	2009	2010	2011	Media 2008/2011	
		t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	% sul totale
Primarie	Captazione primaria UHP	11,5	7,0	11,4	12,0	10,5	61%
	Captazione primaria AOD	3,5	2,4	3,5	3,5	3,2	19%
Secondarie	Captazione secondaria UHP-AOD	3,1	2,1	3,0	5,7	3,5	20%

Pertanto l'80% delle emissioni convogliate sono costituite da emissioni primarie, che derivano dalle fasi di fusione/affinazione a caldo dell'acciaio. Durante tali operazioni, che vengono condotte a temperature superiori a 1600°C, alcuni metalli quali zinco, piombo, manganese e ferro evaporano e vengono ossidati nel passaggio alla fase vapore e nel successivo raffreddamento lungo la linea di depurazione fumi. I metalli maggiormente presenti nei fumi sono il ferro e lo zinco: l'alta percentuale di ferro è dovuta al fatto che esso è il costituente principale dell'acciaio, quella dello zinco è legata alla sua tendenza ad evaporare completamente, in quanto le temperature di fusione (419°C) e di evaporazione (907°C) sono molto inferiori a quelle degli altri metalli. Le particelle dei fumi risultano pertanto costituite prevalentemente da ossidi di ferro e zinco, quali ferrite di zinco ($ZnFe_2O_4$), zincite (ZnO) e ossidi di ferro (Fe_3O_4 , FeO) [Rizescu, 2010]. Dal punto di vista dimensionale, si tratta di polveri molto fini, costituite per oltre il 60% da particelle con diametro < 1 μm , per circa il 25% da polveri con diametro compreso tra 1 μm e 10 μm e solo per il 15% da polveri con diametro superiore a 10 μm [Chirila et al., 2011].

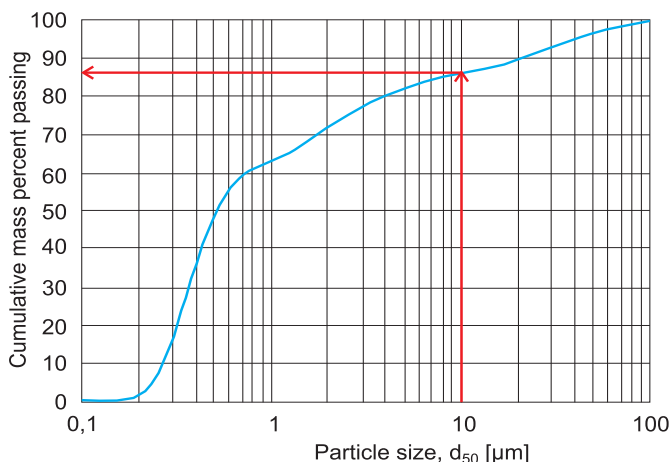


Figura 3: Distribuzione granulometrica del particolato presente nei fumi derivanti dalla fusione dell'acciaio in un forno fusorio ad arco elettrico [Chirila et al., 2011]

Considerando che le emissioni captate dai sistemi di aspirazione vengono trattate con filtri a tessuto che trattengono le frazioni più grossolane, si può assumere che le emissioni convogliate sono costituite prevalentemente da

polveri fini assimilabili a particolato con diametro < 10 μm , caratterizzate da un elevato contenuto di ferro e di zinco. Questo trova conferma nella caratterizzazione delle emissioni convogliate derivante dalle misure condotte nell'ambito dell'AIA. Nella Tabella 2 seguente viene riportato il contenuto (massa di metallo/massa di polvere) dei metalli maggiormente presenti nelle polveri emesse dai camini (Cr, Ni, Mn, Fe, Zn), mediato rispetto al flusso di massa di polvere emessa (tonnellate/anno) dai processi di fusione ed affinazione dell'acciaio.

Tabella 2: Percentuale in peso di metalli nelle polveri delle emissioni primarie derivanti dai processi di fusione e affinazione dell'acciaio

	Cr	Ni	Mn	Fe	Zn
Emissioni convogliate (% in peso di metallo nella polvere)	3%	1%	2%	14%	11%

