



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Civile  
e Ambientale

# APPROFONDIMENTI SULL'INCIDENZA AMBIENTALE DELL'ACCIAIERIA DI BORGO VALSUGANA

 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale		<b>Responsabile generale dello Studio:</b>  <b>Prof. Ing. Marco Tubino</b>
<b>Redatto</b>	<i>vedi lista contributi</i>	
<b>Controllato e approvato</b>	<i>Prof. Ing. Marco Ragazzi</i>	
	<i>Prof. Ing. Marco Tubino</i>	

<b>Stato</b>	<b>Codice Documento</b>	<b>Annotazioni</b>	<b>Data</b>
<i>Finale</i>			<i>7 settembre 2012</i>

# Indice dei contenuti

---

## VOLUME 1

<b>Premessa</b> .....	<b>1</b>
<b>Contributi</b> .....	<b>3</b>
<b>Parte I – Pubblicazioni prodotte e in produzione</b> .....	<b>5</b>
<b>Parte II – Documentazione di approfondimento</b> .....	<b>60</b>
1. Materiali e metodi .....	60
1.1 Metodiche analisi EcoResearch .....	60
1.1.1 Dettagli delle tecniche di estrazione e analisi in massa .....	60
1.1.2 Dotazione strumentazione laboratori EcoResearch.....	61
1.1.3 Procedure e frequenze delle tarature.....	61
1.2 Metodiche analisi APPA .....	62
1.3 Metodiche analisi Dipartimento Ingegneria dei Materiali e Tecnologie Industriali (DIMTI).....	63
1.3.1 Analisi particolato depositato su aghi di abete.....	63
1.3.2 Caratterizzazione della presenza di inquinanti in facciate di edifici di differente età e/o monumenti .....	64
1.4 Metodiche analisi Istituto Mario Negri .....	64
1.5 Metodiche analisi Ca’ Foscari.....	66
1.5.1 Analisi microinquinanti organici .....	66
1.5.2 Analisi microinquinanti inorganici .....	67
2. Analisi.....	68
2.1 Deposizioni in aria ambiente .....	68
2.2 Deposizioni su aghi di abete.....	69
2.3 Fanghi .....	70
2.4 Particolato atmosferico .....	71
2.5 Sedimenti .....	73
2.6 Suoli.....	73
2.7 Macroinquinanti.....	73
3. Consulenze esterne al DICA .....	74
4. Altri allegati .....	74

5. Riferimenti ai contenuti dell'Allegato Tecnico.....	75
<b>Parte III – Sintesi dei risultati e conclusioni .....</b>	<b>77</b>
<b>Parte IV – Presentazione di appoggio .....</b>	<b>81</b>

## **Allegato 1**

### **Convenzione per l'affidamento dell'incarico su “Approfondimenti sull'incidenza ambientale dell'acciaiera di Borgo Valsugana”**

## **Allegato 2**

### **Allegato Tecnico**

Premessa

Sottoprogetto 1: Caratterizzazione delle emissioni attuali di PCDD/F ed altri IATP funzionali ad una modellazione di dispersione e deposito

Sottoprogetto 2: Modellazione di dispersione e deposito di PCDD/F ed altri IATP

Sottoprogetto 3: Caratterizzazione ambientale integrativa

Sottoprogetto 4: Ricostruzione storica dell'impatto da PCDD/F ed altri IATP

Sottoprogetto 5: Sviluppo di un modello di analisi di rischio

Gantt

Organigramma

Costi PAT verso DICA (UniTN)

Costi PAT verso altri enti

## **VOLUME 2**

## **Allegato 3**

### **Pubblicazioni in versione estesa**

Allegato 3.1

Allegato 3.2

Allegato 3.3

Allegato 3.4

Allegato 3.5

Allegato 3.6

Allegato 3.7

Allegato 3.8  
Allegato 3.9  
Allegato 3.10  
Allegato 3.11  
Allegato 3.12  
Allegato 3.13  
Allegato 3.14  
Allegato 3.15  
Allegato 3.16  
Allegato 3.17  
Allegato 3.18  
Allegato 3.19  
Allegato 3.20

## **VOLUME 3**

### **Allegato 4**

#### **Metodiche di analisi**

Allegato 4.1: APPA

Allegato 4.1.1: Metodo APAT CNR IRSA 3020

Allegato 4.1.2: Metodo ISTISAN 07/31

Allegato 4.1.3: Metodo ISTISAN 06/38

Allegato 4.2: EcoResearch

Allegato 4.2.1: EPA Method 3015

Allegato 4.2.2: EPA Method 1668B

Allegato 4.3: Ca' Foscari

Allegato 4.3.1: EPA Method 1613

Allegato 4.3.2: EPA Method 1668B

## **VOLUME 4**

### **Allegato 5**

**Relazione CISMA S.r.l.**

## **VOLUME 5**

### **Allegato 6**

**Relazione Istituto Mario Negri (seguirà integrazione)**

### **Allegato 7**

**Relazione IDPA CNR (Università Ca' Foscari, Venezia)**

### **Allegato 8**

**Contributo Università di Padova (seguirà integrazione)**

### **Allegato 9**

**Relazione DIMTI (Università di Trento)**

### **Allegato 10**

**Schema impianto**

## **VOLUME 6**

### **Allegato 11**

**Ricostruzione storica delle analisi riguardanti l'incidenza dell'acciaieria**

## **VOLUME 7**

### **Allegato 12**

**Certificati analitici (analisi svolte da Eco-Research e APPA nella presente ricerca)**

## **VOLUME 8**

### **Allegato 13**

**Elaborazioni grafiche deposizioni**

### **Allegato 14**

**Mappe di deposizione da modellazione (varie ipotesi)**

### **Allegato 15**

**Presentazione di appoggio**

## PREMESSA

In base alla convenzione stipulata in data 14 settembre 2010 tra l'Agenda Provinciale per la Protezione dell'Ambiente (APPA) della Provincia di Trento e il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Trento (DICA) è stato realizzato uno studio che rappresenta un contributo originale alla caratterizzazione ambientale del territorio del comune di Borgo Valsugana e delle aree limitrofe, allo scopo di indagare il ruolo della locale acciaieria nell'esposizione attuale e passata dei residenti a microinquinanti quali PCDD/F, PCB, IPA e metalli pesanti.

In merito alle metodologie di indagine adottate, il lavoro svolto intende produrre alcuni strumenti efficaci per il loro utilizzo in relazione anche ad altri contesti ambientali analoghi, da consolidarsi mediante validazione scientifica; è stata infatti prevista una validazione delle metodologie adottate e dei risultati conseguiti mediante invio di articoli a riviste scientifiche internazionali che applicano la selezione dei lavori mediante *peer-review*.

Il presente documento contiene tutti gli elaborati prodotti per dare una risposta ai quesiti estrapolabili dall'allegato tecnico della convenzione. Il completamento del percorso di pubblicazioni mediante *peer-review*, per sua natura, richiederà invece alcuni mesi successivi alla data di consegna del documento stesso.

Si sottolinea che il presente documento, per come è strutturato, risulta fruibile a prevalente uso interno di APPA. Per quanto riguarda la comunicazione verso l'esterno è stata predisposta una presentazione specifica ed è stato avviato il percorso di invio, alle riviste internazionali, delle pubblicazioni programmate. La presenza, in allegato, di articoli già pubblicati su riviste o in fase di valutazione (*under review*) rende ulteriormente necessario limitare la distribuzione del lavoro nella fase attuale solo all'interno di APPA.

Nella **prima parte** del documento vengono descritti gli articoli prodotti o in fase di produzione ai fini della pubblicazione delle attività svolte. Tali lavori riportano non solo i risultati delle indagini condotte nelle immediate vicinanze dell'impianto in esame, ma anche riferimenti ad analisi su scala provinciale precedentemente svolte e non ancora pubblicate, al fine di una migliore comprensione del ruolo dell'acciaieria sul territorio. E' riportato anche il contenuto di un lavoro sviluppato nelle fasi iniziali delle attività previste dalla convenzione e che ha permesso di definire una metodologia interpretativa utilizzabile per la valutazione preliminare della rilevanza del rilascio di PCDD/F

in atmosfera da una specifica sorgente (non essendo inizialmente disponibile il quadro completo relativo all'acciaieria, tale lavoro si riferisce a un altro tipo di fonte emissiva, ma la metodologia messa a punto ha validità generale).

Nella **seconda parte** del documento vengono descritti i metodi di misura adottati nelle diverse campagne di monitoraggio, nonché le metodiche analitiche utilizzate presso laboratori specializzati per ottenere i risultati, riportati in sintesi nella sezione precedente. Per quanto riguarda ulteriori approfondimenti sui risultati, oltre alle pubblicazioni allegate, si rimanda agli allegati tecnici contenenti le relazioni redatte dagli enti collaboratori esterni, con contratto regolato direttamente da APPA, ma con contenuti concordati con DICA. Per quanto riguarda gli elaborati prodotti dagli enti esterni, in questo documento si riportano quelli messi a disposizione entro la data del 7 settembre 2012. Si tratta di allegati che contengono le informazioni necessarie e sufficienti per lo sviluppo di tutte le risposte ai quesiti estrapolabili dall'incarico. Ulteriori elaborazioni saranno messe a disposizione dagli enti esterni anche oltre tale data, a integrazione di quanto già disponibile e, come indicato, da considerare esaustivo. Dei contenuti di tali elaborazioni si terrà conto, se necessario, nelle pubblicazioni programmate.

Nella **terza parte** del documento si riportano la sintesi dei risultati ottenuti, le conclusioni e alcune indicazioni sugli sviluppi futuri.

Nella **quarta parte** del documento si riporta una presentazione in Power Point dell'intero lavoro svolto da tutti gli enti coinvolti che è stata predisposta per un utilizzo in ambito istituzionale.

Il documento è completato da una consistente serie di allegati, utili per una lettura approfondita del lavoro svolto. In particolare nell'**Allegato 1** si riporta il testo della Convenzione siglata tra APPA e DICA. Nell'**Allegato 2** è invece consultabile l'Allegato Tecnico che riporta in dettaglio i contenuti della convenzione e i ruoli dei vari enti coinvolti, anche con contratti stipulati direttamente con APPA.



## CONTRIBUTI

NOME PERSONA O ENTE	CONTRIBUTO
Prof. Marco Tubino - DICA	Responsabilità generale. Contributi vari alle pubblicazioni
Ing. Elena Cristina Rada - DICA	Coordinamento scientifico, definizione strategia comunicazione, contributi vari alle pubblicazioni
Ing. Marianna Marconi - DICA	Coordinamento tecnico. Valutazione teorica e di letteratura dell'analisi di rischio salute da esposizione a PCDD/F. Contributi vari alle pubblicazioni
Prof. Marco Ragazzi - DICA	Referente o co-referente DICA dei sottoprogetti della ricerca. Contributi vari alle pubblicazioni
Prof. Stefano Gialanella - DIMTI	Referente DIMTI di un sottoprogetto della ricerca. Contributo ad alcune pubblicazioni
Ing. Marco Toffolon - DICA	Referente DICA per la modellistica di dispersione/deposizione in atmosfera. Contributo ad alcune pubblicazioni
Ing. Paola Foladori – DICA	Supporto scientifico per il campionamento funzionale alle analisi dei fanghi di depurazione civili
Ing. Marco Schiavon – DICA (in parte con borsa di ricerca finanziata dalla Fondazione Trentina per la Ricerca sui Tumori)	Contributo allo sviluppo di metodi originali per valutare l'esposizione ad inquinanti cancerogeni. Contributi vari alle pubblicazioni
Ing. Alessandro Chisté - DICA	Campionamenti non convenzionali. Ricostruzione storica della configurazione dell'impianto. Contributo ad alcune pubblicazioni
Dott.ssa Giulia Bertolotti - DIMTI	Approfondimenti in merito alla contaminazione di superfici di monumenti/edifici e di aghi di abete. Contributo ad alcune pubblicazioni
Ing. Loris Paternoster – DICA	Collaborazione al campionamento di PCDD/F e PCB nelle deposizioni

Dott.ssa Barbara Rossi – DICA	Valutazione delle metodiche di analisi di PCDD/F, PCB, IPA e metalli pesanti nelle diverse matrici ambientali. Contributo ad alcune pubblicazioni
Ing. Elisa Mallocci - DICA	Contributo ad una pubblicazione (prima fase della ricerca)
CISMA srl (ing. Gianluca Antonacci e ing. Ilaria Todeschini)	Modellazione di dispersione e deposizione (configurazioni attuale e passata). Contributo ad alcune pubblicazioni
CNR Ca' Foscari (referente prof. Andrea Gambaro)	Analisi dei microinquinanti organici nelle deposizioni (wet&dry). Analisi dei microinquinanti organici nei sedimenti di uno stagno. Contributo ad alcune pubblicazioni
Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri (referente dott. Marco Lodi)	Misure di qualità dell'aria per la determinazione granulometrica del particolato e composizione. Contributo ad alcune pubblicazioni
Università di Padova – Dip. di Scienze del Farmaco (referente Dott.ssa Maria Carrara)	Definizione di parametri tossicologici relativi all'esposizione ad inquinanti cancerogeni
Eco-Research – Bolzano (referenti dott. Werner Tirlir e p.i. Massimo Donegà)	Analisi di PCDD/F e PCB nelle deposizioni atmosferiche e nei terreni.
Laboratorio APPA – Trento (referente per le analisi svolte, Dott. Giuseppe Clauser)	Analisi dei metalli pesanti nelle deposizioni atmosferiche.
Ing. Maurizio Tava – APPA	Coordinatore e supervisore APPA per i rapporti con gli enti esterni e con i servizi provinciali. Contributo ad alcune pubblicazioni

## PARTE PRIMA

### **PUBBLICAZIONI PRODOTTE E IN PRODUZIONE**

In questa sezione vengono di seguito riportati 20 *extended abstracts*, che sono la sintesi in italiano di ogni pubblicazione prodotta o in produzione. Tale sintesi è introdotta da una tabella con alcuni dettagli riguardanti lo stato di avanzamento per la loro stampa: inviato ed in attesa di valutazione (*under review*), accettato e in attesa di pubblicazione, pubblicato. Nella tabella vengono inoltre riportati l'argomento, l'elenco degli autori (non sempre definitivo), il numero di allegato (3.x) dove trovare il testo in inglese della pubblicazione estesa (ove già disponibile) e/o il numero di eventuali altri allegati dove si possono trovare informazioni d'appoggio nella loro interezza (analisi, ecc.).

Si fa notare che le pubblicazioni sono l'output, atteso, del lavoro che si conclude con la consegna del 7 settembre 2012.

I risultati e le conclusioni che sono o saranno presenti nelle pubblicazioni sono già disponibili nella documentazione che fa parte di questo documento. Tutte le pubblicazioni sono state sviluppate nel contesto della ricerca, come stipulato nella convenzione allegata, con l'obiettivo di produrre un insieme integrato di lavori.

Si segnala che nella fase di generazione della versione finale è possibile l'accorpamento di due pubblicazioni programmate. E' anche possibile una modifica degli autori attualmente indicati (ordine e numero).

## ELENCO PUBBLICAZIONI

n.	Argomento pubblicazione	Autori (elenco provvisorio)	Submission prevista	All. n.
<i>Pubblicazioni prevalentemente metodologiche</i>				
<b>1</b>	Valutazione dell'impatto dell'acciaieria sul territorio nel tempo basato su campionatori di particolato naturali – aghi di conifere: pianificazione dell'indagine	G. Bertolotti, S. Gialanella	Under review	3.1 (pdf)
<b>2</b>	Una proposta di limite locale di deposizione di PCDD/F basato sulla dieta	M. Schiavon, M. Ragazzi, E.C. Rada	Settembre 2012	3.2 (pdf)
<b>3</b>	Definizione di un criterio per la classificazione dell'incidenza locale delle deposizioni di PCDD/F da una specifica sorgente	E.C. Rada, M. Ragazzi, D. Zardi*, L. Laiti*, A. Ferrari*  * autori esterni al gruppo di lavoro	Pubblicato <b>Giugno 2011</b>	3.3 (pdf)
<b>4</b>	Aspetti metodologici per il campionamento ed analisi di superficie di monumenti ed edifici per una caratterizzazione storica dell'esposizione a inquinanti atmosferici	G. Bertolotti, S. Gialanella, L. Lutterotti**  **autore esterno al gruppo di lavoro	Under review	3.4 (pdf) All.9
<b>5</b>	Un approccio integrato per la valutazione del ruolo locale di un'acciaieria nel caso di incidenza ambientale non dominante	E.C. Rada, M. Tubino, M. Ragazzi, M. Tava et al.	2013, dopo la pubblicazione degli altri lavori in elenco	3.5 All. 5-14
<b>6</b>	Un approccio a più stadi per la comparazione dell'impatto ambientale locale di emettitori puntuali	M. Ragazzi, E.C. Rada	Pubblicato <b>Ottobre 2012</b>	3.6 (pdf)
<b>7</b>	Un approccio multistadio per l'individualizzazione dell'inquinante prioritario in termini di rischio per la salute in una zona esposta ad una sorgente di emissioni diffuse potenzialmente rilevante	M. Schiavon, M. Ragazzi , E.C. Rada	Febbraio 2013	3.7 All. 5-14

n.	Argomento pubblicazione	Autori (elenco provvisorio)	Submission prevista	All. n.
<i>Pubblicazioni prevalentemente analitiche</i>				
8	Individuazione di situazioni potenzialmente anomale in termini di esposizione umana a PCDD/F e PCB, mediante caratterizzazione di fanghi di depurazione civili	M. Ragazzi, E.C. Rada, M. Schiavon	Settembre 2012	3.8 (pdf) All.12
9	Caratterizzazione di PCDD/F e PCB in aghi di abete per individuare eventuali criticità espositive	E.C. Rada, M. Ragazzi, A. Chistè, et al.	Ottobre 2012	3.9 (pdf) All.12
10	Valutazione dell'impatto dell'acciaieria sul territorio nel tempo basato su campionatori naturali – aghi di conifere: implementazione e risultati dell'indagine	G. Bertolotti, S. Gialanella et al.	Settembre 2012	3.10 (pdf)
11	Caratterizzazione di PCDD/F nei suoli del Trentino	M. Ragazzi, M. Marconi, E.C. Rada, et al.	Ottobre 2012	3.11 (pdf) All.12
12	Caratterizzazione della presenza di PCDD/F in aria in Trentino	M. Ragazzi, M. Marconi, E.C. Rada, et al.	Novembre 2012	3.12 (pdf)
13	Deposizione di microinquinanti organici in vicinanza di un'acciaieria	A. Gambaro, E.C. Rada, M. Ragazzi, et al.	Dicembre 2012	3.13 All.7
14	Caratterizzazione di particolato fine e ultrafine nell'aria in prossimità di un'acciaieria	M. Lodi, M. Ragazzi, E.C. Rada, B. Rossi et al.	Gennaio 2013	3.14 All.6
15	Studio dell'incidenza locale di un'acciaieria attraverso la caratterizzazione dei sedimenti di uno stagno	A. Gambaro, M. Ragazzi, E.C. Rada, et al.	Gennaio 2013	3.15 All.7
16	Caratterizzazione di metalli in varie matrici ambientali in prossimità di un'acciaieria	B. Rossi, M. Ragazzi, E.C. Rada et al.	Gennaio 2013	3.16 All.11 e 12
17	Ruolo del levoglucosano come tracciante della combustione della legna in una regione alpina	E.C. Rada, M. Ragazzi, E. Mallocci	Publicata <b>Gennaio</b> <b>2012</b>	3.17 (pdf)

<b>n.</b>	<b>Argomento pubblicazione</b>	<b>Autori (elenco provvisorio)</b>	<b>Submission prevista</b>	<b>All. n.</b>
<i>Pubblicazioni prevalentemente modellistiche</i>				
<b>18</b>	Utilizzo integrato di modellazione e misure per la stima dell'impatto di PCB e PCDD/F da un'acciaieria	M. Toffolon, M. Tubino, M. Ragazzi, G. Antonacci, I. Todeschini, E.C. Rada, A. Chistè, et al.	Ottobre 2012	3.18 All.5
<b>19</b>	Ricostruzione della deposizione potenziale di PCDD/F sulla base dei limiti normativi per le acciaierie nel passato	M. Toffolon, M. Tubino, M. Ragazzi, G. Antonacci, I. Todeschini, E.C. Rada, A. Chistè, et al.	Gennaio 2013	3.19 All.5
<b>20</b>	Aspetti comparativi dell'impatto ambientale locale di impianti potenzialmente rilevanti	M. Schiavon, E.C. Rada, M. Ragazzi	Febbraio 2013	3.20

Nota: la sigla (pdf) indica la presenza in allegato della pubblicazione. Dal totale di 20 pubblicazioni, 9 non sono state allegate per mancanza di qualche analisi/informazione da parte degli enti coinvolti (i cui contratti non sono sincronizzati con la scadenza del DICA).

# VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELL'ACCIAIERIA SUL TERRITORIO NEL TEMPO BASATO SU CAMPIONATORI DI PARTICOLATO NATURALI – AGHI DI CONIFERE: PIANIFICAZIONE DELL'INDAGINE

## 1. INTRODUZIONE

L'utilizzo di aghi di conifere come campionatori naturali di inquinanti atmosferici si è sviluppato a partire dagli anni '70 ed in Europa ha trovato particolare impiego in Finlandia, Austria e Germania. Rispetto ad altri tipi di biomonitoraggio la raccolta di aghi di conifere permette di valutare variazioni nelle concentrazioni di inquinanti nel recente passato poiché le conifere producono un set di nuovi aghi ogni anno distinguibile dal precedente poiché separato sul ramo da un nodo. Questo permette in un solo campionamento di raccogliere dati relativi a più annate. Inoltre, trattandosi di sempreverdi, l'accumulo di inquinanti è relativo anche alla stagione invernale. I dati possono essere elaborati in due direzioni: da un lato è possibile determinare informazioni sullo stato di salute delle foreste, dall'altro è possibile valutare il contributo dell'inquinamento atmosferico alla presenza di inquinanti sugli aghi. Il secondo obiettivo, e in particolare la presenza di particolato di origine siderurgica, è lo scopo del presente studio. La metodologia analitica è tuttavia simile in quanto il contenuto di inquinanti sugli aghi deve essere ricavato per differenza fra il contenuto totale di inquinanti (deposti sulla superficie e accumulati internamente) e il contenuto di inquinanti accumulati internamente dopo assunzione dal suolo tramite radici misurabile dopo apposito lavaggio della superficie degli aghi. La scelta di questo tipo di monitoraggio nell'area di Borgo Valsugana è stata favorita dalla possibilità di monitorare un'ampia area (le conifere sono diffuse nella zona) senza il posizionamento di strumentazioni. L'importanza di un monitoraggio sul territorio si deve al fatto che le acciaierie con forno elettrico ad arco hanno emissioni diffuse dovute ad alcune operazioni in cui il sistema di cattura fumi deve essere distaccato e alla movimentazione e demolizione di materiali negli spazi circostanti l'impianto. Queste emissioni resterebbero ignote con misure alla sorgente (camini di aspirazione dei fumi). L'indagine basata sui campionatori vegetali (aghi di conifere) è ristretta nel presente lavoro agli inquinanti inorganici ed in particolare al particolato che è raccolto dagli aghi proporzionalmente ai livelli di esposizione. Le misure che si otterranno non sono al

momento significative a livello legislativo ed è opportuno raffrontarle con dati ottenuti con tecniche ufficialmente standardizzate da regolamenti nazionali o europei.

## **2. MATERIALE E METODI**

La pianificazione del presente studio si è basata su un'estesa review della letteratura esistente in materia al fine dello sviluppo di un idoneo protocollo di campionamento, trattamento e analisi dei campioni e interpretazione dei dati.

La letteratura evidenzia l'importanza del campionamento e suggerisce:

- di selezionare i siti di campionamento sulla base dei modelli di dispersione e in modo che abbiano simile esposizione al vento;
- di campionare indossando guanti per mezzo di cesoie;
- di registrare tutte le informazioni relative al campionamento: altezza dei rami, orientamento, ecc..

La conservazione del campione e il suo trattamento prima dell'analisi sono fondamentali al fine di garantire la qualità analitica delle misure.

Per quanto riguarda le tecniche analitiche, gli studi pubblicati riportano l'uso prevalentemente di tecniche di analisi cosiddette bulk, cioè che forniscono un'informazione mediata su una popolazione di particelle che possono avere diversa origine, dimensione, composizione, morfologia, struttura cristallina e quindi diverse proprietà chimico-fisiche. Queste tecniche sono la spettroscopia di emissione atomica (ICP-AES) e spettroscopia di raggi X. Qualche autore fa uso della microscopia elettronica per effettuare analisi di singola particella ma la maggior parte degli utilizzatori del microscopio elettronico a scansione (SEM) esaminano la superficie degli aghi per valutare lo stato di degrado delle cere epicuticolari. Un solo studio in letteratura sviluppa l'analisi delle singole particella a livello di nano inquinanti con il microscopio elettronico a trasmissione (TEM) e non è basato sul campionamento di aghi di conifere. Visto la crescente attenzione verso le dimensioni inferiori del particolato, il più pericoloso per la salute umana, gli Autori intendono estendere l'uso della tecnica a questo tipo di campionatori vegetali e combinare i benefici delle due tipologie di indagine (bulk e singola particella) in modo che il dato microscopico e macroscopico siano messi in relazione e permettano di identificare le fonti di inquinamento. Nella tabella seguente sono riportate in maniera sintetica le caratteristiche delle tecniche analitiche menzionate.

A seguito dell'esame della letteratura è stato sviluppato un protocollo di indagine che è stato applicato ad un set di campioni raccolti nell'area. Sulla base dei dati ottenuti sono state ottimizzate le procedure di raccolta, conservazione, preparazione dei campioni, i parametri operativi dei vari strumenti nonché le modalità di confronto dei dati ottenuti con le varie tecniche.



Tabella 1. Confronto fra le tecniche analitiche per l'analisi di particolato atmosferico raccolto da aghi di pino.

	<i>ICP-AES</i>	<i>XRF</i>	<i>SEM-EDXS</i>	<i>TEM-EDXS</i>
<i>tipologia</i>	bulk	bulk	singola particella	singola particella
<i>informazione fornita</i>	concentrazione elementare	concentrazione elementare	morfologia; concentrazione elementare	morfologia; concentrazione elementare
<i>dimensione del particolato analizzabile</i>	tutte le dimensioni in maniera indistinta	tutte le dimensioni in maniera indistinta		nanoparticolato
<i>sensibilità</i>	anche concentrazioni in traccia	scarsa per alcuni elementi. In generale inferiore ad ICP-AES	risoluzione immagini: 20-50 nm	risoluzione immagini: 0.1-1 nm
<i>vantaggi</i>	elevata sensibilità	preparazione del campione semplice e veloce	la combinazione di composizione e morfologia permette di identificare la fonte	la combinazione di composizione e morfologia permette di identificare la fonte
<i>svantaggi</i>	laboriosa preparazione del campione	non idoneo per determinare le concentrazioni di alcuni inquinanti	l'analisi riguarda la singola particella	l'analisi riguarda la singola particella
<i>n. di studi pubblicati in letteratura di cui gli Autori sono a conoscenza indipendentemente dalla finalità</i>	15	3	10	2

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

L'utilizzo degli aghi di conifere come campionatori naturali è promettente. Il fatto che la Finlandia ne faccia uso specificamente per monitorare impianti siderurgici e cartiere è un ulteriore elemento a supporto di un tale studio nel contesto di Borgo Valsugana.

Lo studio preliminare condotto su un piccolo numero di campioni ha permesso di:

- stabilire la procedura di lavaggio del sottocampione di aghi destinato alla misura delle concentrazioni di inquinanti all'interno dell'ago (assunti dal suolo): soluzione 1:1 (vol) toluene:tetraidrofurano;
- identificare le caratteristiche morfologiche osservabili al SEM del particolato emesso da impianti siderurgici con forno ad arco: particelle non sferiche contenenti metalli pesanti (Fe, Cu, Zn, Mn, Cr) con diametro  $\geq 2.5 \mu\text{m}$  e particelle sub sferiche contenenti metalli pesanti (Fe, Zn, Cu) con diametro  $\geq 1 \mu\text{m}$ ;
- selezionare il supporto TEM più idoneo allo studio del nano particolato di origine siderurgica (grigliette di tipo holey C con maglia in oro), il miglior porta campione (low-background) e la procedura di verifica dell'assenza di contaminazione del supporto.

Come per tutti i campionatori di tipo passivo, la continua esposizione della superficie degli aghi all'atmosfera comporta la rimozione parziale di alcuni contaminanti.

# UNA PROPOSTA DI LIMITE LOCALE DI DEPOSIZIONE DI PCDD/F BASATO SULLA DIETA

## 1. INTRODUZIONE

L'obiettivo del presente lavoro consiste nel proporre un valore limite di deposizione di diossine e furani (PCDD/F) per la zona interessata dalle emissioni dell'acciaiera di Borgo Valsugana.

Il calcolo della deposizione limite è stato effettuato ripercorrendo all'inverso alcuni modelli di catena alimentare presenti in letteratura e relativi al percorso del latte vaccino. Un confronto tra il contributo dei prodotti caseari e dei vegetali alla dose giornaliera di PCDD/F assunta dagli esseri umani ha permesso di mostrare il ruolo prevalente dei primi, in quanto tali inquinanti tendono ad accumularsi nei grassi, a causa delle loro proprietà lipofile. Partendo dalla dieta tipica locale, dalla dose tollerabile giornaliera (TDI) di  $1 \text{ pg}_{\text{WHO-TEQ}} \text{ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$  proposta dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) e dalla conseguente massima concentrazione ammissibile di PCDD/F nel latte vaccino, il calcolo ha percorso a ritroso il processo di assimilazione di PCDD/F da parte delle mucche da latte per arrivare alla determinazione di un valore limite di deposizione al suolo.

Infine, il valore limite di deposizione ottenuto è stato confrontato con la deposizione media di PCDD/F misurata nel corso di una campagna di monitoraggio che ha riguardato la zona circostante l'acciaiera, al fine di individuare un eventuale superamento del limite proposto.

## 2. MATERIALE E METODI

Con lo scopo di percorrere la catena modellistica in senso inverso, è stata condotta una caratterizzazione della dieta tipica al variare dell'età. Al fine di calcolare il consumo giornaliero di latte e derivati, sono stati impiegati valori realistici di massa corporea per ogni età. Il contenuto di grassi per i principali latticini (latte, yogurt, burro, formaggi freschi e formaggi stagionati) è stato reperito dalle informazioni nutrizionali fornite dalle principali ditte produttrici della regione. L'assunzione giornaliera di grassi è stata calcolata moltiplicando le quantità giornaliere di prodotti consumati per il rispettivo contenuto di grassi. Assumendo una vita media per la popolazione locale di 80 anni, la TDI media, comprensiva dell'informazione sulla variazione della massa corporea con l'età ( $\text{TDI}_{\text{bw}}$ ), è risultata pari a  $59 \text{ pg}_{\text{WHO-TEQ}} \text{ d}^{-1}$ . Il consumo medio di grassi nell'arco di 80 anni di vita è di  $29 \text{ g d}^{-1}$ ; dividendo per tale valore la dose giornaliera media

tollerabile, la massima concentrazione ammissibile di PCDD/F nel grasso del latte vaccino è risultata  $2,06 \text{ pg}_{\text{WHO-TEQ}} \text{ g}^{-1}$ . Applicando specifici fattori di bioaccumulazione di PCDD/F nel latte vaccino e considerando che l'assunzione di PCDD/F da parte di un capo di bestiame avviene sia per consumo di erba da pascolo sia per ingestione accidentale di terreno, è stato possibile risalire alla deposizione limite richiesta affinché la TDI non venga superata.

Oltre ai latticini, anche il consumo di cereali, frutta e verdura rappresenta una via di esposizione ai PCDD/F, seppur di secondaria importanza. L'assunzione di PCDD/F da parte delle piante avviene attraverso tre percorsi: interazione tra suolo e radici, deposizione di particolato e deposizione secca gassosa su germogli e fogliame, quest'ultima preponderante rispetto alle prime due.

### **3. RISULTATI E DISCUSSIONE**

#### *3.1 Verifica del percorso di assunzione prevalente*

Per verificare il maggior ruolo di latte e derivati nell'esposizione a PCDD/F rispetto ai vegetali, si è calcolata l'assunzione giornaliera di PCDD/F dal consumo di alimenti a base di latte vaccino, partendo dalla dieta tipica e dalla deposizione media misurata tra i mesi di ottobre 2010 e settembre 2011 presso un sito rappresentativo del territorio, seguendo gli approcci modellistici individuati in letteratura. Analogamente, tramite l'adozione di ulteriori specifici modelli, si è stimato il contributo del consumo di cereali, frutta e verdura, assumendoli esposti alla medesima deposizione di PCDD/F.

Confrontando i due percorsi, si è riscontrato un minor contributo da parte dei cereali che conferma il ruolo prevalente dei prodotti caseari nell'assunzione di PCDD/F anche nel caso in esame.

#### *3.2 Proposta del valore limite di deposizione e confronto con le deposizioni misurate*

Previa una semplificazione del calcolo giustificata dall'aver verificato il ruolo trascurabile dell'ingestione accidentale di suolo rispetto al consumo di erba da pascolo, il valore limite di deposizione ottenuto per il caso di studio è risultato pari a  $3,55 \text{ pg}_{\text{WHO-TEQ}} \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . La deposizione media misurata nel corso della campagna di monitoraggio è risultata inferiore a tale valore e pari a  $1,67 \text{ pg}_{\text{WHO-TEQ}} \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . Come si può notare, le deposizioni sono state considerate in termini di tossicità equivalente WHO, anziché internazionale (I-TEQ), poiché ad essa si fa riferimento per analisi di rischio legate al consumo di alimenti.

Secondo l'approccio presentato in questo studio, la deposizione limite è stata calcolata considerando solo il consumo di latte vaccino e derivati, in quanto percorso di esposizione preponderante, considerando inoltre una dieta costituita per il 100% dall'assunzione di prodotti locali. Per questi motivi, la deposizione limite calcolata sovrastima la reale assunzione di PCDD/F per il caso di studio.

# DEFINIZIONE DI UN CRITERIO PER LA CLASSIFICAZIONE DELL'INCIDENZA LOCALE DELLE DEPOSIZIONI DI PCDD/F DA UNA SPECIFICA SORGENTE

## 1. INTRODUZIONE

L'impatto dell'acciaieria di Borgo Valsugana è caratterizzato dalla sovrapposizione di emissioni da sorgenti puntuali e diffuse. Come ci si poteva attendere, la modellazione di dispersione e deposito sviluppata nell'ambito della ricerca finanziata da APPA ha evidenziato che le emissioni diffuse possono avere un'incidenza dominante rispetto alle puntuali. È emerso peraltro che uno stesso impianto può avere una configurazione ottimizzata per quanto riguarda le emissioni al camino, mentre per quelle diffuse può permanere un'indeterminatezza quali-quantitativa che rende difficile l'interpretazione delle stesse. In ogni caso, all'inizio della ricerca è emersa la necessità di disporre di parametri semplificati per giudicare le deposizioni attribuibili all'impianto nell'area di influenza dello stesso. In attesa dello sviluppo della modellazione relativa al caso di Borgo Valsugana, oggi disponibile, si è quindi optato per mettere a punto un criterio di giudizio delle deposizioni analizzando un altro caso di rilascio di PCDD/F da emissioni diffuse. Si tratta del processo di bioessiccazione applicato ai rifiuti urbani residui, le cui emissioni diffuse da biofiltrazione evidenziano analoghi problemi di scarsa diluizione. L'argomento peraltro è rilevante anche per il dibattito che localmente ha riguardato questo processo (la pubblicazione prodotta è l'ultima di una serie di pubblicazioni di rilevanza internazionale che dimostrano l'infondatezza delle critiche rivolte al DICA circa un'erronea interpretazione del rilascio di PCDD/F da tale processo). La presente pubblicazione è stata prodotta collaborando con il gruppo di fisica dell'atmosfera del DICA.

## 2. MATERIALE E METODI

Per valutare la rilevanza delle emissioni diffuse di PCDD/F da un singolo impianto e le relative deposizioni si è proceduto nel seguente modo:

- individuazione di un impianto di riferimento
- valutazione dei flussi di PCDD/F emessi
- caratterizzazione meteorologica dell'area

- selezione di un modello di dispersione e deposizione
- utilizzo del modello per la generazione di mappe di deposizione
- individuazione di un criterio per la classificazione delle deposizioni
- classificazione delle deposizioni

Riguardo il penultimo punto, preliminarmente ad un'analisi di dettaglio delle caratteristiche della zona di Borgo, si è deciso di fare riferimento alla deposizione limite proposta da van Lieshout et al., nel 2001, considerata particolarmente cautelativa.

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Per quanto riguarda gli elementi della pubblicazione prodotta che interessano il caso di Borgo Valsugana, due sono i parametri definiti in maniera originale e utilizzabili per l'analisi critica della modellazione:

- ✓  $DL_{TDL_{5\%}}$
- ✓  $DL_{TDL_{10^{-6}}}$

Il primo è il limite tra impatto trascurabile e impatto rilevante, con riferimento alle deposizioni modellizzate per l'impianto di volta in volta studiato: 5% di  $3,4 \text{ pgI-TEQ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . Si tratta del 5% della deposizione attribuibile in generale ad un intake giornaliero tollerabile di  $1 \text{ pgI-TEQ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (riferito al peso corporeo).

Il secondo riguarda la deposizione che, cautelativamente, permette di rispettare un rischio individuale di  $10^{-6}$ :  $8 \text{ pgI-TEQ m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ . Si tratta di una deposizione limite associata al rischio individuale spesso indicato come obiettivo ottimale per un singolo impianto. Per il caso del termovalorizzatore di Ischia Podetti il rischio obiettivo è stato posto dalla Provincia Autonoma di Trento pari a  $10^{-7}$ , ma si tratta di un caso isolato nel settore.

Nel caso della bioessiccazione, il confronto tra i valori modellizzati e quelli di deposizione limite confermano le criticità a suo tempo evidenziate dal DICA (nell'articolo sono indicate anche alcune soluzioni al problema). Nel caso di Borgo Valsugana si rimanda all'articolo sulla modellizzazione.

# ASPETTI METODOLOGICI PER IL CAMPIONAMENTO ED ANALISI DI SUPERFICIE DI MONUMENTI ED EDIFICI PER UNA CARATTERIZZAZIONE STORICA DELL'ESPOSIZIONE A INQUINANTI ATMOSFERICI

## 1. INTRODUZIONE

Lo scopo della presente azione riguarda la caratterizzazione ambientale integrativa, concernente la frazione inorganica di inquinanti depositatisi sulle facciate e superficie esposte di edifici, pavimentazioni, monumenti dislocati in area urbana al fine di valutarne i limiti e le possibilità di agire come campionatori passivi di inquinamento sia presente sia passato. Infatti, le superficie esposte continuativamente alle atmosfere urbane e industriali costituiscono un importante substrato per la deposizione di inquinanti di varia natura, con il notevole vantaggio di non richiedere particolare strumentazione o installazioni.

Nel seguito sono presentati i risultati sin qui ottenuti dalla campagna di prelievi di campioni da superficie esposte di edifici dell'area urbana di Borgo. Vengono illustrati i criteri, le modalità dei *campionamenti*; si richiamano criticamente le *metodologie di indagine sperimentali* adottate; vengono infine richiamati e discussi alcuni dei *risultati* sin qui ottenuti e delineati quali potrebbero essere gli *sviluppi futuri* di tale attività.