Per quanto riguarda le emissioni diffuse, le fasi più critiche del processo consistono nelle operazioni transitorie condotte a reattore aperto, in cui si producono le emissioni secondarie. Durante tali operazioni, l'acciaio liquido è protetto da uno strato superficiale di scoria (principalmente calce) che evita il contatto con l'aria e previene fenomeni di ossidazione. L'introduzione di materiali (rottame, ferroleghie, additivi) e le operazioni di trasferimento dell'acciaio liquido (spillaggio) e di scorifica, provocano l'emissione di fumi contenenti prevalentemente particelle di scoria. Le emissioni che si sviluppano durante tali operazioni contengono particelle più grossolane rispetto alle emissioni primarie, con diametro aerodinamico compreso tra 20 e 500 μm [Guézennec et al., 2005]. Si può pertanto assumere che le emissioni diffuse siano costituite prevalentemente da polveri grossolane con composizione assimilabile a quella della scoria. Questo è confermato dalla caratterizzazione delle emissioni diffuse, da cui emerge che il profilo di distribuzione dei metalli nelle deposizioni campionate sul tetto dell'acciaieria è del tutto simile a quello della scoria. I dati (Figura 4) vengono presentati in forma di "impronta" dei metalli ("fingerprint metalli") della distribuzione percentuale dei 5 metalli caratteristici della produzione dell'acciaio (Cr, Ni, Mn, Fe, Zn). Dai valori di emissione di metalli degli impianti forno UHP e convertitore AOD è possibile determinare un "fingerprint metalli" caratteristico anche delle emissioni convogliate. Confrontando il "fingerprint metalli" delle emissioni convogliate con quello delle emissioni diffuse, si osservano due sostanziali differenze: le emissioni diffuse, rispetto alle emissioni convogliate, hanno un contenuto di zinco molto inferiore ed un contenuto di cromo sensibilmente superiore. Lo zinco è pressoché assente nella scoria, in quanto, essendo molto volatile, evapora durante la fase di fusione/affinazione a caldo e non viene trattenuto dallo strato superficiale di scoria [Rizescu et al., 2010].

Il cromo, che ha una maggiore affinità con l'ossigeno rispetto agli altri metalli dell'acciaio, durante i processi di fusione/affinazione a caldo tende ad essere ossidato ed a formare ossido di cromo (Cr_2O_3) che viene trattenuto dalla scoria [Nicodemi et al., 2011]. Questo spiega il fatto che il contenuto di cromo nella scoria è relativamente elevato rispetto agli altri metalli.

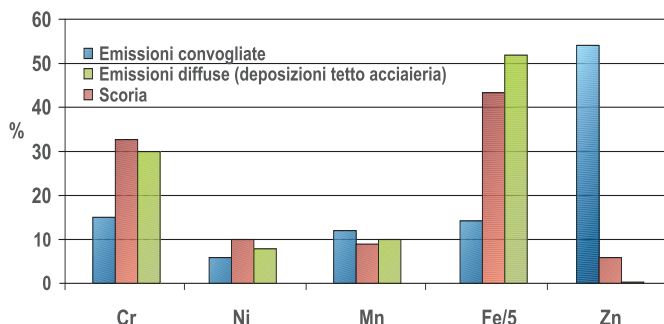


Figura 4: Contenuto di metalli nelle polveri delle emissioni convogliate, delle emissioni diffuse (deposizioni sul tetto dell'acciaieria) e nella scoria. I valori sono espressi in % in peso rispetto alla somma di Cr, Ni, Mn, Zn, Fe/5 (i valori di Fe sono rappresentati in figura divisi per 5 per consentire una migliore lettura del grafico)

Dinamiche di dispersione degli inquinanti e rete di monitoraggio della qualità dell'aria e delle deposizioni

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria di Aosta comprende tre stazioni site in Piazza Plouves, Quartiere Dora e via I Maggio. Le stazioni di Piazza Plouves e Quartiere Dora sono ubicate in due siti rappresentativi del fondo urbano, mentre la stazione di via I Maggio, situata a ridosso dell'acciaieria sul lato ovest dello stabilimento, è una stazione di misura industriale. La rete di monitoraggio regionale delle deposizioni atmosferiche comprende 7 siti, 5 dei quali localizzati nell'area urbana di Aosta e dei comuni limitrofi (Piazza Plouves, Quartiere Dora, via I Maggio, Supermercato CIDAC, Plan Felinaz), e 2 localizzati in zone rurali del territorio regionale (La Thuile e Donnas). Le simulazioni modellistiche di dispersione delle polveri provenienti dai camini dell'acciaieria indicano che le ricadute delle emissioni convogliate sui livelli di PM10 interessano le aree urbane a sud-est dello stabilimento industriale. (Figura 5). L'area ad ovest dello stabilimento, dove è posta la stazione di via I Maggio, è interessata dalle ricadute delle emissioni dell'acciaieria quando il vento soffia da est (E) verso ovest (W), ovvero nelle ore pomeridiane della giornata, con variabilità stagionali determinate dal fatto che nella stagione primaverile-estiva i venti sono decisamente più intensi rispetto alla stagione autunnale-invernale durante la quale ci sono molte giornate di calma di vento. Oltre ai monitoraggi condotti sul territorio urbano della città di Aosta, nel presente studio vengono presi in considerazione anche i dati ottenuti dalle campagne di monitoraggio condotte in altre zone del territorio regionale. In tal modo è possibile ricostruire un quadro comples-

sivo dei livelli di polveri e metalli nelle diverse zone del territorio regionale, così individuate:

- Sito industriale di Aosta - via I maggio;
- Siti di fondo urbano Aosta (siti di fondo urbano di Piazza Plouves e di Quartiere Dora);
- Piana di Aosta (siti di Nus capoluogo, Quart Villair, Brissogne Neyran, Petit Pollein, Chambave e Pontey);
- Bassa Valle (siti di Hône, Verres e Donnas);
- Zone rurali (siti di Issime e Entrèves).