## 2. MATERIALE E METODI

### 2.2.1 Campionamento

Nella tabella sono riportate le informazioni sui prelievi eseguiti nel corso della presente ricerca. Come si può notare, ad oggi manca, giacché non disponibile, un dato importante ai fini della lettura e interpretazione dei dati sperimentali: la data di realizzazione o ultimo restauro della struttura dalla quale il prelievo viene effettuato. Per questo motivo le analisi delle quali nel presente report hanno carattere soprattutto esemplificativo delle informazioni che un tale approccio potrebbe portare.

**Tabella dei luoghi di campionamento.**

Luogo	Uso passato (eventualmente) e presente	Condizioni conservative	Tipologia di zona, uso di edifici contigui, possibili fonti di inquinamento.	Età	Sample ID
Centro cittadino	Scuola elementare	ottime	Parco giochi, stazione ferroviaria, edifici residenziali, strada ad alto livello di traffico veicolare lungo il lato sud dell'edificio.		SE
Centro cittadino	Scuola media	ottime	Area urbana		SM
Centro cittadino	Originariamente "Casa del Fascio", attualmente stazione di polizia	buone	Area urbana (piazza principale) Municipio, edifici residenziali, servizi pubblici		CP
Area urbana	Centro sportivo	ottime	Periferia agricola		P
Centro cittadino	Originariamente scuola elementare	buone	Edifici residenziali in zona residenziale		O
Centro cittadino	Abitazione privata	buone	Area urbana		Battisti

### 2.2.2 Analisi

I risultati presentati nel report di riferimento sono ottenuti da analisi di sezioni metallografiche e LVSEM-EDXS di taluni di questi campioni, in tutti i casi frammenti di intonaco con tracce di degrado superficiale. Approfondimenti futuri riguarderanno lo studio di altre tipologie di campioni.

## 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati sperimentali ottenuti dalle analisi sui campioni prelevati da edifici, pur con i limiti interpretativi evidenziati, essenzialmente legati alla mancanza di informazioni circostanziate sulla storia manutentiva degli edifici stessi, mostrano una notevole potenzialità quali testimoni di condizioni ambientali pregresse. Tali aspetti potranno dunque essere pienamente sfruttati ai fini degli studi ambientali seguendo diverse direzioni. In primo luogo i dati ottenuti e qui illustrati indicano l'importante ruolo nei fenomeni di deposizione del traffico veicolare, vista la presenza di residui evidentemente riconducibili a usura del sistema frenante e emissione di materiale del catalizzatore. Sono stati inoltre individuati depositi contenenti particelle di acciaio inossidabile, la cui origine rimane da indagare, con potendosi peraltro escludere anche in tal caso una qualche fenomenologia tribologia. Sarà interessante approfondire se il rilascio di nanoparticelle da parte dei supporti catalitici per autotrazione sia fenomeno ineliminabile o legato a non appropriate condizioni di esercizio, migliorabili facilmente con un occhio di riguardo inquadrati nel più ampio contesto delineato dall'insieme di metodologie di indagine e modellazione poste in essere nel presente progetto. Dalla integrazione dei risultati ottenuti dalle altre azioni del Progetto emergeranno importanti riscontri, grazie in particolare alla lettura sinottica dei dati empirici e di modellazione. La modellazione oltre a trarre dei riscontri certi di determinati scenari potrà individuare altri siti sensibili, sui quali concentrare futuri sforzi di ricerca.

# UN APPROCCIO INTEGRATO PER LA VALUTAZIONE DEL RUOLO LOCALE DI UN'ACCIAIERIA NEL CASO DI INCIDENZA AMBIENTALE NON DOMINANTE

## 1. INTRODUZIONE

L'impianto di Borgo Valsugana rappresenta un caso di studio interessante per la messa a punto di un metodo di analisi dell'impatto ambientale e del rischio per la salute di un'acciaieria nel caso di incidenza locale tale da non essere immediatamente valutabile da un'alterazione significativa dei parametri ambientali della zona. La ricerca svolta ha da più punti di vista evidenziato che la presenza di inquinanti nella zona non vede l'impianto come fonte emissiva dominante. In un caso del genere è quindi stato necessario sviluppare un approccio integrato che viene ripercorso nel presente articolo mediante un'analisi critica volta a permetterne la replicabilità. In particolare, la complessità dell'approccio dipende anche dalla presenza di emissioni diffuse di difficile determinazione.

## 2. MATERIALE E METODI

Gli aspetti considerati sono stati i seguenti:

- Individuazione delle fonti emissive dell'impianto
- Raccolta dei dati ambientali di interesse (emissioni e immissioni)
- Modellazione delle emissioni sulla base della configurazione attuale
- Caratterizzazione degli aghi di conifere (microinquinanti organici e inorganici)
- Caratterizzazione dei fanghi di depurazione (PCDD/F e PCB)
- Caratterizzazione dei suoli (PCDD/F, PCB, IPA)
- Caratterizzazione di microinquinanti in aria ambiente (microinquinanti organici e inorganici, numero di particelle) mediante strumentazione fissa e mobile
- Caratterizzazione dei sedimenti di uno stagno
- Caratterizzazione del ruolo della combustione della legna mediante traccianti
- Caratterizzazione delle deposizioni atmosferiche (microinquinanti organici e inorganici)
- Individuazione dell'inquinante principale in termini di rischio per la salute



- (previa selezione dei parametri tossicologici di interesse)
- Confronto dell'incidenza con altri casi di studio
  - Modellazione passata (ricostruzione storica della configurazione dell'impianto ed evoluzione della normativa)

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

L'analisi delle fonti emmissive dell'impianto ha evidenziato un aspetto originale che il settore non ha ancora approfondito adeguatamente. Negli ultimi anni è stato infatti dimostrato che è possibile avere un rilascio di PCDD/F in atmosfera mediante strippaggio a temperature relativamente basse di tali inquinanti da materiali contaminati. Nel caso delle acciaierie che operano un raffreddamento delle scorie all'aperto è potenzialmente possibile avere un fenomeno di tale tipo; tale flusso di PCDD/F è di difficile determinazione, ma può essere misurato insieme ad altre deposizioni mediante l'utilizzo di deposimetri posizionati in maniera strategica sul territorio.

La raccolta dei dati ambientali di interesse (immissioni ed emissioni) ha permesso la ricostruzione del quadro ambientale ed emissivo al/ai camino/i. Per questa tipologia di impianti è particolarmente importante recuperare informazioni relative agli anni passati, dato che il settore è stato caratterizzato da rilasci di PCDD/F anche di ordini di grandezza superiori a quelli ottenibili mediante l'applicazione delle più recenti BAT. Per quanto riguarda il presente, è necessario poter ricostruire il regime emissivo su base annuale. In mancanza di adeguate informazioni è necessario programmare le attività tenendo conto dei lunghi tempi necessari per completare il quadro emissivo.

La modellazione delle emissioni sulla base della configurazione attuale è complicata dal fatto che mentre i flussi di inquinanti al camino possono essere noti con adeguata affidabilità, quelli diffusi possono essere calibrati solo con l'utilizzo di informazioni addizionali generate *ad hoc* e mediante l'individuazione di traccianti.

In tal senso la caratterizzazione delle deposizioni atmosferiche (microinquinanti organici e inorganici) permette di disporre di informazioni su potenziali traccianti quali PCDD/F, PCB e specifici metalli pesanti. Se l'incidenza di uno di questi inquinanti è bassa, si può contare eventualmente sul ruolo di uno degli altri. Nel caso in esame è risultato utile il ruolo dei PCB.

In zone dove la combustione locale della legna è significativa, è importante verificare mediante l'utilizzo di un tracciante (*il levoglucosano*) quanto è rilevante questo tipo di fonte. Questo contributo non è importante solo in termini di particolato atmosferico, ma anche in termini di PCDD/F. Si tratta di informazioni utili alla corretta interpretazione del ruolo delle varie fonti emmissive presenti in zona, come dimostrato nel caso di studio.

Più in generale, la caratterizzazione di microinquinanti in aria ambiente (microinquinanti organici e inorganici, numero di particelle) mediante strumentazione fissa e mobile fornisce ulteriori elementi per comprendere l'incidenza dell'impianto.

Per quanto riguarda le particelle ultrafini, il loro utilizzo ai fini della calibrazione della modellazione non è ancora possibile, ma la generazione di dati con impianto acceso e spento permette di valutare se l'impianto è responsabile di concentrazioni di particelle (in numero) potenzialmente pericolose per la popolazione della zona.

L'uso di uno strumento mobile, il GRIMM ad alto numero di classi granulometriche, ha permesso di avere un primo approccio semplificato per verificare se ad impianto acceso

e spento si osservano significative differenze attribuibili all'acciaieria.

La caratterizzazione degli aghi di conifere (microinquinanti organici e inorganici) eventualmente presenti in zone interessate e non interessate dalle emissioni dell'impianto può fornire informazioni per confrontare più siti con riferimento sia all'incidenza attuale, sia a quella passata. Nel caso di studio è stato possibile evidenziare il ruolo avuto dall'introduzione delle BAT.

In merito alla modellazione riferita alle configurazioni passate, in generale sono notevoli le incertezze relative ai flussi emessi in condizioni di esercizio. E' perciò opportuno produrre mappe di deposizione e concentrazione con riferimento ai valori autorizzati, in modo da verificare se l'esposizione passata avrebbe potuto raggiungere livelli pericolosi e soprattutto in che zone.

Riguardo quest'ultimo aspetto, la caratterizzazione della presenza di PCDD/F e PCB nei fanghi di depurazione generati nella zona interessata e non dall'impianto ha costituito un metodo originale per verificare che non ci siano o non ci siano state emergenze in termini di rischio per la salute.

Più convenzionale è l'approccio basato sulla caratterizzazione dei suoli, guidata dalla modellazione riferita al passato. In realtà si è ritenuto opportuno campionare i suoli tenendo conto anche della configurazione attuale, per controllare che negli anni futuri l'impatto dell'impianto non cambi.

La caratterizzazione dei sedimenti di uno stagno, se presente in zona, permette di verificare ulteriormente quanto l'esposizione passata è cambiata rispetto a quella presente. Nel caso di studio si è potuto osservare un abbassamento dell'incidenza dell'impianto nei tempi più recenti.

L'insieme di tutte queste informazioni ha permesso l'individuazione dell'inquinante principale in termini di rischio per la salute (previa selezione dei parametri tossicologici di interesse). Al riguardo deve essere sottolineato che è opportuno sviluppare considerazioni di rischio per la salute nelle ipotesi più cautelative in termini di uso del suolo, in quanto impianti come le acciaierie permangono per decenni nello stesso sito e quindi nei dintorni le caratteristiche del territorio possono cambiare anche significativamente.

Infine, un confronto dell'incidenza con altri casi di studio è utile anche in chiave di comunicazione dei risultati.

# UN APPROCCIO A PIÙ STADI PER LA COMPARAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE LOCALE DI EMETTITORI PUNTUALI

## 1. INTRODUZIONE

L'acciaiera di Borgo Valsugana è caratterizzata da diversi punti di emissione. Il suo impatto è dato dalla sovrapposizione di emissioni da sorgenti puntuali e diffuse. In tale ambito è utile stimare l'incidenza che i suoi camini principali possono avere localmente per specifici inquinanti, confrontando tale incidenza con altri casi di studio. Ciò per verificare se la combinazione dei parametri progettuali e gestionali che riguardano i camini dell'impianto costituiscono un mix di scelte ottimizzate. Per tale motivo è stato messo a punto un metodo a più stadi per la comparazione delle prestazioni ambientali di diverse tipologie di impianti. La pubblicazione è stata realizzata con riferimento a trattamenti termochimici di rifiuti in quanto nella prima fase della ricerca sull'acciaiera di Borgo Valsugana non erano ovviamente disponibili i risultati della modellazione di dispersione degli inquinanti convogliati. Alcuni aspetti di questo metodo sono stati utilizzati successivamente nello svolgimento della ricerca.

## 2. MATERIALE E METODI

La metodologia utilizzata per lo sviluppo della presente pubblicazione ha riguardato sette step:

- Selezione di un caso di studio
- Estrazione dei parametri di interesse
- Validazione dei parametri selezionati
- Individuazione degli impianti da confrontare
- Stima dell'immissione degli inquinanti (incidenza nella zona di massimo impatto, valutata in particolare sulla base del coefficiente di diluizione degli inquinanti in atmosfera)
- Individuazione dei valori di riferimento per la qualità dell'aria
- Confronto dell'impatto ambientale locale

### **3. RISULTATI E DISCUSSIONE**

I contenuti e i risultati della pubblicazione hanno offerto, da un lato, una visione originale di un settore (la termovalorizzazione di rifiuti) che è d'attualità per il territorio trentino e, dall'altro, hanno messo a disposizione un approccio che in parte è stato utilizzato per un'ulteriore pubblicazione comparativa incentrata sul caso dell'acciaiera di Borgo Valsugana.

In particolare, il metodo è stato sviluppato al fine di favorire una corretta comunicazione dell'incidenza ambientale dell'impianto di Borgo.

Per quanto riguarda il settore della termovalorizzazione, la pubblicazione ha dimostrato per la prima volta, in una rivista internazionale con *peer-review*, l'equivalenza delle prestazioni della combustione diretta di rifiuti urbani residui con le prestazioni di soluzioni innovative (gassificazione e/o pirolisi). Ciò conferma la correttezza dell'approccio adottato da APPA nell'ultimo bando riguardante l'impianto di Ischia Podetti, dove non è stata posta una limitazione a priori nella proposta tecnologica.

# UN APPROCCIO MULTISTADIO PER L'INDIVIDUAZIONE DELL'INQUINANTE PRIORITARIO IN TERMINI DI RISCHIO PER LA SALUTE IN UNA ZONA ESPOSTA AD UNA SORGENTE DI EMISSIONI DIFFUSE POTENZIALMENTE RILEVANTE

## 1. INTRODUZIONE

Dal punto di vista metodologico lo studio dell'impatto sulla salute di IATP (composti inorganici in traccia quali metalli pesanti, organici, aromatici e poliaromatici, non alogenati e alogenati, quali diossine e furani) non può prescindere dalla valutazione dei percorsi multipli d'impatto con i quali queste sostanze sviluppano effetti sui soggetti esposti. In particolare, le caratteristiche di persistenza e cumulabilità e le capacità di trasferimento nell'ambiente che li caratterizzano rendono assai significativi quei percorsi di esposizione indiretta (ingestione di terreno contaminato e contatto dermico con esso, assunzione con la dieta) che presentano, viceversa, scarsa rilevanza per i macroinquinanti convenzionali (ad esempio SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, COV reattivi) di norma trasformati e rimossi dall'atmosfera senza che si attivino nuovi percorsi di impatto diversi dall'inalazione.

Sulla base di tali premesse, l'approccio metodologico per l'analisi quantitativa dei rischi per la salute è normalmente articolato su un insieme di valutazioni in serie che comprende essenzialmente:

- identificazione degli IATP emessi dalla sorgente;
- definizione del regime di emissione e delle principali caratteristiche in grado di influenzare il trasporto e la diffusione atmosferica (ripartizione gas/polveri, distribuzioni granulometriche per inquinanti veicolati dal particolato emesso);
- valutazione della diffusione atmosferica e del deposito al suolo degli inquinanti;
- valutazione, a partire dalla presenza nel suolo, del trasporto e della diffusione nei comparti ambientali di potenziale interesse per l'interazione con il soggetto esposto (ad es. catena alimentare, terreno);
- identificazione dei percorsi di esposizione dei soggetti esposti e quantificazione dell'esposizione stessa e della dose di inquinante assunta.

Le cose si complicano se il caso di studio è caratterizzato da emissioni diffuse potenzialmente rilevanti, a composizione ipoteticamente variabile, in sovrapposizione ad emissioni convogliate e caratterizzate in maniera discontinua. Il presente lavoro analizza il caso dell'acciaiera di Borgo Valsugana mediante un approccio a più livelli, con lo scopo di individuare l'inquinante prioritario nei percorsi di esposizione multipla a sostanze cancerogene, appunto in un caso caratterizzato da emissioni a composizione variabile, convogliate e non convogliate. Ciò al fine di individuare criteri semplificati per controlli integrativi non convenzionali.

## 2. MATERIALE E METODI

L'approccio multifase ha previsto i seguenti approfondimenti:

- 1) confronto tra margini percentuali di deposizione di inquinanti cancerogeni e deposizioni limite; i dati disponibili sono stati prodotti in più siti per un periodo variabile; si è preferito sviluppare l'approfondimento con riferimento ai siti caratterizzati per almeno 1 anno;
- 2) confronto tra PCDD/F e PCB nei fanghi di depurazione generati dalla popolazione della zona esposta all'impianto;
- 3) confronto tra PCDD/F e PCB nel primo e ultimo strato di una carota di sedimenti estratti da uno stagno ubicato in zona significativa;
- 4) confronto tra PCDD/F e PCB in aghi di pino risalenti al 2005 e al 2011, in 4 siti della zona;
- 5) confronto tra PCDD/F e PCB nei suoli in 10 siti della zona;
- 6) concentrazioni rischio inalatorio da metalli in aria ad impianto acceso e spento in sito significativo;
- 7) tossicità umana (al camino);
- 8) modellazione di diffusione: deposizione stimata vs deposizione limite PCDD/F e PCB;
- 9) confronto deposizione estiva CRZ (attribuita al solo impianto): vari inquinanti, valori supposti rappresentativi dell'intero anno.

## 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

La Tab. 1 sintetizza i risultati trovati.