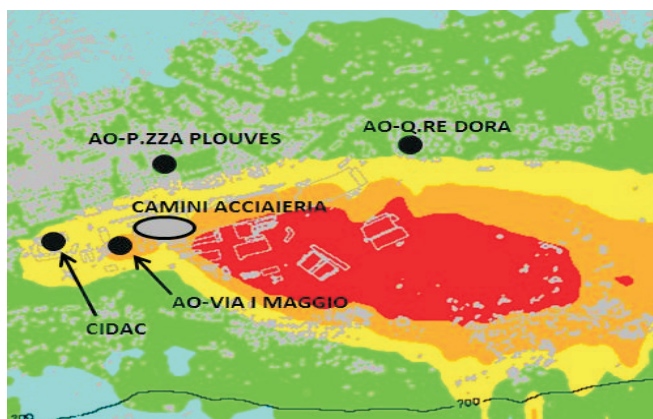


Figura 5: Simulazione della dispersione delle polveri PM10 provenienti dalle principali emissioni convogliate dell'acciaieria (concentrazioni in aria - media annuale)

Materiali e metodi

Le misure di polveri e metalli alle emissioni in atmosfera degli impianti dell'acciaieria sono state condotte secondo i metodi e le frequenze previste dall'AIA in accordo con le indicazioni della normativa europea in ambito IPPC (metodo UNI EN 13284-1 per le polveri, metodo Unichim 723:86 per i metalli). Il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche è stato condotto secondo il metodo contenuto nel Rapporto Istisan 06/38 dell'Istituto Superiore di Sanità, in conformità a quanto previsto dal D.Lgs. 155/2010. La durata di campionamento delle deposizioni è mensile e la copertura temporale dell'anno è compresa tra 75 - 100%. Le misure di PM10 e di metalli in qualità dell'aria sono state condotte dall'ARPA secondo i metodi UNI EN 12341:2001 e UNI EN 14902:2005, previsti dal D.Lgs. 155/2010 (recepimento della direttiva 2008/50/CE). La copertura temporale dei campionamenti sia del PM10 che dei metalli condotti nei siti urbani della città di Aosta è quasi pari al 100%. Nel 2012 è stata sostituita la strumentazione di campionamento dedicata alla determinazione dei metalli nel PM10. La strumentazione utilizzata nel periodo precedente era affetta da una bassa efficienza di captazione delle polveri che comportava una sottostima nella determinazione di alcuni metalli, mentre il nuovo sistema di campionamento garantisce misure di metalli più accurate. Questo è stato appurato a seguito di una serie di misure di interconfronto in parallelo tra i due sistemi di campionamento (quello vec-

chio adottato fino al 2011 e quello nuovo adottato a partire dal 2012), che ha permesso di determinare il rapporto tra le concentrazioni delle differenti specie metalliche misurate con i due sistemi di campionamento e di rideterminare i valori della concentrazione media annuale dei metalli, ed in particolare di nichel, misurati nella stazione urbana di Aosta - Piazza Plouves con la strumentazione usata precedentemente. In tal modo è stato possibile ricostruire la serie storica dei metalli del periodo 2007 - 2012. Le considerazioni del presente studio vengono formulate sulla base dei valori di metalli così rideterminati.

Risultati e discussione

Lo studio qui presentato è l'aggiornamento a dicembre 2012 dell'attività di indagine condotta da ARPA Valle d'Aosta nel periodo 2007 - 2011, illustrata in un precedente documento pubblicato sul sito web dell'agenzia www.arpa.vda.it (ARPA Valle d'Aosta, 2013).

PM10

Le medie annuali di PM10 delle stazioni di fondo urbano della città di Aosta risultano pari a circa $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ in linea con i valori di fondo urbano di altre città della zona alpina, quali ad es. Trento e Bolzano dove le medie annuali sono comprese tra 20 e $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Figura 6).