App.	Evidenze	Note
1	Le deposizioni medie di PCDD/F rilevate presso le scuole elementari e il CRZ di Borgo Valsugana sono risultate rispettivamente pari al 47% e al 67% del valore limite calcolato; le deposizioni medie di cadmio presso le scuole di Borgo Valsugana, il CRZ di Borgo Valsugana e il campo sportivo di Roncegno sono risultate rispettivamente pari all'84%, 86% e 95% del valore limite su base annua assunto da Austria e Svizzera.	Esposizione complessiva a microinquinanti organici e inorganici

2	La concentrazione, in termini di tossicità equivalente, di PCDD/F nel campione di fanghi prelevato presso il depuratore di Villa Agnedo (2,18 ng WHO-TEQ kg <sup>-1</sup> <sub>SS</sub> ) è risultata doppia rispetto a quella dei PCB (1,04 ng WHO-TEQ kg <sup>-1</sup> <sub>SS</sub> ).	Esposizione complessiva a PCDD/F e PCB
3	La concentrazione, in termini di tossicità equivalente, di PCDD/F all'interno dello strato superficiale della carota di sedimenti è risultata pari a 12,9 volte quella dei PCB. La bassa concentrazione di PCDD/F all'interno dell'ultimo strato (inferiore al limite di rilevabilità) non consente di effettuare il medesimo confronto.	Esposizione complessiva a PCDD/F e PCB
4	Il rapporto tra le concentrazioni (in termini di tossicità equivalente) di PCDD/F e PCB, rilevate nei quattro campioni di aghi di abete rosso del 2011, varia da un minimo di 8,8 (campione raccolto in Viale Piave a Borgo Valsugana) ad un massimo di 22,5 (campione raccolto presso la scuola elementare di Roncegno), con un valore medio di 12,5. Il rapporto tra le concentrazioni dei due inquinanti per gli aghi di abete risalenti al 2005/2006 è compreso tra un minimo di 4,9 (campione raccolto presso la centralina APPA di Borgo Valsugana) e un massimo di 9,5 (campione relativo al centro sportivo di Borgo Valsugana), con un valor medio di 7,4.	Esposizione complessiva a PCDD/F e PCB
5	Il rapporto tra le concentrazioni totali (in termini di tossicità equivalente) tra PCDD/F e PCB presenti nei 10 campioni di suolo è risultato compreso tra 9,1 e 21,5.	Esposizione complessiva a PCDD/F e PCB
6	Dalle analisi effettuate, non appare chiaro il ruolo dell'acciaieria: i rapporti tra le concentrazioni dei metalli monitorati ad impianto spento e le concentrazioni misurate durante i periodi di funzionamento dell'impianto sono addirittura tutti superiori a 1, fatta eccezione per rame (0,01), manganese (0,98) e cadmio (rapporto pari a 1). Il rapporto tra le concentrazioni dell'arsenico, altro metallo cancerogeno oltre al cadmio, è risultato 2,11. Il ruolo dell'impianto sembra leggermente più definito in termini di concentrazioni di PM <sub>1</sub> misurate: le concentrazioni in massa ad impianto acceso risultano 1,1 volte superiori rispetto alla situazione con impianto spento; in termini di numero di particelle per unità di volume, il rapporto è simile e pari a 1,2.	Confronto tra le concentrazioni di metalli pesanti e particolato fine ad impianto acceso e spento
7	Applicando i fattori di tossicità relativi all'1,4-	Tossicità potenziale dalle

	diclorobenzene, le emissioni al camino registrate nel corso del 2009 hanno visto i PCDD/F prevalere rispetto agli altri inquinanti; nel corso del 2010, invece, le emissioni equivalenti di PCDD/F risultano leggermente inferiori a quelle del cadmio, che divengono prevalenti.	emissioni convogliate
8	La deposizione di PCDD/F, stimata sulla base delle emissioni misurate dell'acciaieria, risulta inferiore al valore limite calcolato, fatta eccezione per una zona circoscritta intorno all'impianto (nel raggio di 300-400 m), ove la deposizione può risultare superiore anche di 4 volte il valore limite. Analogamente, la deposizione di PCB stimata sulla base delle emissioni misurate risulta superiore al limite di deposizione (stimato di un ordine di grandezza inferiore rispetto a quello per diossine) in una zona molto limitata a sud-ovest dell'impianto ed adiacente ad esso. Da notare che la deposizione di PCDD/F stimata sulla base delle massime emissioni autorizzate, invece, risulta superiore al limite entro un raggio di 2-3 km dall'impianto.	Rischio potenziale da deposizioni dell'impianto
9	Le deposizioni misurate presso il CRZ di Borgo Valsugana durante la stagione estiva mostrano un'incidenza maggiore dei PCDD/F in termini di rischio cancerogeno. Tramite le informazioni sui tempi di dimezzamento delle concentrazioni al suolo e i fattori di tossicità degli inquinanti monitorati (PCDD/F, PCB, IPA e metalli), il maggior rischio cancerogeno ( $1,55E-06$ ) è stato determinato per PCDD/F, seguite dal benzo(a)pirene ( $4,02E-07$ ) e dai PCB ( $2,81E-07$ ).	Rischio potenziale da deposizioni dell'impianto

Da questo approccio multiplo l'inquinante prioritario è risultato PCDD/F. Per quanto riguarda gli altri inquinanti, si segnala che il cromo esavalente, pur non essendo stato trovato nei suoli caratterizzati, è associato ad una autorizzazione al camino troppo permissiva, tenendo conto degli obiettivi di qualità ambientale attuali. E' quindi importante prevedere o una revisione di tale autorizzazione, o una caratterizzazione periodica per verificare l'assenza di criticità per la salute della popolazione.

La presente sintesi darà luogo ad un articolo da sottoporre a rivista con *peer-review*. L'articolo potrà essere completato solo dopo la pubblicazione di alcuni degli altri lavori programmati sul caso Borgo Valsugana, dovendo infatti citare le analisi di un'articolata serie di approfondimenti.



# INDIVIDUAZIONE DI SITUAZIONI POTENZIALMENTE ANOMALE IN TERMINI DI ESPOSIZIONE UMANA A PCDD/F E PCB, MEDIANTE CARATTERIZZAZIONE DI FANGHI DI DEPURAZIONE CIVILI

## 1. INTRODUZIONE

Tra gli Inquinanti Organici Persistenti (IOP), le diossine e i furani (PCDD/F), insieme ai policlorobifenili (PCB) sono considerati i composti più tossici e più diffusi.

Tre depuratori per acque reflue civili, situati al di fuori dell'area di influenza dell'acciaieria di Borgo Valsugana, sono stati scelti come riferimento di background per valutare il contenuto di IOP all'interno dei fanghi di depurazione. Un altro impianto di depurazione, che riceve le acque reflue dalle località prossime all'acciaieria, è stato assunto come rappresentativo della popolazione esposta all'assunzione di IOP rilasciati dallo stabilimento. I campioni di fango raccolti sono stati analizzati e i risultati sono stati discussi al fine di valutare indirettamente la presenza di eventuali anomalie nella catena alimentare, dovute all'esposizione della popolazione a PCDD/F e PCB.

## 2. MATERIALI E METODI

La regione circostante l'acciaieria ospita diversi campi coltivati ed allevamenti di bestiame. Il consumo di frutta, verdura, carne e latticini prodotti localmente può quindi essere significativo. Tale considerazione è importante alla luce del fatto che più del 90% dell'assunzione media giornaliera di PCDD/F si stima derivi dal consumo di cibo: per le loro proprietà lipofile, infatti, questi composti tendono ad accumularsi nei tessuti adiposi dei prodotti consumati. L'assimilazione di PCDD/F e PCB da parte dei tessuti umani, inoltre, può risultare anche superiore all'80% dell'input in condizioni di elevata assunzione di tali sostanze.

L'impianto di depurazione di Villa Agnedo è stato assunto come rappresentativo della popolazione esposta. La scelta è stata compiuta sulla base del bacino di utenza del depuratore, che include le località direttamente esposte alle emissioni dell'acciaieria, come evidenziato dai risultati della modellazione. I tre depuratori di background, invece, sono stati individuati negli impianti di Pieve Tesino, Castello Tesino e Levico

Terme, in quanto il loro bacino di utenza è rappresentato dalla popolazione residente al di fuori dell'area di influenza dell'acciaieria.

Quattro campioni di fango di depurazione, del volume di 2 l ciascuno, sono stati prelevati dai quattro depuratori all'inizio di dicembre 2011. Tale periodo di campionamento è stato scelto in modo da escludere i picchi turistici estivi e delle vacanze natalizie, al fine di evitare l'effetto di diluizione provocato dal contributo di una popolazione estranea alla regione e non esposta alle emissioni dell'acciaieria. La scelta di prelevare campioni di fango, anziché di acqua reflua, è legata al fatto che i fanghi sono più concentrati in IOP rispetto all'acqua. I campioni sono stati prelevati prima del condizionamento chimico con polielettroliti, in quanto tali sostanze, essendo prodotti di sintesi, possono contenere PCDD/F ed incrementarne il contenuto nei fanghi.

L'umidità dei campioni è stata valutata secondo il metodo EN 14346:2007; i contenuti di PCDD/F e PCB sono invece stati misurati tramite le metodologie EPA 1613B e 1668B.

### **3. RISULTATI E DISCUSSIONE**

Le concentrazioni totali di PCDD/F misurate sul campione di Villa Agnedo sono risultate leggermente superiori a quelle degli altri impianti di depurazione, con i congeneri 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD e OCDD predominanti. Al contrario, in termini di tossicità equivalente, il campione di Villa Agnedo mostra il minor contenuto di PCDD/F rispetto agli altri. Considerando che le concentrazioni in termini di tossicità equivalente sono proprio correlabili alla tossicità per l'uomo, nessuna chiara anomalia può essere riscontrata all'interno della catena alimentare per la popolazione potenzialmente esposta.

I risultati riflettono il fatto che le deposizioni di PCDD/F nell'area circostante l'acciaieria sono sostanzialmente basse e possono essere considerate simili a quelle che normalmente si riscontrano in aree rurali. La combustione della legna, pratica diffusa per il riscaldamento domestico nelle regioni montane, può avere avuto una certa influenza nel rendere equiparabili i livelli di PCDD/F riscontrati.

Riguardo ai PCB, è stato osservato un comportamento leggermente differente dai PCDD/F: in termini di concentrazioni assolute, il campione di Villa Agnedo presenta una concentrazione totale tra 2,7 e 4,8 volte superiore agli altri campioni; lo stesso campione di fango mostra anche una concentrazione totale in termini di tossicità equivalente che è leggermente superiore agli altri campioni, anche se la concentrazione del congenere più tossico (PCB 126) risulta maggiore per il campione relativo al depuratore di Levico. Quest'ultima differenza può essere spiegata con il differente grado di urbanizzazione, comparato ai casi di Pieve Tesino e Castello Tesino.

Assumendo accettabile l'assunzione giornaliera di IOP per le persone residenti nelle tre aree di background individuate (a causa dell'assenza di rilevanti sorgenti di IOP), il fatto che i fanghi prodotti dalla popolazione potenzialmente esposta alle emissioni dell'acciaieria presentino concentrazioni simili agli altri campioni dimostra l'assenza di anomalie nei livelli di IOP nell'area.

Per valutare l'affidabilità del metodo proposto, è stata compiuta un'analisi di sensibilità. Tale analisi ha evidenziato come il metodo sia in grado di evidenziare situazioni di esposizione permanente a livelli di IOP superiori a quelli normalmente riscontrati in

aree prive di rilevanti sorgenti di emissione; difficoltà nell'interpretazione dei risultati possono sorgere, invece, in presenza di episodi acuti di esposizione, ai quali corrispondono tassi di eliminazione degli IOP, attraverso le feci, che possono anche risultare pari al solo 20% del tasso di ingestione. Tale fenomeno è spiegabile con il processo di accumulo a cui vanno incontro gli IOP nel sangue e, quindi, con la capacità di equalizzare, da parte dell'organismo, i picchi di esposizione. Una replica delle analisi dei fanghi in caso di risultati anomali favorisce una corretta applicazione del metodo. Nel caso in esame ciò non è necessario.

# CARATTERIZZAZIONE DI PCDD/F E PCB IN AGHI DI ABETE PER INDIVIDUARE EVENTUALI CRITICITÀ ESPOSITIVE

## 1. INTRODUZIONE

Diversi studi hanno dimostrato che gli aghi di conifere sono in grado di accumulare molti composti organici semi-volatili (COV), compresi diclorodifeniltricloroetano (DDT) and Esaclorocicloesano (HCH), Policlorurati (PCB), gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), e le dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans policlorurati (PCDD/F). Le conifere, essendo specie sempreverdi, possono accumulare inquinanti organici persistenti (POP) per diversi anni. Inquinanti gassosi penetrano aghi attraverso gli stomi e si diffondono fra gli spazi intercellulari grazie alla fotosintesi.

Gli aghi delle conifere come campioni passivi sono influenzati da una serie di fattori: specie, età degli aghi, il contenuto e la natura, fattori aerodinamici, temperatura e precipitazioni, e la posizione degli aghi all'interno della foresta. Questo studio, integrandosi con un altro orientato allo studio degli inquinanti inorganici, propone un confronto tra i valori di deposizione di PCDD/F e PCB, sugli aghi di abeti di quattro punti selezionati nella zona dell'acciaieria di Borgo Valsugana.

Per la scelta degli anni da caratterizzare è stato necessario ricostruire la storia dell'impianto dal punto di vista emissivo e verificare quali periodi rilevanti possono essere analizzati tramite il campionamento di aghi.

## 2. MATERIALI E METODI

L'impianto di Borgo Valsugana è in funzione dal 1978. Nel corso degli anni l'impianto ha introdotto numerose modifiche per ridurre le sue emissioni (puntuali e diffuse).

Dal 1990 l'impianto è caratterizzato da due linee: una per le emissioni primarie e una parte di quelle secondarie, e una solo per le emissioni secondarie. A ciò si aggiungono le emissioni diffuse. Nell'anno 2009, con l'adozione di BAT, questa configurazione è migliorata dall'introduzione di una lancia ad ossigeno.

Per lo sviluppo della ricerca, sulla base dei risultati della modellazione di dispersione e deposizione, sono stati selezionati 4 siti di campionamento, 3 ad est-nord-est dello stabilimento e 1 ad ovest. Dai rami dello stesso albero, sono stati prelevati due diversi campioni, di due epoche distinte: il 2011 e il 2005. Ogni campione analizzato ha avuto un peso fresco di circa 250 grammi. Le analisi condotte hanno riguardato la

concentrazione di PCDD/F e di PCB dioxin-like. Per eseguire le analisi sono stati seguiti i protocolli EPA 1613 e EPA 1994 b 1668 b 2008.

### **3. RISULTATI E DISCUSSIONE**

Le concentrazioni rilevate sono molto basse, come testimoniano i molti valori al di sotto livello di rilevabilità, 110 su 136 per PCDD/F e 53 su 96 per PCB. Ciò può essere dovuto al fatto che l'impianto è l'unica vera fonte di inquinamento significativa della zona. Le basse concentrazioni sono dimostrate anche da un confronto con le quantità di inquinanti misurate su un campione di aghi raccolti in Denali National Park (Alaska) e soggette alla stessa analisi. Tale confronto deve essere comunque considerato in termini di ordine di grandezza, data la differenza dei siti di campionamento.

Non sempre le concentrazioni del 2005 sono superiori a quelle del 2011. Ciò dipende anche dai limiti degli aghi come campionatori passivi: in letteratura è segnalato che i risultati più affidabili si ottengono paragonando le concentrazioni rilevate nello stesso anno in siti diversi di una stessa area. Nel presente studio i valori di concentrazione più significativi sono quelli che si trovano nel campione numero 4, a Roncegno. Per entrambi gli anni, 2005 e 2011, le concentrazioni dei campioni, espressi come TEQ, sono risultate maggiori di quelle degli altri alberi selezionati. E' anche importante notare che l'abete numero 4 è l'unico che si trova ad ovest dell'impianto. I valori di deposizione di PCDD/F in tale zona sono peraltro risultati superiori a quelli dei siti ad est dell'impianto. La modellistica di dispersione e deposizione ha evidenziato che la sola incidenza dell'impianto non può spiegare tale fenomeno. Deve essere presente una ulteriore fonte locale di PCDD/F. Per quanto riguarda i PCB, la loro tossicità è sempre risultata inferiore a quella dei PCDD/F.

# VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELL'ACCIAIERIA SUL TERRITORIO NEL TEMPO BASATO SU CAMPIONATORI NATURALI – AGHI DI CONIFERE: IMPLEMENTAZIONE E RISULTATI DELL'INDAGINE

## 1. INTRODUZIONE

Lo scopo del presente lavoro è la verifica dell'efficacia delle strategie di riduzione delle emissioni dell'impianto siderurgico sito in Borgo Valsugana (TN) attuate negli ultimi anni tramite analisi del particolato atmosferico depositato su aghi di conifere presenti nell'area. Come è emerso in fase di pianificazione dell'indagine la metodologia permette, con opportuna scelta dei siti di campionamento, di avere un dato spaziale relativo al territorio e in particolare alla distanza dall'impianto a cui certi inquinanti caratteristici del processo siderurgico vengono riscontrati, nonché di studiare come nel tempo sia cambiata o meno la concentrazione del particolato oggetto dello studio grazie al fatto che le conifere ogni anno espongono nuovi aghi chiaramente identificabili.

La tipologia di inquinanti investigata è quella del particolato atmosferico inorganico e in particolare di quello che contiene i metalli pesanti emettibili da acciaierie con forni ad arco: Mn, Zn, Fe, Cr e Pb.

Per rendere la valutazione più oggettiva i dati vengono confrontati con le misure acquisite su campioni di aghi di abete rosso provenienti da una località incontaminata dell'Alaska, USA.

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 Campionamento

Aghi di conifere, sono stati campionati a distanza crescente dall'acciaieria (sorgente puntiforme) e a posizioni diverse sullo stesso ramo di un albero in modo da avere campioni di età diverse (aghi dell'anno in corso e aghi del 2005) secondo i canoni degli studi di gradiente. Due diversi gradienti sono stati seguiti perpendicolarmente alla direzione principale del vento, in modo da avere alle diverse distanze un pari contributo da altri impianti produttivi localizzati nel territorio di Borgo Valsugana. Per ogni

gradiente a partire dall'acciaieria sono stati scelti due siti in cui sono stati raccolti campioni compositi di aghi di una certa annata.

## 2.2. *Analisi*

In laboratorio ogni campione è stato suddiviso in tre sottocampioni. Il primo sottocampione è stato utilizzato per l'analisi del particolato depositato sugli aghi tramite microscopia elettronica a scansione accoppiata a microsonda elettronica (SEM-EDXS). Gli aghi di tale sottogruppo non hanno subito nessun pre-trattamento e sono stati esaminati in modalità a basso vuoto. Gli altri due sottocampioni sono stati utilizzati rispettivamente per misurare la concentrazione totale di inquinanti (somma della concentrazione interna di un certo elemento più quella depositata sulla superficie) e la concentrazione interna degli inquinanti tramite fluorescenza ai raggi X (XRF) e spettroscopia atomica di emissione (ICP-AES). Il gruppo destinato alla concentrazione totale è stato seccato in forno a 70°C e polverizzato; una parte della polvere è stata utilizzata per la produzione di una pastiglia per l'XRF mentre l'altra parte è stata digerita con acido nitrico, solforico e perossido di idrogeno in apparato microonde e la soluzione ottenuta analizzata tramite ICP-AES. Il gruppo per la misura della concentrazione interna è stato lavato con una soluzione 1:1 in volume di toluene:tetraidrofurano, seccato in forno a 70°C, polverizzato e in parte digerito per ICP-AES in parte utilizzato per produrre una pastiglia per l'XRF. Il solvente contenente il residuo di particolato depositato sulla superficie e intrappolato nella cera epicuticolare è stato analizzato con il microscopio elettronico a trasmissione accoppiato a microsonda elettronica (TEM-EDXS) per la caratterizzazione del nanoparticolato dopo deposizione su grigliette con maglia in oro di tipo holey C. Sottraendo dalla concentrazione totale di un certo inquinante quella interna (separatamente per la tecnica ICP-AES e XRF) si è ricavata la quantità di inquinante che raggiunge gli aghi per via atmosferica. Questa quantità è stata utilizzata per fare confronti fra i diversi siti e fra le diverse annate nonché per una comparazione con gli aghi provenienti dall'Alaska. Per escludere che i metalli di possibile provenienza siderurgica fossero legati ad altre forme di inquinamento presenti nel territorio, le tecniche di microscopia elettronica hanno permesso di confermarne o meno la provenienza.

## 3. **RISULTATI E DISCUSSIONE**

Il presente studio ha evidenziato che nei siti indagati il contributo dell'acciaieria all'inquinamento atmosferico non è mai stato particolarmente elevato (per gli anni caratterizzati). Le analisi di singola particella condotte con tecniche di microscopia elettronica hanno permesso di identificare le particelle tipiche del processo siderurgico principalmente nei siti vicini all'impianto. Il medesimo studio ha evidenziato in tutti i siti particolato emesso dal traffico veicolare, in particolare dovuto all'usura di freni, che è da considerarsi quindi un'importante fonte di inquinamento. Particelle di combustione sono state altresì identificate ma per esse non è stato possibile stabilire l'origine di tipo industriale, domestico (combustione di legna) o veicolare.

# CARATERIZZAZIONE DI PCDD/F NEI SUOLI DEL TRENTO

## 1. INTRODUZIONE

L'esposizione della popolazione all'impatto sulla salute dagli inquinanti atmosferici tossici e persistenti (in particolare PCDD/F) avviene secondo percorsi multipli: inalazione, ingestione, contatto dermico, dieta. Per contribuire ad una migliore conoscenza dell'esposizione attuale e passata a tali inquinanti nella provincia di Trento si è valutata come prioritaria la caratterizzazione nel suolo.

L'obiettivo di questo lavoro consiste pertanto nel presentare una panoramica a scala provinciale con particolare riferimento a PCDD/F presenti nei terreni e rilevati in diverse campagne di misura eseguite nell'arco di 10 anni (dall'anno 2002 all'anno 2012). Ciò anche con lo scopo di avere un termine di paragone tra i risultati riscontrati nell'area di Borgo Valsugana e dintorni, interessata dalla presenza di un'acciaieria, e quelli relativi ad altre realtà provinciali. In particolare, nel 2002 e a seguire negli anni dal 2005 al 2010 sono state effettuate alcune campagne di misura mirate all'ottenimento di un background di riferimento in termini di microinquinanti in previsione dell'eventuale costruzione dell'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti ad Ischia Podetti. Nel 2009, inoltre, è stata effettuata una campagna di misura, a cura dell'APPA, per ottenere una caratterizzazione ambientale in Valsugana, nonché presso la città di Trento e dintorni, con lo scopo di individuare eventuali anomalie nell'incidenza dell'acciaieria di Borgo Valsugana in termini emissivi.