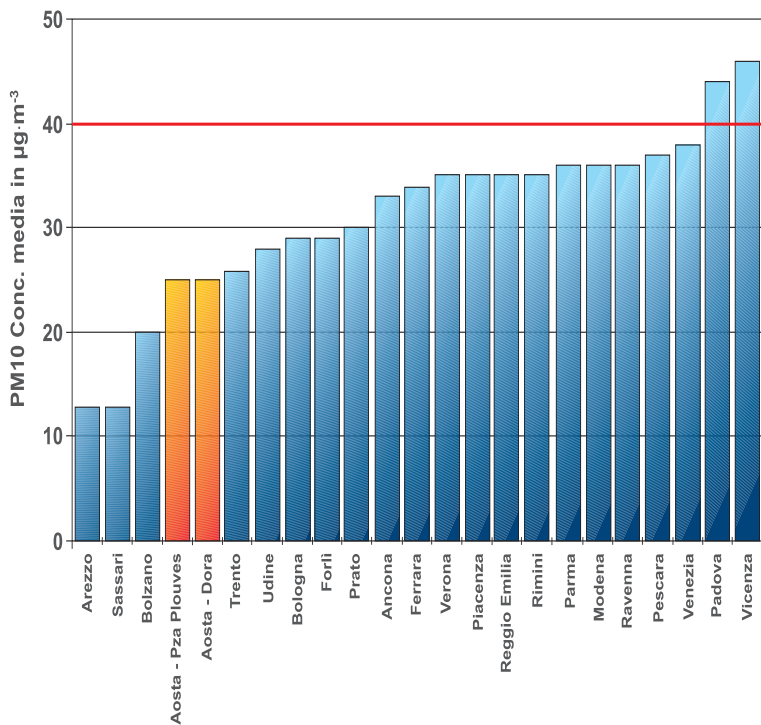


Figura 6: Confronto delle medie annuali di PM10 di Aosta con stazioni di fondo urbano di altre città italiane (fonte: ISPRA VIII Rapporto Aree Urbane)

Confrontando le medie annue di PM10 nei tre siti di misura di Aosta, risulta evidente che la stazione di via I Maggio, pur attestandosi a valori inferiori al limite, registra valori più elevati dei due siti di fondo urbano (Tabella 3).

Tabella 3: PM10: medie annue e numero di giorni di superamento della media giornaliera di $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ nelle stazioni di misura di Aosta

Stazione di misura	Parametro	Limite D.Lgs. 155/2010	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AO - P.zza Plouves (Fondo urbano)	Media annua ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	40	25	25	25	24	25	22
AO - Q.re Dora (Fondo urbano)			31	27	28	22	25	24
AO - Via I Maggio (industriale)			34	30	31	31	34	27
AO - P.zza Plouves (Fondo urbano)	Numero annuo superamenti della soglia giornaliera	35	14	15	9	13	11	22
AO - Q.re Dora (Fondo urbano)			42	30	19	10	15	8
AO - Via I Maggio (industriale)			63	36	43	47	69	39

In particolare, negli anni 2010 - 2011 la concentrazione media annua misurata nella stazione industriale di via I Maggio è risultata superiore del 40% circa rispetto a quella delle stazioni di fondo urbano di P.zza Plouves e di Q.re Dora. Inoltre, per quanto riguarda la media giornaliera di PM10, nel sito industriale di via I Maggio il limite di 35 giornate/anno viene costantemente superato. In particolare, nel periodo 2008 - 2011, il numero di superamenti è risultato in crescita raggiungendo nel 2011 quota 69 superamenti/anno, quasi il doppio dei superamenti accettati dalla normativa. Pertanto, pur in presenza di una situazione di rispetto dei limiti di qualità dell'aria nelle stazioni di fondo urbano di Aosta - Piazza Plouves e Aosta - Quartiere Dora, i livelli di PM10 nel sito industriale di via I Maggio risultano piuttosto elevati rispetto al fondo urbano, presentando una situazione di superamento del limite di legge previsto per il numero di giorni di superamento della media giornaliera di PM10 di $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ e mostrando un evidente trend di crescita nel periodo 2008 - 2011. Tali elementi, che dimostrano un effetto evidente dell'impatto ambientale riconducibile alle emissioni dell'acciaiera, sono stati portati all'attenzione nell'istruttoria tecnica di rinnovo dell'AIA, che si è svolta nel corso dell'autunno 2012. Nel 2012, nel sito industriale di via I Maggio, si è osservata una diminuzione sia della concentrazione media annua che del numero di superamenti della media giornaliera, che rimane comunque ancora superiore al limite normativo.

Metalli nel PM10

I livelli di piombo, arsenico e cadmio misurati in Aosta risultano molto inferiori rispetto ai rispettivi valori di riferimento previsti dalla normativa. Per quanto riguarda il nichel, le concentrazioni della

stazione di fondo urbano di Piazza Plouves del periodo 2007 - 2012 risultano comprese tra 22 e 34 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$, superiori al valore obiettivo di 20 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ previsto dal D.Lgs. 155/2010 e sensibilmente superiori rispetto ai valori rilevati in stazioni di fondo urbano di altre città italiane, in cui i valori risultano compresi tra 2 e 10 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ [ISPRA, 2012], incluse metropoli quali Milano e Torino, dove il peso delle fonti urbane (traffico e riscaldamento) è superiore a quello di Aosta (Figura 7).

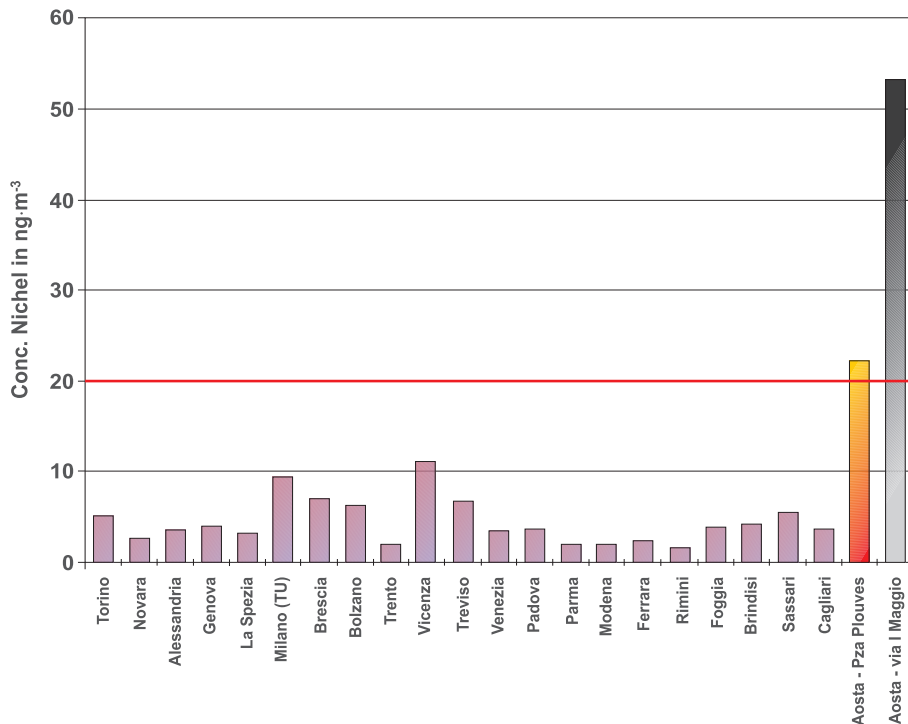


Figura 7: Confronto tra i valori medi annui di nichel su PM10 misurati ad Aosta ed in altre città italiane nel 2012 (fonte: ISPRA VIII Rapporto Aree Urbane)

Per quanto riguarda la stazione industriale di Via I Maggio, il valore medio annuale di nichel misurato nel 2012 con la nuova strumentazione è risultato pari a 53 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$, ovvero oltre due volte superiore rispetto alla media annuale 2012 di Piazza Plouves pari a 22 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Tale differenza è riconducibile alla differente distanza delle due stazioni di misura dall'acciaiera.

Deposizioni atmosferiche di metalli

Attualmente la normativa nazionale ed europea non prevede valori limite per le deposizioni. Tuttavia, alcuni stati europei, quali Germania, Austria, Svizzera, Croazia hanno introdotto per alcuni metalli dei valori soglia (Istituto Superiore di Sanità, 2006). Nel presente studio si prendono a riferimento tali valori per una valutazione dei livelli di metalli misurati nelle deposizioni del territorio valdostano. In particolare, viene preso a riferimento il valore limite di 15 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ per la media annuale di deposizione di nichel previsto dalla normativa vigente in Germania (TA Luft 2002) e Croazia (OG 133/05). A differenza del PM10, che viene monitorato in maniera molto diffusa in tutto il

territorio nazionale ed europeo ormai da molti anni, l'attività di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche è molto più recente ed è attualmente in divenire. In particolare, per quanto riguarda i metalli, la normativa nazionale ha contemplato la misura delle deposizioni per la prima volta solo nel 2007 e la disponibilità di dati di deposizione di metalli in letteratura è piuttosto limitata.