Nel 2012, infine, è stata eseguita una campagna di monitoraggio di terreni, a cura del DICA, con l'obiettivo di monitorare l'area circostante l'acciaieria di Borgo Valsugana.

## 2. MATERIALI E METODI

Durante la campagna di monitoraggio del 2002/2003 sono stati eseguiti campionamenti di terreno in tre siti rappresentativi del contesto territoriale ed emissivo (Cadine, area urbana periferica e area urbana di Trento, in funzione della zona di impatto atteso per l'impianto di termovalorizzazione) ed in due periodi temporali rappresentativi del regime meteorologico invernale ed estivo della zona di Trento.

La campagna di monitoraggio 2005/2006 è stata effettuata dal DICA in due siti interessati dal passaggio dell'autostrada, uno a nord e uno a sud rispetto alla città di Trento (i mezzi pesanti con motore diesel possono avere emissioni di PCDD/F localmente potenzialmente significative): in ciascuno dei due siti sono stati individuati tre punti a distanza progressiva dall'asse autostradale (circa 100 metri, 350 metri e 700 metri). Inoltre, sono state effettuate delle misure in due siti dove è disponibile anche il



monitoraggio delle PM<sub>10</sub> (centraline dell'APPA). Pertanto i siti individuati sono i seguenti: Trento Nord, zona Interporto; Trento Sud, loc. Maso Stella; centraline di qualità dell'aria dell'APPA a Gardolo e al Parco S. Chiara (una zona a traffico intenso e una zona di background cittadino); presso il torrente Fersina e nella zona dei Solteri. Nella campagna di misura 2006/2007 sono stati caratterizzati gli stessi siti monitorati nella campagna 2005/2006. Inoltre, sono stati campionati due siti sensibili dal punto di vista ambientale (il biotopo "foci dell'Avisio" ed il biotopo "stagni della Vela"), due punti di interesse nelle vicinanze di Cadine e un ulteriore punto di campionamento nella zona del Sorasass in corrispondenza della zona attesa di massima ricaduta degli inquinanti dell'eventuale termovalorizzatore di rifiuti di Trento.

La campagna di misura svolta sul territorio dei comuni di Zambana, Lavis e Terlago nell'estate del 2009 e nell'inverno del 2010 ha permesso di proseguire la caratterizzazione della situazione ambientale di fondo iniziata nel 2005.

Nell'inverno del 2009, inoltre, l'APPA ha eseguito un'indagine mirata alla misura delle concentrazioni dei microinquinanti inorganici ed organici nel comune di Borgo Valsugana e nei comuni limitrofi. Infine, sempre sul territorio di Borgo Valsugana nelle vicinanze dell'acciaieria e nei comuni limitrofi, il DICA ha effettuato una serie di campionamenti di terreno nella primavera del 2012 per completare il quadro conoscitivo. In quest'ultimo caso, la scelta dei siti di campionamento è stata fatta sulla base dei risultati di una modellazione di dispersione e deposito realizzata all'interno della ricerca interdisciplinare finanziata da APPA nell'ultimo biennio.

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Il monitoraggio effettuato durante il corso degli anni in provincia di Trento presenta valori di PCDD/F nei terreni generalmente bassi in termini di tossicità equivalente (in un intervallo compreso tra 0,09 e 4,86 ng<sub>I-TEQ</sub> kg<sup>-1</sup>), sia in zone vicine ad impianti industriali (Borgo Valsugana, Lavis), sia in zone di tutela ambientale, quali i biotopi e presso aree ricreative (parchi pubblici). Non sono state rilevate situazioni critiche; i margini rispetto al limite previsto dalla normativa per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (pari a 10 ng<sub>I-TEQ</sub> kg<sup>-1</sup> in base al D.Lgs. 152/06) sono adeguatamente ampi. La produzione agricola nelle zone caratterizzate non risulta quindi esposta a presenza di PCDD/F tali da richiedere interventi.

L'articolo che sarà soggetto a *peer review* conterrà, oltre a mappe esplicative, anche un confronto con i valori di PCDD/F nei suoli di Bolzano, un confronto tra PCDD/F e PCB nell'area di Borgo Valsugana e una proposta per caratterizzazioni future.

I valori riscontrati a Trento sono risultati simili a quelli riscontrati a Bolzano nell'ambito di una ricerca effettuata in periodo analogo; in quest'ultimo caso non si sono riscontrate differenze tra siti esposti alle emissioni del termovalorizzatore di Bolzano e siti esterni alla zona di incidenza significativa.

La tossicità associata ai PCB nei suoli dell'area di Borgo Valsugana è risultata sempre inferiore a quella da PCDD/F per gli stessi campioni.

Per quanto riguarda il territorio trentino, si ritiene opportuno selezionare tra i siti caratterizzati quelli che risultano interessanti anche per verifiche volte alla conferma della presenza di concentrazioni modeste di PCDD/F nei suoli.

# CARATTERIZZAZIONE DELLA PRESENZA DI PCDD/F IN ARIA IN TRENTINO

## 1. INTRODUZIONE

Una conoscenza completa dell'esposizione a IATP non può prescindere dalla conoscenza delle concentrazioni di PCDD/F in aria ambiente. Tramite tali valori è infatti possibile verificare se l'uso del suolo di una zona è compatibile con l'inquinamento indotto dalle varie fonti. Rispetto ad una informazione relativa ai suoli, quella relativa alla concentrazione di PCDD/F in aria permette di verificare se esistono eventuali o potenziali criticità a causa della presenza attuale di emettitori che potrebbero non ancora aver alterato la qualità dei suoli. Per tale motivo nella provincia di Trento si è valutata la concentrazione di PCDD/F in vari contesti.

L'obiettivo del presente lavoro consiste pertanto nel presentare una panoramica a scala provinciale con particolare riferimento ai PCDD/F presenti in atmosfera e rilevati in diverse campagne di misura eseguite nell'arco di 10 anni (dall'anno 2002 all'anno 2012). In questo modo è stato possibile avere un termine di paragone tra i risultati riscontrati nell'area di Borgo Valsugana e dintorni e quelli relativi ad altre realtà provinciali. In particolare, nel 2002 e a seguire negli anni dal 2005 al 2010 sono state effettuate alcune campagne di misura per ottenere un background di riferimento in previsione dell'eventuale costruzione dell'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti di Trento. Nel 2009/2010, è stata effettuata una campagna di misura, a cura dell'APPA, in Valsugana e presso la città di Trento e dintorni, per valutare l'incidenza dell'acciaieria di Borgo Valsugana in termini emissivi. Nel 2012, infine, è stata eseguita una campagna di monitoraggio in atmosfera, a cura dell'Istituto Mario Negri di Milano, con l'obiettivo di monitorare l'area circostante l'acciaieria di Borgo Valsugana ad impianto fermo o in funzione.

## 2. MATERIALI E METODI

In molti casi la caratterizzazione dell'aria è stata effettuata in concomitanza di quella dei suoli. Come spiegato sopra le due informazioni ottenibili sono diverse in termini di arco temporale di interesse.

Durante la campagna del 2002/2003 sono stati eseguiti campionamenti in atmosfera in tre siti rappresentativi del contesto territoriale ed emissivo (Cadine, area urbana periferica e area urbana di Trento) ed in due periodi temporali rappresentativi del regime meteorologico invernale ed estivo della zona di Trento.

La campagna del 2005/2006 è stata effettuata dal DICA in due siti interessati dal passaggio dell'autostrada: un sito a nord e uno a sud rispetto a Trento: in ciascuno dei due siti sono stati individuati tre punti a distanza progressiva dall'asse autostradale (circa 100 metri, 350 metri e 700 metri). Inoltre, sono state effettuate delle misure in due siti dove è disponibile anche il monitoraggio delle  $PM_{10}$  (centraline dell'APPA). Pertanto, i siti individuati sono stati i seguenti: Trento Nord, zona Interporto; Trento Sud, loc. Maso Stella; centraline di qualità dell'aria dell'APPA a Gardolo e al Parco S.Chiera (una zona a traffico intenso e una zona di background cittadino). Nella campagna di misura 2006/2007 sono stati caratterizzati gli stessi siti monitorati nella campagna 2005/2006.

La campagna di misura svolta sul territorio dei comuni di Zambana, Lavis e Terlago nell'estate del 2009 e nell'inverno del 2010 ha permesso di proseguire la caratterizzazione della situazione ambientale di fondo iniziata nel 2005.

Nell'inverno 2009/2010, inoltre, l'APPA ha eseguito un'indagine nel comune di Borgo Valsugana e nei comuni limitrofi.

Infine, sempre sul territorio di Borgo Valsugana nelle vicinanze dell'acciaieria e nei comuni limitrofi, l'Istituto Mario Negri ha effettuato una serie di campionamenti in atmosfera nella primavera del 2012.

Una misura spot è stata inoltre effettuata nel 2004 presso la Facoltà di Ingegneria ( a Mesiano).

### **3. RISULTATI E DISCUSSIONE**

Il monitoraggio effettuato durante il corso degli anni in provincia di Trento presenta valori di PCDD/F in aria relativamente bassi in termini di tossicità equivalente, sia in area urbana che in area di background rurale, in linea con i valori riscontrati in altre città italiane caratterizzate.

In particolare, si è osservato un significativo incremento delle concentrazioni invernali rispetto a quelle estive, a causa della presenza di combustioni domestiche (in particolare la combustione della legna una fonte di emissione di PCDD/F).

Le concentrazioni estive sono risultate normalmente nell'ordine di qualche decina di  $fg_{L-TEQ}/m^3$ .

Per quanto riguarda i siti in vicinanza dell'autostrada, non sono emerse criticità. Ciò dimostra che l'attuale parco veicoli circolante non rappresenta una fonte significativa di PCDD/F.

I dati del 2009/2010 relativi a Borgo Valsugana, pur rimanendo in un intervallo non critico, hanno evidenziato alcune anomalie: minimo particolarmente bassa, massimo da area urbana rilevato ad impianto fermo. Per chiarire ciò, saranno molto utili le determinazioni dell'Istituto Mario Negri, attualmente in fase di elaborazione.

# DEPOSIZIONE DI MICROINQUINANTI ORGANICI IN VICINANZA DI UN' ACCIAIERIA

## 1. INTRODUZIONE

L'estrema variabilità dei parametri che possono influenzare l'impatto locale di un'acciaiera rende interessante l'adozione di deposimetri per caratterizzare l'esposizione umana. Il presente documento si riferisce al caso dell'acciaiera di Borgo Valsugana, la cui deposizione è stata misurata utilizzando più deposimetri collocati in siti opportunamente selezionati. I valori ottenuti sono discussi tenendo conto di stagionalità e operatività dell'impianto.

## 2. MATERIALI E METODI

La scelta dei siti dove posizionare i deposimetri è stata effettuata grazie all'adozione di un modello di diffusione e deposizione ed all'analisi del territorio per individuare aree sia potenzialmente esposte alle emissioni, sia sensibili in termini di uso del suolo.

Per una parte delle rilevazioni è stato usato il deposimetro Depobulk<sup>(R)</sup>, in vetro, idoneo a catturare la deposizione di PCDD/F ed altri microinquinanti organici. Il periodo di campionamento è stato di circa 30 giorni per ogni determinazione. Un anello speciale evita interferenze da escrementi di uccelli. Nel sito corrispondente alle scuole di Borgo, il periodo di campionamento è stato di 1 anno da agosto 2010. La ragione della scelta è stata legata alla posizione della scuola, generalmente sottovento dell'impianto quando è in funzione, alla sua vicinanza, alla sensibilità del recettore (bambini) e alla densità demografica dell'area. E' stata garantita la sincronizzazione della caratterizzazione delle deposizioni con l'attività dell'impianto (acceso o spento). Gli eventi di pioggia e neve sono stati osservati con attenzione per evitare lo sfioro di acqua raccolta (i dati sono stati presi con continuità da una stazione meteorologica locale). La temperatura ambiente è stata controllata ogni giorno in inverno per evitare danni da ghiaccio. Ogni quantità di PCDD/F e PCB dioxin like, misurata nella massa raccolta è stata divisa per la superficie del deposimetro e il periodo di caratterizzazione. Nello stesso sito è stata posizionata l'apparecchiatura predisposta dal CNR di Ca' Foscari per la determinazione delle deposizioni secche e umide separatamente. Il periodo di campionamento è stato effettuato in parallelo a quello previsto dal deposimetro Depobulk anche per verificare l'attendibilità dei dati prodotti.

Con il primo deposimetro sono stati caratterizzati due ulteriori siti: il CRZ in prossimità dell'impianto e le scuole di Roncegno. I periodi hanno riguardato 1 anno nel primo caso

e una stagione invernale nel secondo. La scelta dei siti è stata effettuata sulla base delle seguenti considerazioni. La modellazione di dispersione e deposizione ha evidenziato l'importanza potenziale delle emissioni diffuse dell'acciaieria, con ricaduta in prossimità dell'impianto. E' quindi risultato prioritario integrare le informazioni prodotte nel primo sito con quelle di due ulteriori siti, uno ad est ed uno a ovest dell'impianto. Il sito a est (CRZ) è stato scelto in prossimità dell'impianto per essere rappresentativo di una zona interessata dalle emissioni diffuse. Quello ad ovest (Roncegno) è stato scelto ad una distanza maggiore, per avere un riscontro del minore effetto delle emissioni diffuse, comunque in un sito di interesse considerando l'utilizzo dell'area.

### **3. RISULTATI E DISCUSSIONE**

L'area di interesse si trova in una stretta valle, dove la diluizione delle emissioni è significativamente differente in estate rispetto all'inverno. Inoltre, il riscaldamento invernale domestico può contribuire con apporti supplementari di PCDD/F nella zona. Con riferimento al deposimetro Depobulk, nel sito di Borgo, un aumento della deposizione di PCDD/F passando da impianto spento da impianto acceso non è stato sempre riscontrato. D'altra parte non c'è alcuna dimostrazione che il materiale utilizzato come input dell'impianto sia rimasto lo stesso. Un picco invernale è risultato relativo a un periodo in cui l'impianto non era funzionante dimostrando che esiste una presenza locale di ulteriori fonti di PCDD/F. Tuttavia, nel complesso i valori sono rimasti al di sotto dei limiti proposti a livello internazionale. Il rapporto tra PCDD/F totali e I-TEQ hanno evidenziato una forte variabilità dei valori; ciò dipende dal fatto che nella zona non c'è una fonte prevalente di PCDD/F. La tossicità equivalente dei PCB dioxin-like riscontrati è sempre risultata significativamente inferiore a quella dei PCDD/F.

I dati prodotti da Ca'Foscari in questo sito hanno confermato le modeste deposizioni che caratterizzano l'area.

I dati ottenuti al CRZ hanno evidenziato l'importanza delle emissioni diffuse, essendo prevalentemente superiori ai valori misurati a Borgo.

I dati di Roncegno sono risultati più controversi. In particolare alcuni valori sono risultati significativamente maggiori di quelli di Borgo, indipendentemente dal funzionamento dell'acciaieria. Il fenomeno si può spiegare con la presenza di un'altra fonte di PCDD/F.

# CARATTERIZZAZIONE DI PARTICOLATO FINE E ULTRAFINE NELL'ARIA IN PROSSIMITA' DI UN'ACCIAIERIA

## 1. INTRODUZIONE

L'attività sperimentale a cura dell'Istituto Mario Negri doveva essere originariamente volta alla caratterizzazione delle emissioni dai camini principali dell'acciaieria di Borgo Valsugana: determinazione della granulometria delle polveri, composizione del particolato emesso, ripartizione gas/particolato dei microinquinanti emessi, numero di particelle. Avviato il percorso per ottenere l'autorizzazione al posizionamento della strumentazione, si è deciso di cambiare strategia. Due sono gli aspetti rilevanti che sono stati infatti considerati:

- la modellazione di dispersione e deposizione degli inquinanti, sviluppata nell'ambito della ricerca complessiva, ha evidenziato il ruolo potenzialmente rilevante delle emissioni diffuse rispetto a quelle dai camini principali;
- alcune delle deposizioni misurate presso le scuole di Roncegno hanno indicato alcune situazioni anomale, potenzialmente riconducibili alle emissioni diffuse dell'impianto.

Tenendo conto di ciò si è ritenuto prioritario "spostare" il campionamento non convenzionale dai camini dell'impianto, al campo sportivo di Roncegno; quindi dalle emissioni ai camini dell'impianto, alla caratterizzazione dell'aria ambiente. In tale modo si è potuta generare una serie di informazioni originali di interesse per comprendere l'esposizione agli inquinanti atmosferici della popolazione della zona.

## 2. MATERIALI E METODI

La metodologia sperimentale di rilievo e analisi delle emissioni è stata opportunamente sviluppata e adattata al caso specifico in esame, ovvero emissioni in ambiente esterno. A tale scopo sono state programmate le giornate di monitoraggio e sono state preparate e installate due linee di prelievo offline del particolato, la prima destinata al prelievo in aria esclusivamente nelle giornate di attività dell'acciaieria e la seconda dedicata al prelievo di campioni di aria durante i periodi di inattività dell'impianto (in generale giornate feriali diurne).

Le attività di monitoraggio di qualità dell'aria si sono concentrate sul controllo di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>),

idrocarburi metanici e non metanici, polveri sottili (PM<sub>10</sub>) e polveri ultrafini (numero di particelle/cm<sup>3</sup> con riferimento a particelle di dimensioni comprese fra 20 nm e 1 µm) tramite l'utilizzo di una cabina attrezzata con strumentazione automatica per la determinazione on-line dei suddetti inquinanti.

Per il monitoraggio di SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> e O<sub>3</sub> sono stati utilizzati rilevatori di tipo ottico. Nello specifico:

- Analizzatore di SO<sub>2</sub>: HORIBA modello APSA-360 (misura dell'intensità della banda di fluorescenza emessa dalla molecola di SO<sub>2</sub> con eccitazione nell'intervallo dell'UV che è direttamente proporzionale alla concentrazione della specie chimica in esame).
- Analizzatore di monossido di carbonio: HORIBA modello APMA-360 (misura dell'attenuazione della radiazione infrarossa a 4700 nm per effetto dell'assorbimento da parte delle molecole di CO che fornisce una quantità proporzionale alla concentrazione della specie chimica in esame).
- Analizzatore NO<sub>x</sub>: HORIBA modello APNA-360 (misura dell'intensità della radiazione emessa nell'intervallo del vicino infrarosso, 600÷3000 nm, per effetto della reazione fra monossido di azoto e ozono, proporzionale alla concentrazione delle molecole di NO presenti in camera di reazione).
- Analizzatore di O<sub>3</sub>: HORIBA modello APOA-360 (misura dell'intensità della radiazione UV non assorbita dalle molecole di ozono, direttamente proporzionale alla concentrazione della specie chimica in esame).
- Analizzatore di idrocarburi metanici e non metanici: HORIBA modello APHA-360 (misura della ionizzazione derivante dalla combustione selettiva e non degli idrocarburi totali e del metano introdotti in una fiamma di idrogeno).

Per quanto riguarda la rilevazione di polveri sottili e ultrafini sono stati utilizzati, rispettivamente, un Campionatore PM10 TCR TECORA modello Skypost PM HV e un Contatore di particelle TSI modello 303. Tale strumentazione permette di ottenere una misura del numero di particelle presenti in aria, nonché una determinazione della distribuzione delle dimensioni del particolato in esame tramite campionamenti continui di 24 ore al giorno con risoluzione temporale dell'ordine dei 10 minuti circa.