Per una valutazione dei valori misurati, vengono presi a riferimento i dati riportati nel Position Paper della Commissione Europea (European Commission, 2001) ed i dati di alcuni studi condotti in varie zone del territorio nazionale. Le misure di deposizione in Aosta evidenziano la presenza di livelli di nichel e cromo molto più elevati rispetto ad altre città italiane. Si osserva che il livello di deposizione di nichel nella città di Aosta (pari a circa 50 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$) è nettamente superiore rispetto al valore soglia di 15 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ previsto in Germania e Croazia ed è confrontabile con i livelli misurati in altre aree europee nei dintorni di industrie di lavorazione metalli (Figura 8). I livelli di deposizione di metalli risultano molto più elevati nella città di Aosta rispetto al restante territorio regionale. In particolare tale differenza è molto evidente per cromo e nichel, che sono i metalli caratteristici delle emissioni dell'acciaiera (Tabella 4). Diverso è il caso del piombo che, a differenza di cromo e nichel, non è considerato un marker delle emissioni dell'acciaiera: i livelli di piombo in Aosta e nella Plaine risultano confrontabili con quelli della Bassa Valle e delle zone rurali. I livelli di deposizione di cromo e nichel della Piana di Aosta sono più elevati rispetto alla Bassa Valle ed alle zone rurali, caratterizzati da livelli confrontabili tra loro. Questo è legato al trasporto delle polveri dalla città di Aosta verso il fondovalle da parte dei venti dominanti che hanno direzione parallela al fondovalle. Diversamente, il territorio della Bassa Valle, separato dalla Piana di Aosta da una marcata discontinuità del profilo della valle centrale all'altezza della gola di Montjovet, non è condizionato da fenomeni di trasporto del particolato dalla Piana. Pertanto la qualità dell'aria della Bassa Valle è determinata da fonti locali (principalmente traffico e riscaldamento) e, in parte, dall'influsso dell'aria proveniente dal Piemonte, ma non risente dell'influenza delle emissioni dell'acciaiera. L'analisi chimica delle deposizioni campionate sul tetto dell'acciaiera permette di ottenere una "impronta" ("fingerprint metalli") caratteristica delle emissioni diffuse. Confrontando l'impronta delle emissioni diffuse, determinata mediante l'analisi dei metalli nelle depo-

sizioni campionate sul tetto dell'acciaiera, con le impronte delle deposizioni dei siti di via I Maggio e CIDAC, si osserva una marcata corrispondenza (Figura 9). Pertanto si può affermare che le emissioni diffuse dell'acciaiera determinano il tenore di metalli delle deposizioni nell'area ambiente in prossimità dell'acciaiera stessa.

Azioni di contenimento delle emissioni di polveri e metalli dell'acciaiera nell'ambito dell'AIA

Il provvedimento di rinnovo dell'AIA prevede che l'acciaiera debba mettere in atto una serie di interventi di miglioramento dei sistemi di abbattimento collegati ai principali impianti che emettono polveri, al fine di garantire valori di emissione di polveri inferiori a $10 \text{ mg}\cdot\text{Nm}^{-3}$, in linea con gli standard previsti dalle migliori tecniche disponibili (BAT). Sono inoltre previsti interventi di contenimento delle emissioni diffuse, che consistono nel miglioramento delle pratiche gestionali dei sistemi di captazione delle emissioni e in opere di tamponamento delle aperture dell'edificio in cui sono presenti gli impianti dell'acciaiera. Inoltre, al fine di assicurare il mantenimento di elevati livelli di efficienza degli impianti di aspirazione ed abbattimento degli inquinanti a servizio degli impianti UHP e AOD, è prevista l'adozione di un sistema di monitoraggio in continuo della portata di aspirazione e delle concentrazioni di polveri alle emissioni e l'acquisizione dei principali parametri di funzionamento degli impianti. ARPA provvederà a proseguire i monitoraggi ambientali di qualità dell'aria e delle deposizioni atmosferiche per verificare l'efficacia delle azioni di contenimento delle emissioni intraprese dall'acciaiera in relazione ai livelli di inquinamento dell'aria ambiente nelle aree urbane adiacenti.

Il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche come strumento di sorveglianza ambientale

Il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche consente di misurare la ricaduta al suolo di inquinanti veicolati dalla polvere sedimentabile. Nell'indagine ambientale in oggetto, l'impiego di tale tecnica di monitoraggio ha consentito di valutare la ricaduta delle emissioni diffuse di polveri provenienti dall'acciaiera, che sono costituite prevalentemente da particelle grossolane che tendono a sedimentare in prossimità della sorgente di emissione. In tal modo, pur senza ricorrere ad una misura diretta delle emissioni diffuse, il monitoraggio delle deposizioni, integrato con le misure della rete di qualità dell'aria, ha permesso di disci-