Ulteriori campionamenti del particolato aerodisperso sono stati effettuati ad intervalli temporali di 24 ore captando il particolato su filtro dopo separazione del particolato con diametro aerodinamico superiore a 10 µm. E' stato attivato anche un rilievo di alcuni campioni di PM<sub>2,5</sub>, con tempo di mediazione di 1÷3 giorni.

La caratterizzazione granulometrica del micro e nano particolato è avvenuta tramite l'utilizzo di uno strumento Grimm 1.101 assumendo la forma delle particelle come sferiche.

Uno strumento FMPS (Fast Mobility Particle Sizer) che misura la distribuzione e il numero di particelle ultrafini nell'intervallo da 5,6 a 560 nm è stato utilizzato per la validazione dei risultati ottenuti con la linea sperimentale sopra descritta.

Una parte della linea del campionamento sperimentale è stata infine dedicata alla captazione e caratterizzazione chimica di ulteriori tipologie di inquinanti quali PCDD/F, PCB, PCN, PCT, IPA, metalli, anioni, cationi, acidi organici ed inorganici contenuti nel campione aeriforme prelevato.

### **3. RISULTATI E DISCUSSIONE**

La determinazione degli anioni e quella dei metalli non hanno evidenziato una relazione causale univoca dell'acciaieria. Inoltre, l'andamento delle emissioni di nanoparticolato è risultato abbastanza caratteristico di zone semiurbane (per confronto con precedenti caratterizzazioni in altri siti).

Si ricorda che le analisi sono state distinte tra periodi con impianto in funzione e periodi con impianto fermo, mettendo quindi a disposizione un ampio set di determinazioni di chiara interpretabilità.

I risultati nel complesso hanno quindi evidenziato una limitata incidenza dell'impianto alla presenza di inquinanti nell'aria della zona. Si sottolinea che tali risultati sono frutto dell'utilizzo di un insieme di strumentazioni avanzate, per la caratterizzazione dell'aria ambiente in una zona significativa per l'esposizione alle emissioni diffuse dell'acciaieria, con campionamento ad impianto acceso e spento.



# STUDIO DELL'INCIDENZA LOCALE DI UN'ACCIAIERIA ATTRAVERSO LA CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI DI UNO STAGNO

## 1. INTRODUZIONE

In alcuni contesti, l'analisi delle carote di sedimenti permette di produrre informazioni non convenzionali utili per una ricostruzione storica dello stato dell'ambiente. Un esempio è l'analisi di carote di sedimenti estratte da laghi eutrofizzati, per le quali il profilo di fosforo nei vari strati permette di ricostruire il loro stato trofico. Nel caso di Borgo Valsugana si è deciso di individuare uno stagno ubicato in posizione significativa per l'esposizione agli inquinanti emessi dalla locale acciaieria, in modo da poter estrarre una carota da caratterizzare con riferimento ad inquinanti caratteristici delle sue emissioni

## 2. MATERIALI E METODI

Sei sono le fasi che hanno caratterizzato le attività svolte:

- Sviluppo di una modellazione di dispersione e deposito, in grado di tener conto sia delle emissioni convogliate, sia di quelle diffuse (con riferimento anche alle diverse configurazioni che l'impianto ha avuto nel tempo)
- Individuazione degli stagni presenti nella zona interessata dalle emissioni
- Selezione di uno stagno con età tale da poter raccogliere dai sedimenti informazioni su un arco di tempo significativo
- Campionamento di una carota
- Scelta dei parametri di interesse (inquinanti)
- Ricostruzione dei profili degli inquinanti selezionati

In concreto, si sono determinate le concentrazioni di IPA, PCB, PCDD/F, PCN e PBDE nei sedimenti della palude di Roncegno. La carota analizzata arriva a una profondità di 24 cm ed è stata divisa in otto frazioni, ciascuna di 3 cm. Per ogni campione sono state calcolate l'umidità relativa e la percentuale di frazione fine del materiale, utilizzando un setaccio a 63 µm.

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

I livelli trovati sono risultati interamente sotto il limite di rivelabilità per i PCN in tutti i campioni.

Per quanto riguarda i PCDD/F, per questi si ritrovano soltanto bassi livelli (sotto 1 pg/g) dei congeneri epta- e otta-sostituiti in alcuni dei campioni, al di sotto dei livelli consueti ritrovabili in zone antropizzate come la laguna di Venezia. Nelle zone industriali contaminate i livelli nei sedimenti possono arrivare anche alle centinaia di ng/g.

Lo stesso si può dire per i PBDE, per i quali, una volta corretto il dato per il bianco medio, si trovano soltanto i congeneri più diffusi (47, 100, 99) a livelli di qualche pg/g, anche qui ben al di sotto delle concentrazioni ascrivibili a zone contaminate. Ciò è compatibile con il fatto che l'unico apporto esterno allo stagno di Roncigno caratterizzato viene dalle deposizioni atmosferiche.

I dati sono più interessanti per quanto riguarda PCB e IPA. Va sottolineato che, anche in questo caso, i livelli di concentrazione trovati sono piuttosto bassi (mediamente qualche centinaio di pg/g), ma si può individuare in entrambi i casi lo stesso andamento: nel caso dei PCB si nota una differenza tra il campione più superficiale e i successivi. Ciò può essere imputabile all'introduzione delle BAT nel 2009. Lo stesso gradino non si osserva nel caso degli IPA, aspetto giustificabile con la presenza in loco di significative combustioni domestiche della legna.

Tenendo conto dell'età dei sedimenti (inferiore a 15 anni, età dello stagno) e dell'età dell'acciaieria (più del doppio), non deve trarre in inganno il profilo dei PCB: per i PCB si nota infatti una differenza tra i primi 4 campioni (0-12 cm) e gli altri (12-24 cm), come se si fosse inserita una nuova fonte di contaminazione, ipotizzando che non ci sia stato rimescolamento post-deposizionale. I campioni 3 (6-9 cm) e 4 (9-12 cm) presentano le concentrazioni maggiori, che poi scendono con la profondità a partire dal campione 5. Normalizzando i dati rispetto alla frazione fine il profilo resta più o meno lo stesso perché la quantità di materiale fine è più o meno costante (> 50%) tranne che nei campioni 5 e 6 dove è più scarsa. D'altra parte, tenendo conto del decadimento che caratterizza i PCB nel tempo, i campioni più profondi possono essere associati a valori più alti di quelli attuali. Rimane così solo il "gradino" relativo all'introduzione delle BAT.

# CARATTERIZZAZIONE DI METALLI IN VARIE MATRICI AMBIENTALI IN PROSSIMITÀ DI UN'ACCIAIERIA

## 1. INTRODUZIONE

Nel presente lavoro viene focalizzata l'attenzione sulla presenza e quantificazione di inquinanti inorganici quali metalli pesanti nel suolo e in aria nel territorio circostante l'acciaiera di Borgo Valsugana. Lo scopo è quello di individuare opportuni traccianti che risultino significativi nel valutare l'impatto causato dalle acciaierie sull'ambiente circostante.

## 2. MATERIALI E METODI

Nel corso degli anni sono state svolte varie campagne di monitoraggio nel territorio circostante all'acciaiera di Borgo per la ricerca di metalli pesanti in diverse matrici ambientali. In particolare sono stati presi in considerazione terreno e aria attraverso l'utilizzo di mezzi mobili e centraline fisse di rilevazione di qualità dell'aria, prelievi di campioni di terreno e infine deposimetri.

I deposimetri sono stati utilizzati per rilevare la presenza di metalli depositati in aria ambiente, in matrice secca e umida. Per la campagna di campionamento del caso in esame sono state utilizzate due differenti tipologie di deposimetri:

- deposimetri standard in plastica, lasciati in loco per un periodo di circa 12-18 mesi e rigenerati ogni 30 giorni circa. I deposimetri sono stati installati presso la scuola elementare di Borgo, il CRZ di Borgo, località Piagaro a Borgo Valsugana, la scuola elementare di Roncegno e la zona sportiva di Roncegno. La determinazione e quantificazione dei metalli all'interno dei deposimetri è stata effettuata sia sulla parte solida (particolato estratto dai filtri posizionati nei deposimetri) che sulla matrice liquida ottenuta dal risciacquo di filtri e beuta di raccolta. La rilevazione e determinazione della concentrazione delle specie metalliche presenti nel campione è stata effettuata tramite preliminare procedura di mineralizzazione e successiva identificazione e quantificazione dei metalli tramite tecniche ottiche con sorgente al plasma ICP-OES (riferimento metodi APAT CNR IRSA 3020, ISS.DBB.034.REV00 e ISS\_06-38).
- 2 deposimetri wet&dry (MTX Italia S.r.l.), in materiale di polietilene, installati nella stazione di campionamento di Borgo Valsugana per la raccolta di deposizioni umide e secche. La peculiarità dei deposimetri wet&dry è quella di possedere due distinti recipienti di raccolta, che possono essere alternativamente

chiusi mediante un coperchio basculante, azionato da un motore elettrico. Il movimento del coperchio basculante è governato da un sensore di pioggia.

Per la rilevazione e quantificazione delle specie metalliche presenti nel campione, alla fine di ogni periodo di campionamento pari a circa un mese i contenitori con le deposizioni sono stati preliminarmente sottoposti a procedura di mineralizzazione con acqua ultrapura acidificata al 2% con HNO<sub>3</sub>. Successivamente, si è proceduto alla determinazione degli elementi in traccia tramite spettrometro di massa a quadrupolo con sistema di ionizzazione al plasma accoppiato induttivamente e dotato di cella di collisione (ICP-CRC-MS, Agilent 7500I). I campioni ottenuti in matrice acquosa sono stati disgregati in forno a microne *ETHOS 1600 Milestone* utilizzando una miscela di acidi operando ad elevate condizioni di temperatura e pressione (riferimento al metodo EPA 3015).

Prelievi di terreno sono stati effettuati al fine di controllare la concentrazione presente nel suolo di microinquinanti quali metalli, con particolare riferimento a ANTIMONIO, ARSENICO, BERILLIO, CADMIO, COBALTO, CROMO ESAVALENTE, CROMO TOTALE, MERCURIO, NICHEL, PIOMBO, RAME, SELENIO, STAGNO, TALLIO, VANADIO e ZINCO.

Per il prelievo sono stati scelti opportuni siti caratterizzati da terreno integro, non lavorato ed il più possibile non interessato da manipolazioni o riporti.

### **3. RISULTATI E DISCUSSIONE**

Per quanto riguarda le analisi dei terreni è da notare che non sono state rilevate concentrazioni significative di cromo esavalente e mercurio, come neppure di selenio e vanadio.

Anche per gli altri metalli presi in considerazione, i risultati delle analisi effettuate sui campioni di terreno hanno evidenziato valori molto variabili, ma, nella quasi totalità dei casi, inferiori al limite fissato dal d.lgs n. 152/2006 TAB1/A per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale, fatta eccezione per Antimonio, Arsenico, Piombo, Stagno e Zinco, le cui concentrazioni superiori ai limiti sono state, da APPA, in parte attribuite al fondo naturale. In particolare, Arsenico, Stagno e Zinco superano il limite in gran parte dei campioni analizzati.

Per quanto riguarda l'Arsenico, nei siti di Borgo Valsugana la concentrazione è risultata sempre inferiore al limite da normativa (20 mg kg<sup>-1</sup>) ad eccezione di un sito localizzato nei pressi del terreno di proprietà dell'acciaieria. Concentrazioni superiori al limite sono state riscontrate anche nei siti di Roncegno. La presenza di un fondo naturale può spiegare tali livelli di Arsenico, anche se non possono essere escluse a priori contaminazioni avvenute in passato da parte dell'impianto. Analoghe considerazioni possono essere formulate per lo Stagno, le cui concentrazioni nei suoli sono superiori al valore limiti per tutti i siti analizzati. Infine, le concentrazioni di Zinco superano il limite di TAB1/A a Roncegno e a Borgo Valsugana. Le concentrazioni al camino per questo inquinante, rilevate nel corso del 2009, e quelle in aria ambiente per il 2011 risultano sempre superiori al limite di rilevabilità strumentale, a differenza di Arsenico e Stagno. L'attuale influenza dell'acciaieria è confermata anche dalle deposizioni, che per lo Zinco risultano più elevate presso il CRZ di Borgo Valsugana rispetto ad altri siti; al contrario, le deposizioni di Arsenico e Stagno risultano simili in tutti i siti.

Nel complesso comunque la presenza di metalli pesanti nei suoli della Valsugana non risulta significativamente dipendente dalle attuali emissioni e da quelle relative agli anni più recenti. Lo dimostrano le caratterizzazioni in aria ambiente effettuate dall'Istituto Mario Negri, la caratterizzazione degli aghi di abete, la caratterizzazione delle emissioni, i dati rilevati alla centralina APPA di Borgo Valsugana. Questa visione positiva si può spingere fino a circa 15 anni fa, mediante la seguente deduzione: la scarsa presenza di indicatori di contaminazione industriale anche negli strati più profondi della carota di sedimenti dello stagno di Roncegno fa presumere una bassa presenza di metalli pesanti da emissioni dell'impianto. Tuttavia, per i decenni precedenti non è possibile esprimersi. E' infatti necessario ricorrere a tecniche non convenzionali per le quali il gruppo di lavoro del DICA ha coordinato una proposta riguardante, tra le varie cose, la ricostruzione dell'inquinamento passato mediante caratterizzazione di stalagmiti. La ricerca è stata proposta nell'ambito del bando PAT Grandi Progetti 2012, finalizzato a sostenere ricerche di interesse territoriale. Si attendono i risultati della selezione.

# RUOLO DEL LEVOGLUCOSANO COME TRACCIANTE DELLA COMBUSTIONE DELLA LEGNA IN UNA REGIONE ALPINA

## 1. INTRODUZIONE

Se da un lato la combustione della legna ha evidenti benefici in termini di impatto ambientale globale, dall'altro è una delle maggiori fonti di particolato atmosferico (PM). Localmente il suo impatto è legato anche alla emissione in atmosfera di CO, NO<sub>x</sub>, IPA, VOCs ed anche PCDD/F. Il presente lavoro si concentra sul tema delle emissioni di PM e sul ruolo che il levoglucosano (LG) può avere come tracciante della combustione della legna. In letteratura è stato evidenziato che nel mondo la concentrazione di LG in atmosfera è variabile da regione a regione, a causa delle diverse caratteristiche della legna e dei combustori. E' quindi necessario disporre di dati per ogni specifico caso di studio. In più, le differenze tra estate e inverno possono essere di uno o due ordini di grandezza.

Il presente lavoro fa riferimento a misure di LG prodotte sul territorio trentino negli ultimi 5 anni, come parte di una strategia a tre fasi orientata alla corretta gestione del settore della combustione della legna:

- Verifica del ruolo della legna nel catasto locale (provinciale) delle emissioni di inquinanti in atmosfera;
- Analisi in dettaglio del ruolo della combustione della legna in trentino, con riferimento anche alla zona di Borgo Valsugana;
- Adozione di adeguate strategie per una corretta gestione del settore.

## 2. MATERIALI E METODI

La presente pubblicazione si riferisce ad analisi di PM<sub>10</sub> in atmosfera sia in area urbana sia montana. Il campionamento di PM<sub>10</sub> è stato effettuato utilizzando campionatori funzionanti con flussi intorno a 38 l/min, come previsto dalla norma EN 12341. Sono stati usati filtri al teflon. Dopo le misure delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>, i campioni sono stati inviati ad un laboratorio specializzato in analisi di LG. Sono stati usati un gascromatografo accoppiato con uno spettrometro di massa.

Lo studio sperimentale è stato svolto in:

- 2 siti urbani, ubicati nella stessa città, durante un periodo estivo e uno invernale;

- 3 siti montani, dove la legna è ampiamente usata per il riscaldamento domestico, durante l'inverno.

Verificata la rispondenza del LG come tracciante anche per il Trentino, ulteriori dati utilizzati hanno riguardato PM<sub>10</sub>, IPA e LG nell'area di Borgo Valsugana, al fine di verificare se la combustione domestica della legna nella zona dà un contributo significativo alla presenza di particolato atmosferico.

Il lavoro si è concluso con un approfondimento in merito alle potenzialità dell'installazione di elettrofiltri domestici nel contenere l'impatto locale della combustione della legna.

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Di seguito si riportano correlazioni lineari tra concentrazioni di LG (y) e di PM<sub>10</sub> (x), in µg/m<sup>3</sup> stimate per le aree urbane e montane:

- Area urbana :  $y = 0,0051 x - 0,0317$   $R^2=0,99$
- Area montana :  $y = 0,0406 x - 0,2765$   $R^2=0,86$

Quando LG (y) ha valore nullo, la concentrazione di PM<sub>10</sub> risulta maggiore di zero in entrambi i casi. Questo aspetto conferma che ci sono altre fonti di PM<sub>10</sub> diverse dalla combustione della legna. I risultati ottenuti hanno dimostrato che le misure di LG possono dare una conoscenza più profonda sulla combustione della legna nella regione. Come conseguenza di tali approfondimenti APPA ha pianificato ed aggiunto il LG nella lista dei parametri del proprio laboratorio (tra i primi in Italia ad averlo fatto). Dopo un periodo di calibrazione il metodo è stato adottato ufficialmente e durante gli anni 2007 e 2008 è stata svolta una intensa campagna di misure nell'intera regione. In particolare, grazie a più di 700 analisi di LG è stata studiata la correlazione tra LG e B(a)P. I risultati hanno ulteriormente confermato che una corretta gestione della combustione domestica è cruciale per una gestione ambientale ottimizzata, dato che la presenza di B(a)P è stata dimostrata essere correlata alle concentrazioni di LG e quindi alla combustione della legna in molte aree.

Una successiva applicazione dell'approccio in provincia di Trento ha riguardato lo studio dell'origine del PM<sub>10</sub> a Borgo Valsugana, ciò anche per comprendere indirettamente il ruolo della locale acciaieria. I dati riportati nell'articolo, prodotti da APPA nell'inverno 2010, e le relative correlazioni dimostrano il ruolo significativo della combustione della legna. Il rapporto LG/PM<sub>10</sub>, a Borgo, variabile tra 3% e 5%, è perfino più alto di quelli riscontrati nel periodo invernale nei siti montani studiati, confermando l'importanza locale della combustione della legna.

Le ulteriori analisi effettuate presso la centralina di qualità dell'aria di Borgo, per un periodo di 1 anno, hanno confermato i risultati di cui sopra.

Vista la rilevanza della combustione della legna a Borgo Valsugana è opportuno valutare la fattibilità dell'introduzione estensiva degli elettrofiltri domestici autorizzati dalla Provincia Autonoma di Trento, nella zona studiata, ai fini di limitare l'impatto ambientale.

# UTILIZZO INTEGRATO DI MODELLAZIONE E MISURE PER LA STIMA DELL'IMPATTO DI PCB E PCDD/F DA UN'ACCIAIERIA

## 1. INTRODUZIONE

Le acciaierie rappresentano una delle maggiori fonti di PCDD/F e di composti assimilabili nell'ambiente. Sebbene avanzate tecnologie siano state sviluppate per ridurre i composti nocivi nelle emissioni convogliate al camino, l'impatto sul territorio può risultare significativo e richiede un'attenta valutazione soprattutto per la presenza di emissioni diffuse di difficile quantificazione. Misure saltuarie di concentrazione in aria o di deposizione al suolo, in particolare se effettuate in un singolo punto, non sono in grado di fornire informazioni attendibili sulle ricadute sulla salute, poiché, in mancanza di approfondimenti, la distribuzione spaziale delle deposizioni non è nota, in molti casi neppure qualitativamente. D'altra parte, l'uso di modelli per la simulazione della dispersione in atmosfera consente teoricamente di prevedere la distribuzione della deposizione, ma richiede un'accurata calibrazione per poter fornire stime affidabili. Si rivela quindi necessario coniugare lo strumento modellistico con una diffusa attività di monitoraggio al fine di ottenere un quadro completo della situazione.