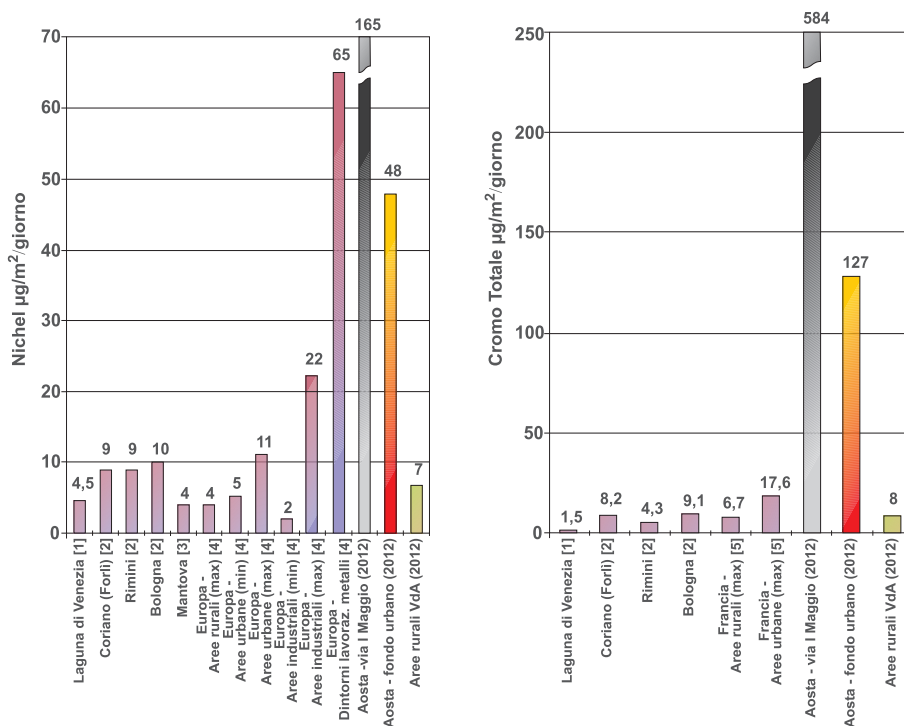


Figura 8: Livelli di deposizione di nichel e cromo nel territorio regionale della Valle d'Aosta confrontati con altre realtà italiane ed europee

Tabella 4: Livelli di deposizione di metalli nelle diverse zone del territorio regionale della Valle d'Aosta

Zone del territorio regionale	U.M.	Cr	Ni	Pb	Zn
Aosta	µg/m²/giorno	204	68	12	120
Piana di Aosta		60	25	5	105
Bassa Valle		12	6	4	50
Zona Rurale		5	3	4	26

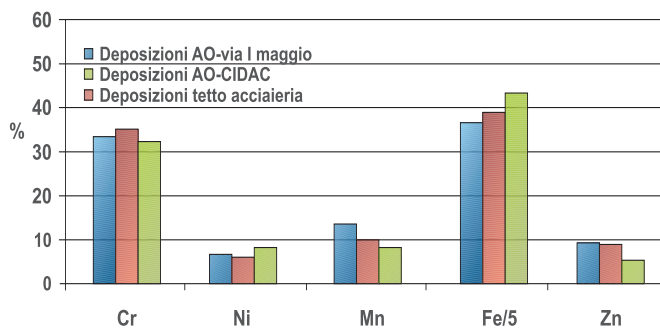


Figura 9: Confronto tra l'impronta ("fingerprint-metalli") delle emissioni diffuse (deposizioni sul tetto dell'acciaiera) e delle deposizioni campionate in area ambiente in prossimità dell'acciaiera (siti di AO - Via I Maggio e CIDAC). I valori sono espressi in % in peso rispetto alla somma di Cr, Ni, Mn, Zn, Fe/5 (i valori di Fe sono rappresentati in figura divisi per 5 per consentire una migliore lettura del grafico)

minare gli impatti delle emissioni diffuse sull'ambiente esterno. A differenza della strumentazione di misura della qualità dell'aria, che necessita di idonee condizioni di installazione, i deposimetri possono essere posizionati con estrema facilità in qualsiasi sito di interesse. Questo ha consentito, nell'indagine in oggetto, di caratterizzare direttamente la fonte emissiva installando un deposimetro sul tetto dell'acciaieria e di condurre dei monitoraggi in diversi siti del territorio interessato pur non potendo disporre di stazioni di misura della qualità dell'aria. Pertanto, la misura delle deposizioni può costituire una tecnica di indagine da utilizzare in maniera strategica nel monitoraggio della qualità dell'aria ad integrazione delle stazioni di misura. A tale proposito è auspicabile la definizione anche nella normativa italiana, analogamente a quanto previsto in altri paesi europei, di valori di riferimento per i microinquinanti ambientali nelle deposizioni atmosferiche.