## 2. MATERIALI E METODI

L'oggetto del presente studio è l'impianto di Borgo Valsugana, situato in un allargamento di una valle orientata in direzione est-ovest e caratterizzato da emissioni convogliate in due camini e da emissioni diffuse provenienti in particolare dal capannone. Una ulteriore fonte emissiva è costituita dalla zona di raffreddamento delle scorie di lavorazione, che rappresenta la maggior fonte di incertezza dell'analisi. La metodologia adottata può essere descritta per sommi capi come segue:

- In una prima fase, il modello di dispersione in atmosfera (descritto di seguito in dettaglio) è stato implementato considerando i dati meteorologici disponibili per avere una mappatura approssimativa delle concentrazioni e delle deposizioni attese. In tali simulazioni, le emissioni dai camini e quelle diffuse sono state impostate sulla base di considerazioni preliminari e non forniscono indicazioni quantitative, ma solo qualitative.
- Le mappe ottenute dal modello hanno consentito di posizionare gli strumenti per la misura delle deposizioni (deposimetri) in luoghi che fossero verosimilmente



adatti a caratterizzare l'impronta al suolo degli inquinanti emessi e dispersi. La scelta dei periodi di campionamento è stata supportata da considerazioni aggiuntive sulla variabilità temporale delle emissioni provenienti da altre possibili fonti.

- Infine, il confronto tra le misure effettuate nei periodi più significativi e le corrispondenti previsioni del modello relative a scenari emissivi realistici ha permesso la calibrazione quantitativa dei diversi contributi (convogliati ai camini e diffusi dal capannone e dal deposito scorie). Il risultato finale del processo consiste in una serie di mappe di deposizione al suolo valutate su periodi temporali medio-lunghi (almeno annuali), appropriati per stimare il rischio indotto da composti cancerogeni come i PCDD/F.

Lo strumento utilizzato per la simulazione della dispersione atmosferica è AERMOD, un modello gaussiano avanzato che rappresenta l'attuale standard U.S. EPA. Il modello, basato su una successione di stati stazionari individuati a frequenza oraria dalla soluzione del problema di convezione-diffusione in atmosfera, è in grado di simulare il trasporto e la deposizione di diversi inquinanti e di considerare orografie complesse come quella della Valsugana.

Per le simulazioni sono stati definiti tre domini computazionali rettangolari (rapporto 1:2 tra i lati) di diversa dimensione (dimensione maggiore 14 km, 5 km e 2,5 km) e risoluzione (rispettivamente 100 m, 50 m, 25 m).

I campi di vento e gli indici di stabilità atmosferica sono stati ricavati dall'analisi dei dati meteorologici della stazione di Telve, considerata più rappresentativa dell'area oggetto di indagine rispetto a quella di Borgo Valsugana, influenzata dalla struttura orografica locale. L'anno meteorologico 2010 è stato individuato come rappresentativo ai fini delle analisi di lungo periodo.

Gli inquinanti considerati nell'analisi (PCDD/F e PCB) sono stati quantificati in termini di tossicità equivalente. Gli scenari emissivi sono stati dedotti in base alle ore di funzionamento dell'impianto, individuando quattro periodi considerati rappresentativi in cui l'impianto risultava funzionante ed era inoltre disponibile contemporaneamente la maggior parte delle informazioni sugli inquinanti depositati. Si tratta dei periodi: 7 settembre - 2 ottobre 2011, 3-12 ottobre 2011, 13 ottobre - 13 novembre 2011, 20 marzo - 18 aprile 2012. In tali periodi era attesa una concomitanza di diverse fonti di PCDD/F, con particolare attenzione a quelle emesse dalla combustione domestica a legna durante i mesi autunnali e invernali.

I valori di deposizione usati di riferimento sono stati misurati mediante deposimetri Vetropyx Depobulk®, posizionati in tre siti scelti sulla base delle mappe preliminari di deposizione, dell'accessibilità e del controllo di fonti inattese: il centro raccolta zonale (CRZ) di Borgo, la scuola di Borgo, la scuola di Roncegno.

Per la discussione dei risultati ottenuti sono state utilizzate due metodologie originali, messe a punto nell'ambito della ricerca complessiva, relative all'esposizione a PCDD/F da dieta locale e alla definizione di una soglia di impatto sulla salute tollerabile riferita ad un singolo impianto.

### **3. RISULTATI E DISCUSSIONE**

Le mappe di deposizione ottenute per i diversi periodi di misura hanno evidenziato le

seguenti caratteristiche:

- una sensibile variabilità qualitativa, tipica delle zone ad elevata complessità orografica e con bassa intensità media di vento, dovuta sia ai diversi venti prevalenti, che possono indirizzare il pennacchio lungo direzioni diverse, sia alla variabilità delle condizioni di stabilità atmosferica, influenzata in maniera significativa dalla stagionalità;
- una chiara influenza dell'orografia della valle, che in situazioni di stabilità atmosferica causa una deposizione selettiva alle quote in cui gli inquinanti rimangono confinati nella parte inferiore dell'atmosfera (fumigazione);
- una spiccata differenza nell'area di influenza in funzione del tipo di emissione: l'area è maggiore per le emissioni convogliate ai camini, che vengono rilasciate a una quota più elevata, mentre è decisamente più limitata per le emissioni diffuse dal capannone e dal deposito scorie all'aperto, che ricadono rapidamente al suolo nell'intorno della sorgente.

Quest'ultimo aspetto del problema rappresenta l'elemento più critico dell'analisi, in quanto non sono disponibili informazioni sufficienti per poter effettuare una stima accurata delle emissioni diffuse di PCDD/F e PCB dalla zona di deposito scorie.

Un elemento di supporto all'analisi proviene dal confronto tra la distribuzione dei congeneri di PCDD/F e PCB nelle misure effettuate in precedenza ai camini e in quelle ottenute mediante i deposimetri nei periodi considerati. Il confronto mostra che i congeneri sono diversi, suggerendo la presenza di altre fonti di tali composti, mentre esiste una più chiara correlazione per quanto riguarda i PCB. Considerando quindi l'acciaieria come dominante per questi ultimi composti, è possibile utilizzare il dato di deposizione misurato come significativo per la calibrazione del modello di dispersione. Per quanto riguarda le emissioni diffuse dal capannone dell'impianto e dal deposito scorie, sono state considerate più ipotesi orientate a verificare la rispondenza delle stime di emissione (fattori di emissione, flussi e geometria della sorgente) ai valori misurati dai deposimetri, sempre tenendo conto dell'errore intrinseco della misura. Si tenga conto che, ai fini della calibrazione dei modelli, il dato di deposizione (al contrario di quello della concentrazione in aria), viene generalmente usato per verificare solo l'ordine di grandezza del dato: questo a causa della grande variabilità che si riscontra tipicamente nelle misure di deposizione di microinquinanti. Fra le varie ipotesi è stata infine scelta quella che rispondeva mediamente meglio all'insieme di informazioni raccolte (emissione, meteorologia, deposizione).

In tal modo i risultati del modello possono essere considerati anche dal punto di vista quantitativo, spingendosi fino all'estrapolazione di mappe di deposizione annuale di PCDD/F e PCB che fungano da supporto per la valutazione dell'impatto delle attività industriali.

Va sottolineato che l'affidabilità dei risultati della modellazione non è assoluta, in primo luogo a causa delle incertezze associate alle emissioni. Se, come detto, il contributo derivante dalle emissioni diffuse (e in particolare dal raffreddamento delle scorie) è difficilmente quantificabile in modo preciso, le emissioni al camino sarebbero in teoria misurabili costantemente e accuratamente. La mancata disponibilità di tali informazioni dirette, la cui acquisizione richiederebbe la piena disponibilità del gestore dell'impianto, lascia ovviamente non completamente risolti alcuni aspetti.

In generale, tutte le analisi condotte nella ricerca complessiva suggeriscono che l'impatto attuale dell'acciaieria è compatibile con il territorio. Le deposizioni misurate confermano questo risultato, che ovviamente si ripercuote sulle simulazioni a causa della procedura di calibrazione.

Dal punto di vista del rischio per la salute si segnala in particolare che in termini di contributo dell'impianto al rischio da deposizione limite di PCDD/F è possibile definire sul territorio tre zone caratterizzate da contributo trascurabile, moderato e significativo. Va rilevato che il fatto che in una zona l'impianto possa dare un contributo significativo al rischio da deposizione limite non significa, come detto, che le sue deposizioni producano un rischio non compatibile con il territorio. Tale zonizzazione suggerisce tuttavia l'opportunità di individuare due siti, a est e a ovest dell'impianto, in cui prevedere una caratterizzazione periodica dei suoli (per esempio una all'anno).

# RICOSTRUZIONE DELLA DEPOSIZIONE POTENZIALE DI PCDD/F SULLA BASE DEI LIMITI NORMATIVI PER LE ACCIAIERIE NEL PASSATO

## 1. INTRODUZIONE

I limiti normativi svolgono un ruolo cruciale per quanto riguarda l'impatto prodotto dalle attività industriali sull'ambiente, che in molti casi deriva principalmente dalle emissioni di sostanze inquinanti nell'atmosfera. Considerando i progressi tecnologici e la l'accresciuta sensibilità ambientale sviluppata negli ultimi decenni, ci si attende una continua diminuzione degli impatti nocivi, la cui quantificazione risulta tuttavia tanto più ardua quanto più ci si spinge ad esaminare la situazione nel passato. Infatti, la ricostruzione di quanto avvenuto decine di anni fa può essere tanto difficile quanto predire il comportamento futuro, in particolare in quelle situazioni in cui le informazioni disponibili sono limitate soprattutto per l'assenza quasi assoluta di misure. Risulta comunque interessante valutare quale sarebbe potuto essere l'impatto storico di un determinato impianto se le emissioni fossero state regolate solamente sulle soglie limite tollerate dalla normativa (o in assenza di indicazioni, sui limiti tecnologici del periodo). In questo lavoro il caso dell'acciaiera di Borgo Valsugana è utilizzato per ricostruire potenziali criticità relative a PCDD/F e normativa di settore, come si è evoluta nel tempo.

## 2. MATERIALE E METODI

La stima della deposizione di PCDD/F è stata condotta mediante un modello di dispersione atmosferica, AERMOD, che rappresenta uno standard di riferimento per questo tipo di analisi.

Considerando che dati di emissione affidabili sono disponibili solo per gli ultimi 4 anni e che innovazioni normative si sono susseguite nel corso dei decenni, l'orizzonte temporale della valutazione è stato suddiviso in 4 periodi.

- Prima del 1988: non sono presenti informazioni né sulle emissioni, né su indicazioni normative. Per tale motivo si sono utilizzati fattori di emissione derivati da considerazioni sulle tipologie impiantistiche presenti e sui processi industriali, sfruttando analogie con casi simili.

- Tra il 1988 (DPR 203/1988) e il 1999 sono stati utilizzati i limiti proposti dalla normativa.
- Per il periodo tra 1999 e il 2006 si è fatto riferimento al DL 4 agosto 1999 n.372
- Per gli anni 2007-2010 si è considerata l’Autorizzazione integrata ambientale (AIA) rilasciata dall’Agenzia Provinciale per la Protezione dell’Ambiente (APPA) di Trento e sono stati utilizzati nelle simulazioni i valori massimi autorizzati.

Si è ipotizzato che ciascun periodo presentasse condizioni omogenee per quanto riguarda: tipologia impiantistica (altezza e numero dei camini, processi produttivi, presenza di fonti diffuse), quantità e qualità delle emissioni, condizioni meteorologiche.

Al fine di avere un riscontro sulle deposizioni realmente realizzatesi, sono state utilizzate tecniche innovative di analisi di campioni di sedimenti prelevati da uno stagno localizzato in zona significativa.

### **3. RISULTATI E DISCUSSIONE**

I risultati della modellazione hanno consentito di ottenere delle mappe di deposizione al suolo di PCDD/F, espresse in termini di tossicità equivalente, per i diversi periodi. Dal confronto tra i valori ottenuti, risulta chiaro come il miglioramento tecnologico e una più stringente normativa abbiano consentito di ridurre l’impatto anche in periodi in cui la produzione è aumentata.

Come già segnalato, le incertezze presenti nell’analisi sono molteplici e possono incidere anche sull’ordine di grandezza dei risultati delle simulazioni. Tuttavia, è significativo che le deposizioni stimate sui limiti legislativi (e quindi in qualche modo autorizzate legalmente) siano indubbiamente molto alte. Fortunatamente, tali valori estremi non trovano riscontro nelle misure di lungo termine sviluppate nell’ambito della presente ricerca, suggerendo che la gestione dell’acciaieria sia stata nel complesso condotta in modo coerente con lo sviluppo tecnologico che precede l’introduzione dei vincoli normativi. In tal senso, l’analisi ribadisce l’importanza dell’utilizzo delle più avanzate tecnologie disponibili (BAT) per la limitazione dei danni sull’ambiente e sulla salute umana.

Una discussione comparativa con quanto avvenuto nel settore della termovalorizzazione dei rifiuti completerà la pubblicazione.

#### **NOTE – RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

Dpr 203/1988, abrogato dal D. Lgs. 152/2006 “Emissioni in atmosfera”

Dpcm 21 luglio 1989 abrogato dal D. Lgs. 152/2006 “Attuazione e interpretazione del Dpr 203/1988”

DL 4 agosto 1999, n.372 parzialmente abrogato da DL 59 del 18-02-2005 “Attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell’inquinamento”

DM 23 novembre 2001 “Dati, formato e modalità della comunicazione (rif. DL n.372 del 4-08-1999)”

DLgs del 3 aprile 2006, n. 152. "Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera."

Decreto del 24 luglio 2009 "Approvazione del formulario per la comunicazione relativa all'applicazione del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, recante attuazione integrale della direttiva 96/61/CE in materia di prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento (IPCC)."

DLgs n.128 del 29 giugno 2010 "Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale."

D.Lgs 152/2006 – Aggiornato al 10 febbraio 2012 ( D.L. n. 5/2012) "Nuovo Testo Unico Ambientale"

# ASPETTI COMPARATIVI DELL'IMPATTO AMBIENTALE LOCALE DI IMPIANTI POTENZIALMENTE RILEVANTI

## 1. INTRODUZIONE

L'acciaieria di Borgo Valsugana non è un emettitore puntuale, tuttavia è interessante valutare la rilevanza che i camini principali di tale impianto possono avere in termini di incidenza locale di specifici inquinanti e confrontare tale incidenza con altri casi di studio. Nella presente sintesi, parte di un metodo recentemente elaborato a tal fine è stato utilizzato per un confronto quantitativo di massima con un caso di studio d'attualità, ovvero l'acciaieria dell'ILVA di Taranto. Prendendo spunto da uno dei parametri utilizzati nel metodo è stato anche possibile impostare un confronto di massima tra l'impatto dell'impianto di Borgo e quello di due impianti di termovalorizzazione dei rifiuti. Ulteriori considerazioni hanno riguardato la deposizione massima di PCDD/F. Questi aspetti sono stati sviluppati al fine di favorire una corretta comunicazione dell'incidenza ambientale dell'impianto di Borgo Valsugana.

## 2. MATERIALI E METODI

Il fattore di diluizione delle emissioni al camino, per gli impianti considerati, definito come il rapporto tra la concentrazione in aria ambiente e la portata massica dell'inquinante gassoso in uscita al camino (con riferimento ai valori medi annui) è stimabile sulla base delle caratteristiche climatologiche dei singoli siti, della velocità dei fumi, della loro temperatura e dell'altezza del camino. Le attività del DICA hanno permesso di disporre delle informazioni di interesse per la presente pubblicazione relativamente ai termovalorizzatori di Ischia Podetti (proposto) e di Bolzano (esistente), compresi i flussi di PCDD/F dai camini. Per il caso dell'ILVA è stato considerato il rilascio di PCDD/F su base annua. Con riferimento a Borgo e Bolzano è stato possibile anche confrontare le deposizioni massime stimate dalla modellazione disponibile (puntuali + diffuse, se presenti).

E' stato quindi possibile analizzare, in prima approssimazione, i seguenti casi, tutti con riferimento ai PCDD/F:

- Confronto Borgo Valsugana - ILVA (solo ruolo camini)
- Confronto Borgo Valsugana - termovalorizzatore di Bolzano (ruolo camini e deposizioni)

- Confronto Borgo Valsugana - termovalorizzatore proposto per Ischia Podetti (ruolo camini)

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

#### 3.1 Confronto di massima impianti di Borgo Valsugana - ILVA

Il flusso di PCDD/F per l'acciaieria di Borgo Valsugana è stato stimato pari a 11,58 ng<sub>I-TEQ</sub>/s. Il fattore di diluizione per l'acciaieria è stato stimato pari a  $8 \cdot 10^{-7}$  s/m<sup>3</sup> (con riferimento alla zona di massimo impatto). Ne risulta una concentrazione al suolo (media annua) pari a 9 fg<sub>I-TEQ</sub>/m<sup>3</sup>. Il valore è compatibile con un'area ad uso agricolo, anche se la sua incidenza rispetto al valore riscontrabile complessivamente in aria ambiente in un'area agricola non può essere considerata trascurabile. In più deve essere verificato il ruolo delle emissioni diffuse. Se il flusso di PCDD/F al camino fosse quello dell'ILVA di Taranto negli anni precedenti al 2009, (2.300 – 2.900 ng<sub>I-TEQ</sub>/s) l'incidenza sarebbe di oltre due ordini di grandezza superiore, raggiungendo con le sole emissioni convogliate un valore massimo caratteristico di un'area industriale incompatibile con un uso agricolo del suolo. Ciò spiega anche i problemi di contaminazione riscontrati a Taranto.

#### 3.2 Confronto di massima impianto di Borgo Valsugana – termovalorizzatore di Bolzano

Il fattore di diluizione delle emissioni al camino del termovalorizzatore di Bolzano (impianto esistente) è  $1 \cdot 10^{-7}$  s/m<sup>3</sup>. Se l'impianto di Borgo fosse stato localizzato nel sito di Bolzano, la concentrazione indotta al suolo sarebbe pari a circa 1 fg<sub>I-TEQ</sub>/m<sup>3</sup>, se temperatura dei fumi, velocità al camino ed altezza del camino fossero analoghe a quelle dell'impianto di Bolzano. La differenza sarebbe di circa un ordine di grandezza a favore rispetto al sito reale, in particolare grazie alle più favorevoli caratteristiche climatologiche del sito.

La concentrazione indotta al suolo dall'impianto di termovalorizzazione di Bolzano è pari a circa 0,1 fg<sub>I-TEQ</sub>/m<sup>3</sup>. L'impianto di Borgo (per le sole emissioni convogliate) inciderebbe di più del termovalorizzatore di Bolzano, a parità di modalità di rilascio di PCDD/F e nell'ipotesi di localizzazione a Bolzano.

Secondo alcune ipotesi la deposizione media di PCDD/F dell'impianto di Borgo (emissioni convogliate + diffuse) è stata stimata essere superiore anche a 5.000 pg<sub>I-TEQ</sub> m<sup>-2</sup> anno<sup>-1</sup> per la zona di massima incidenza. Il valore dipende fortemente dalle ipotesi considerate ed è da ritenersi cautelativo. Nel caso dell'impianto di Bolzano, la modellazione disponibile ha stimato una deposizione pari a 13 pg<sub>I-TEQ</sub> m<sup>-2</sup> anno<sup>-1</sup>, ovvero circa 2 ordini di grandezza inferiore. Se da un lato si può confermare che l'incidenza dell'impianto di Bolzano è trascurabile, nel caso dell'acciaieria la sua compatibilità con l'ambiente deve essere dimostrata con misure reali (cosa che è stata fatta).



### *3.3 Confronto di massima impianto di Borgo Valsugana – termovalorizzatore proposto per Ischia Podetti*

Il fattore di diluizione dell'impianto proposto per il sito di Ischia Podetti è  $2 \cdot 10^{-7}$ . In considerazione delle prestazioni ambientali attese, quantificabili ad esempio in una concentrazione di PCDD/F media annua al camino 10 volte inferiore al limite di legge, tenendo conto della potenzialità dell'impianto e delle ore di funzionamento su base annua, il flusso di PCDD/F atteso al camino è stimabile in  $0,3 \text{ ng}_{\text{I-TEQ}}/\text{s}$ . Ne risulta una concentrazione massima al suolo (media annua) pari a circa  $0,1 \text{ fg}_{\text{I-TEQ}}/\text{m}^3$  ovvero circa 2 ordini di grandezza inferiore a quella attribuibile all'acciaieria. Si ricorda che in questo caso sono state considerate le sole emissioni convogliate dell'acciaieria.