Conclusioni

Le emissioni in atmosfera dell'acciaieria oggetto di studio determinano la presenza nell'aria ambiente di Aosta di livelli di nichel nel PM10 superiori al valore obiettivo previsto dal D.Lgs. 155/2010 ed il superamento del limite di legge relativo al numero di giorni con valore medio giornaliero di PM10 superiore a $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ nella stazione industriale di Via I Maggio. Anche le deposizioni di metalli, in particolare nichel e cromo, riferibili alle emissioni diffuse dell'acciaieria, sono molto elevate nell'area urbana di Aosta, nettamente superiori ai dati reperiti in letteratura riferiti ad aree urbane italiane ed europee, e confrontabili con quelli di prossimità a siti industriali di lavorazione metalli. Pur trattandosi di un metodo di monitoraggio ambientale ancora poco diffuso, e pur non essendo ancora previsti dalla normativa italiana valori limite per le deposizioni, i livelli di nichel nei siti di fondo urbano di Aosta risultano nettamente superiori al valore soglia previsto dalla normativa tedesca (TA Luft 2002) e croata (OG 133/05). A fronte degli impatti sulla qualità dell'aria provocati dalle emissioni dell'acciaieria, considerata la necessità di intervenire per un contenimento delle emissioni convogliate e diffuse, nel provvedimento di rinnovo dell'AIA, approvato a dicembre 2012, è stato previsto un piano di miglioramento delle prestazioni dei sistemi di aspirazione ed abbattimento delle polveri degli impianti dell'acciaieria mediante l'adozione di interventi sia impiantistici che gestionali in linea con l'applicazione delle migliori tecniche disponibili. Il proseguimento del monitoraggio ambientale consentirà di valutare l'efficacia delle misure di contenimento previste e di verificare nel tempo il mantenimento in efficienza dei sistemi di trattamento delle emissioni adottati da parte del gestore dell'acciaieria.

Bibliografia

- Air pays de la Loire, 2011. *Evaluation de la qualité de l'air dans l'environnement de l'Unité de Valorisation Énergétique Arc en Ciel*.
- ARPA Emilia Romagna, 2006. *Studio Ambientale dell'area Coriano Forlì - II fase - sintesi*.
- ARPA Valle d'Aosta, 2013. *L'impatto ambientale dell'acciaieria sul particolato aerodisperso e sulle deposizioni nell'aria di Aosta e della Plaine*.
- Chirila, E., Luca, C., 2011. *Characterisation of the electric arc furnace dust*. Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering, Vol. X.
- European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), 2001. *Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel*.
- European Commission, 2001. *Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds*. Position Paper.
- Guézennec, A., Huber, J.C., Patisson, F., Birat, J.P., Sessiecq, P., Ablitzer, D., 2005. *Dust formation in electric arc furnace: birth of the particles*. Powder Technology, **157**, 1 - 3, 2 - 11.
- ISPRA, 2012. *Qualità dell'ambiente urbano, VIII Rapporto*.
- Istituto Superiore di Sanità - Rapporto Istan 06/38, 2006. *Qualità dell'aria ambiente - Metodo di riferimento per la determinazione di Pb, Cd, As e Ni nelle deposizioni atmosferiche*.
- Istituto Superiore di Sanità, Rapporto Istan 06/43, 2006. *Microinquinanti organici e inorganici nel Comune di Mantova: studio dei livelli ambientali*.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Magistrato delle Acque, 2008. *Il monitoraggio SAMANET delle deposizioni atmosferiche nella laguna di Venezia*.
- Nicodemi, W., Mapelli, C., 2011. *Siderurgia, Società Italiana di Metallurgia*.
- Official Gazette of the Government of Republic of Croatia n. 133/05 "Regulation on Limit Values of Pollutants in Ambient Air".
- Rizescu, C., Bacinschi, Z., Stoian, E., Polinescu, A., 2010. *Characterisation of steel mill electric-arc furnace dust*, *Advances in waste management*.
- GMBI [Gemeinsames Ministerialblatt - Joint Ministerial Gazette], Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft TA Luft of 24/07/2002.
- UNI EN 12341, 2001. *Qualità dell'aria ambiente - Determinazione del particolato in sospensione PM10 - Metodo di riferimento e procedimento per prove in campo atte a dimostrare l'equivalenza dei metodi di misurazione rispetto al metodo di riferimento*.
- UNI EN 14902, 2005. *Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM10 del particolato in sospensione*.

Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155. *Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.*

UNI EN 13284-1, 2003. *Emissioni da sorgente fissa - Determinazione della concentrazione in massa di polveri in basse concentrazioni - Metodo manuale gravimetrico.*

Metodo Unichim 723, 1986. *Misure alle emissioni - Flussi gassosi convogliati - Solubilizzazione di materiale particolato per la determinazione dei metalli mediante tecniche di spettrometria (EM/22).*