I confronti presentati, seppure validi in termini di ordini di grandezza, dimostrano ***l'importanza di effettuare approfondimenti multidisciplinari e con metodologie non convenzionali nel caso di impianti ad impatti potenzialmente rilevanti*** (come quello di Borgo) anche se in regola con la normativa esistente.

## PARTE SECONDA

# DOCUMENTAZIONE DI APPROFONDIMENTO

### **1. MATERIALI E METODI**

Negli **Allegati 4.j** vengono riportate le metodiche di analisi utilizzate presso i laboratori EcoResearch di Bolzano (metodo EPA 1613B 1994, metodo US EPA 1668B 2008) e presso il Laboratorio dell'APPA (APAT CNR IRSA 3020, ISS.DBB.034.REV00, ISS\_06-38), che sono di seguito riassunte, insieme a quelle adottate dall'Istituto Mario Negri e dal CNR di Ca'Foscari.

#### **1.1 Metodiche analisi EcoResearch**

L'analisi di PCDD/F, PCB e IPA nelle deposizioni secco/umido, nei fanghi di depurazione e nei suoli, è stata effettuata presso Eco-Research, i cui laboratori, accreditati ACCREDIA n. 0334, risultano specializzati nella ricerca analitica degli inquinanti persistenti organici quali diossine e furani (PCDD/F), policlorobifenili (PCB) tra i quali si identificano i PCB dioxin-like e i PCB totali, e idrocarburi policiclici aromatici (IPA), su numerose tipologie di matrici ambientali.

Negli stessi laboratori sono state eseguite anche le analisi delle concentrazioni di PCDD/F e PCB sulle deposizioni misurate su aghi di abete rosso.

La quantificazione è stata effettuata mediante:

- metodo EPA 1613B 1994 per i PCDD/F;
- metodo US EPA 1668B 2008 in matrici liquide e/o solide (vedi allegati) per i PCB dioxin-like;
- metodo MI-03 rev. in vigore per acque e matrici solide (il metodo adottato è interno in quanto non esistono nella normativa attuale metodi per analisi IPA in alta risoluzione) per la quantificazione di IPA.

Tutti i metodi analitici riportati sono condotti esclusivamente in gascromatografia accoppiata a spettrometria di massa in alta risoluzione HRGC-HRMS.

##### **1.1.1 Dettagli delle tecniche di estrazione e analisi in massa**

Nella prima fase di analisi nelle deposizioni e nei fanghi, PCDD/F e PCB vengono isolati dalla matrice acquosa tramite estrazione con opportuna miscela di acetone-esano. Per la separazione degli IPA viene utilizzato esano puro.

Per il trattamento delle deposizioni su aghi di abete l'estrazione di PCDD/F e PCB avviene tramite l'utilizzo di un estrattore Soxhlet.

Le miscele così ottenute di PCDD/F e PCB vengono purificate su colonna cromatografica mista come da metodica, mentre per gli IPA viene utilizzata una colonna in gel di silice.

L'aggiunta degli standard, la realizzazione della retta di taratura e la metodologia di integrazione dei picchi evidenziati nello spettro di massa sono condotti secondo le metodiche allegate. Anche per gli IPA vengono utilizzati standard marcati C13 o deuterati che vengono aggiunti prima dell'analisi in massa (diluizione isotopica, volume aggiunto 50 µl concentrazione 5000 pg/µl). La miscela comprende tutti i congeneri riportati nel rapporto di prova.

La risoluzione strumentale durante tutto il corso dell'analisi in massa viene controllata via software dallo strumento, mediante la verifica in continuo del gas di taratura aggiunto prima di ogni serie analitica FC43 (vedi EPA 1613). Ad ogni nuova serie analitica viene effettuata la verifica della retta di taratura (VER secondo metodica).

Il rapporto di sensibilità bassa/alta risoluzione è stimato pari a circa 1/100.

#### **1.1.2 Dotazione strumentazione laboratori EcoResearch**

Il laboratorio Eco-Research dispone della seguente strumentazione per l'analisi dei microinquinanti:

- n. 2 strumenti HRGC-HRMS (Gascromatografia accoppiata alla spettrometria di massa ad alta risoluzione  $R > 10.000$ ): Thermofinnigan MAT95 XL (acquistato nel 1999) e Thermofinnigan MAT 95 XP (acquistato nel 2003). Entrambi gli strumenti sono dotati di due forni gas cromatografici.
- n. 3 estrattori automatici Dionex ASE 200 (acquistati nel 1999 e nel 2003)
- n. 3 evaporatori Zymark Turbovap 2 (1999, 2001 e 2003)
- n. 1 sistema di clean up automatico Power Prep. (2005)

#### **1.1.3 Procedure e frequenze delle tarature**

Le metodiche analitiche per la determinazione di PCDD/F, PCB e IPA applicate dal laboratorio prevedono dei criteri di accettabilità dei dati per ogni serie analitica di 20 campioni; viene inoltre attuato il controllo della taratura ad ogni serie analitica tramite l'utilizzo di una soluzione a concentrazione nota che si trovi all'interno della retta di taratura. Ad esito negativo la procedura di taratura viene ripetuta. Dopo ogni intervento sostanziale sulla strumentazione (es.

cambio colonna cromatografica, pulizia sorgente, ecc.) è prevista la taratura dello strumento. Per quanto riguarda la risoluzione dello strumento ( $R > 10000$ ) i metodi applicati prevedono i controlli ad inizio e fine analisi.

## **1.2 Metodiche analisi APPA**

La determinazione e quantificazione dei metalli all'interno dei deposimetri è stata effettuata presso i laboratori di APPA. Le analisi sono state effettuate sia sulla parte solida (particolato estratto dai filtri) che sulla matrice liquida.

Nella fase preliminare di preparazione del campione da analizzare viene effettuata la procedura di filtrazione e mineralizzazione con acido (tipicamente acido nitrico concentrato) che permette di distruggere la parte organica della matrice al fine di determinare la concentrazione di specie metalliche presenti.

A tale scopo la bottiglia di raccolta e i filtri (filtri in quarzo) vengono lavati con soluzione acquosa al 2% di  $\text{HNO}_3$  e successivamente con acqua ultrapura, raccogliendo i lavaggi in beuta.

Successivamente si procede alla determinazione e quantificazione delle specie metalliche presenti nel campione raccolto tramite tecniche ottiche con sorgente al plasma ICP-OES.

La spettrometria ad emissione atomica accoppiata induttivamente al plasma d'argon con rivelatore ottico è una delle metodologie più frequentemente utilizzate nella determinazione di metalli pesanti a concentrazione dell'ordine dei  $\mu\text{g/l}$ . La base del metodo consiste nella misura delle intensità delle radiazioni elettromagnetiche emesse dagli atomi/ioni eccitati delle specie presenti nel campione analizzato. Il campione e le soluzioni di taratura vengono opportunamente nebulizzate e l'aerosol viene trasportato nel plasma, dove, in seguito a fenomeni di eccitazione, avviene la produzione dello spettro di emissione composto dalle righe caratteristiche degli elementi presenti. Tali righe, dopo essere state separate in frequenza tramite sistemi ottici dispersivi vengono inviate sul rivelatore che produce un segnale elettrico di intensità proporzionale all'intensità delle righe di emissione. Tali intensità di emissione vengono rilevate e la concentrazione di analita presente nel campione viene determinata per confronto con una soluzione di riferimento a concentrazione nota.

Le analisi condotte presso i laboratori APPA sono state eseguite con riferimento ai metodi APAT CNR IRSA 3020, ISS.DBB.034.REV00 e ISS\_06-38 (vedi allegato) sulla base della tipologia della specie metallica da determinare e del limite di rilevabilità assicurato da ciascun metodo.

### **1.3 Metodiche analisi Dipartimento Ingegneria dei Materiali e Tecnologie Industriali (DIMTI)**

#### **1.3.1 Analisi particolato depositato su aghi di abete**

Un'ulteriore caratterizzazione del particolato depositato su aghi di abete rosso selezionati nella zona dell'impianto è stata effettuata presso i laboratori del DIMTI. L'attenzione è stata rivolta in particolare all'analisi delle dimensioni delle particelle della matrice inorganica e della composizione chimica tramite utilizzo di microscopia elettronica a scansione (SEM), spettroscopia X a dispersione di energia (EDXS) e tecniche ottiche con sorgente al plasma ICP-AES. Nell'ambito dello stesso progetto è stata anche sviluppata una metodologia di analisi del nanoparticolato tramite l'utilizzo di microscopia elettronica in trasmissione (TEM) e spettroscopia X (vedi pubblicazioni allegate). Tutti i risultati sono stati confrontati con opportuni standard.

È stato sviluppato un opportuno protocollo analitico che permettesse di ottenere il maggior numero di informazioni possibili, suddividendo ogni campione in tre differenti sotto-campioni.

Il primo sotto-campione è stato utilizzato per l'analisi del particolato tramite misure di microscopia elettronica a scansione. Gli aghi di abete sono stati montati su matrici di alluminio con un diametro di 2 cm tramite nastro biadesivo e osservati tramite un microscopio elettronico a scansione che può essere impiegato anche nella modalità a *basso vuoto* (low-vacuum SEM: LVSEM) disponibile presso i laboratori del DIMTI. Tale approccio è particolarmente interessante per la ricerca in oggetto, giacché consente di analizzare senza la necessità di deporre film conditivi di oro o di carbonio i campioni vegetali, notoriamente non conduttivi elettricamente.

Gli altri due campioni sono stati utilizzati per stimare la concentrazione di elementi dovuta alla deposizione atmosferica, tramite misure differenziali della concentrazione elementare nel sotto-campione di ago lavato e non lavato. Uno dei due sotto-campioni di aghi è stato lavato con una soluzione 1:1 di toluene:tetraidrofurano utilizzando la seguente procedura: gli aghi sono stati immersi tre volte nel solvente per circa 15 secondi e risciacquati dopo ogni immersione con acqua deionizzata.

Entrambi i sotto-campioni sono stati asciugati in forno a 70 °C per 48 ore. Dopo l'essiccazione, gli aghi sono isolati dalla matrice legnosa e macinati fino ad

ottenere una polvere omogenea. Ciascun campione di polvere è stato ulteriormente diviso in due parti. La prima parte è stata utilizzata per le analisi di fluorescenza a raggi X, mentre la seconda aliquota è stata preparata per le misure in ICP-AES.

I campioni da utilizzare per l'analisi in TEM sono stati preparati seguendo la medesima procedura di lavaggio descritta precedentemente. La griglia TEM è stata analizzata con un microscopio elettronico a trasmissione accoppiata con un sistema EDXS disponibile presso i laboratori del DIMTI.

### **1.3.2 Caratterizzazione della presenza di inquinanti in facciate di edifici di differente età e/o monumenti**

Per l'analisi delle deposizioni di inquinanti sulla facciata di edifici di differente età e/o monumenti selezionati all'interno della zona limitrofa all'impianto sono state utilizzate le tecniche di microscopia elettronica e spettroscopia X descritte nella sezione precedente.

Dopo un controllo generale dello stato delle superfici degli edifici interessati, sono stati raccolti alcuni campioni rappresentativi: parti di intonaco, frammenti già distaccati e raschiamenti di polveri depositate. Ove possibile sono state realizzate delle sezioni di alcuni dei frammenti già distaccati al fine di valutarne lo spessore.

Preliminarmente, tutti i campioni sono stati esaminati con un microscopio ottico a basso ingrandimento ed è stata realizzata una opportuna documentazione fotografica.

### **1.4 Metodiche analisi Istituto Mario Negri**

Per la rilevazione e l'analisi della qualità dell'aria operata dall'Istituto Mario Negri è stata opportunamente sviluppata e adattata al caso specifico in esame una metodologia sperimentale di rilievo e analisi delle emissioni in ambiente esterno.

Le attività di monitoraggio si sono concentrate sul controllo di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), idrocarburi metanici e non metanici, polveri sottili (PM<sub>10</sub>) e polveri ultrafini (numero di particelle/cm<sup>3</sup> con riferimento a particelle di dimensioni comprese fra 20 nm e 1 µm) tramite l'utilizzo di una cabina attrezzata con strumentazione automatica per la determinazione *on-line* dei suddetti macroinquinanti.

Una specifica linea sperimentale è stata realizzata dagli operatori dell'Istituto Mario Negri e installata presso il parcheggio dell'impianto sportivo del Comune di Roncegno Terme.

In particolare:

- Sono state programmate un numero di giornate di monitoraggio pari ad un mese e prolungato a due;
- Sono state preparate e installate due linee di prelievo *off-line* del particolato: la prima è stata destinata al prelievo in aria esclusivamente nelle giornate di attività dell'acciaieria e la seconda è stata dedicata al prelievo di campioni durante i periodi previsti di inattività dell'impianto (giornate feriali diurne).
- Per il monitoraggio di SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> e O<sub>3</sub> sono stati utilizzati rilevatori di tipo ottico che si basano sulla misura dell'intensità della radiazione elettromagnetica (UV-Visibile-Infrarossa) emessa o assorbita dalle specie chimiche in esame e che fornisce una misura quantitativa della concentrazione di inquinante.
- Per la rilevazione degli idrocarburi metanici e non metanici è stata misurata la ionizzazione derivante dalla combustione selettiva e non degli idrocarburi totali e del metano introdotti in una fiamma di idrogeno.

Nello specifico la strumentazione in dotazione nella cabina attrezzata prevedeva:

- *Analizzatore di SO<sub>2</sub>: HORIBA modello APSA-360*
- *Analizzatore di monossido di carbonio: HORIBA modello APMA-360*
- *Analizzatore NO<sub>x</sub>: HORIBA modello APNA-360*
- *Analizzatore di ozono: HORIBA modello APOA*
- *Analizzatore di idrocarburi metanici e non metanici: HORIBA modello APHA-360*

Per quanto riguarda la rilevazione di polveri sottili e ultrafini sono stati utilizzati, rispettivamente, un *Campionatore PM10 TCR TECORA modello Skypost PM HV* e un *Contatore di particelle TSI mod. 303*. Tale strumentazione permette di ottenere una misura del numero di particelle presenti in aria, nonché una determinazione della distribuzione delle dimensioni del particolato in esame tramite campionamenti continui di 24 ore al giorno con risoluzione temporale dell'ordine dei 10 minuti circa.

La caratterizzazione granulometrica del micro e nano particolato è avvenuta tramite l'utilizzo di uno strumento *Grimm 1.101*.

## 1.5 Metodiche analisi Ca'Foscari

Misure di deposizione di PCDD/F, PCB, IPA e metalli pesanti nella zona di Borgo Valsugana, nonché rilevazioni di microinquinanti organici nei sedimenti della Palude di Roncegno sono stati effettuati nell'ambito del progetto presso l'Istituto per la dinamica dei processi ambientali-Consiglio Nazionale delle Ricerche- Sede di Venezia.

Per quanto riguarda le misure di deposizione sono stati installati nella stazione di campionamento di Borgo Valsugana due deposimetri *wet&dry* (MTX Italia S.r.l.), uno per la raccolta delle deposizioni organiche (deposizioni secche e umide) e uno per quelle inorganiche (deposizioni secche e umide). Per le deposizioni organiche ci si è serviti di contenitori di vetro, mentre per quelle inorganiche sono stati utilizzati deposimetri in polietilene.

La peculiarità della tecnologia *wet&dry* è quella per cui i deposimetri possiedono due distinti recipienti di raccolta, che possono essere alternativamente chiusi mediante un coperchio basculante, azionato da un motore elettrico regolato da un sensore di pioggia.

Il campionamento è stato condotto da maggio 2011 a marzo 2012 con una frequenza superiore al mese.

### 1.5.1. *Analisi microinquinanti organici*

Prima del campionamento i contenitori per la determinazione dei microinquinanti organici sono stati preliminarmente decontaminati tramite ripetuti lavaggi con solventi organici (acetone, diclorometano e n-esano).

Alla fine di ogni periodo di campionamento (circa un mese) entrambi i contenitori delle deposizioni dry e wet sono stati sottoposti a estrazione tramite miscela 1:1 di n-esano e diclorometano.

La determinazione dei microinquinanti organici in esame -nello specifico, policloro-dibenzo-p-diossine e furani (PCDD/F), policloronaftaleni (PCN), idrocarburi policiclici aromatici (IPA), policlorobifenili (PCB), polibromodifenileteri (PBDE)- è stata effettuata tramite gascromatografia accoppiata alla spettrometria di massa con detector ad alta risoluzione (MAT 95) utilizzando il metodo della diluizione isotopica per aggiunta di standard interno.

La quantità assoluta di ogni analita presente nei campioni di deposizione sia wet che dry è stata corretta per sottrazione dei rispettivi bianchi.



### 1.5.2. *Analisi microinquinanti inorganici*

Anche in questo caso, prima del campionamento i contenitori per la determinazione dei microinquinanti inorganici sono stati preliminarmente decontaminati con ripetuti lavaggi con soluzioni diluite di acidi grado Suprapuro/Ultrapuro.

Alla fine di ogni periodo di campionamento (circa un mese) i contenitori con le deposizioni sono stati sottoposti ad estrazione con acqua ultrapura (Elga®) acidificata al 2% con HNO<sub>3</sub> (ROMIL® grado UPA) mediante agitazione per rotazione.

La determinazione degli elementi in tracce sugli estratti è stata effettuata tramite iniezione in spettrometro di massa a quadrupolo utilizzando come sistema di ionizzazione la tecnologia al plasma accoppiato induttivamente e dotato di cella di collisione (ICP-CRC-MS, Agilent 7500I).

I campioni ottenuti in matrice acquosa sono stati preliminarmente disgregati in forno a microonde ETHOS 1600 Milestone utilizzando opportuna miscela di acidi operando ad elevate condizioni di temperatura e pressione (All.4).

Sono state determinate per via strumentale le concentrazioni nei campioni disgregati dei seguenti elementi: Be, Al, Ti, Mg, Ca, V, Cr, Fe, Co, Mn, Ni, Cu, As, Sr, Zn, Rb, Mo, Ag, Sb, Cd, Ba, La, Ce.

Per quanto riguarda la rilevazione dei microinquinanti organici nei sedimenti della Palude di Roncegno il giorno 8/3/2012 è stato effettuato un campionamento presso il lago della Palude di Roncegno tramite carotatore manuale ottenendo in questo modo una "carota" di sedimento di lunghezza pari a 24 cm; tale campione è stata successivamente sezionato in n. 8 campioni della lunghezza di circa 3 cm ciascuno allo scopo di indagare l'evoluzione temporale della contaminazione da microinquinanti organici.

Dopo preliminare essiccazione e setacciatura del campione, si è proceduto all'estrazione e desolfurazione del sedimento tramite l'utilizzo di PLE (Pressurized Liquid Extraction, FMS, Fluid Management System Inc., Watertown, MA, USA) e seguendo un adattamento del metodo EPA 1668B (All.4).

Un ulteriore purificazione dell'estratto è stata eseguita utilizzando il sistema automatico Power-Prep™ (FMS), che prevede il passaggio del campione attraverso una colonna monouso in silice neutra (FMS) con n-esano e in una seconda fase miscela 1:1 di n-esano e diclorometano come eluenti.

Anche in questo caso per l'identificazione e determinazione di PCDD/F, IPA e PCB sui campioni di sedimenti si è proceduto tramite gascromatografia

accoppiata alla spettrometria di massa con detector ad alta risoluzione utilizzando il metodo dello standard interno.

## **2 ANALISI**

L'attività di campionamento svolta all'interno del progetto di valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria della zona di Borgo Valsugana ha riguardato le misure di seguito descritte.

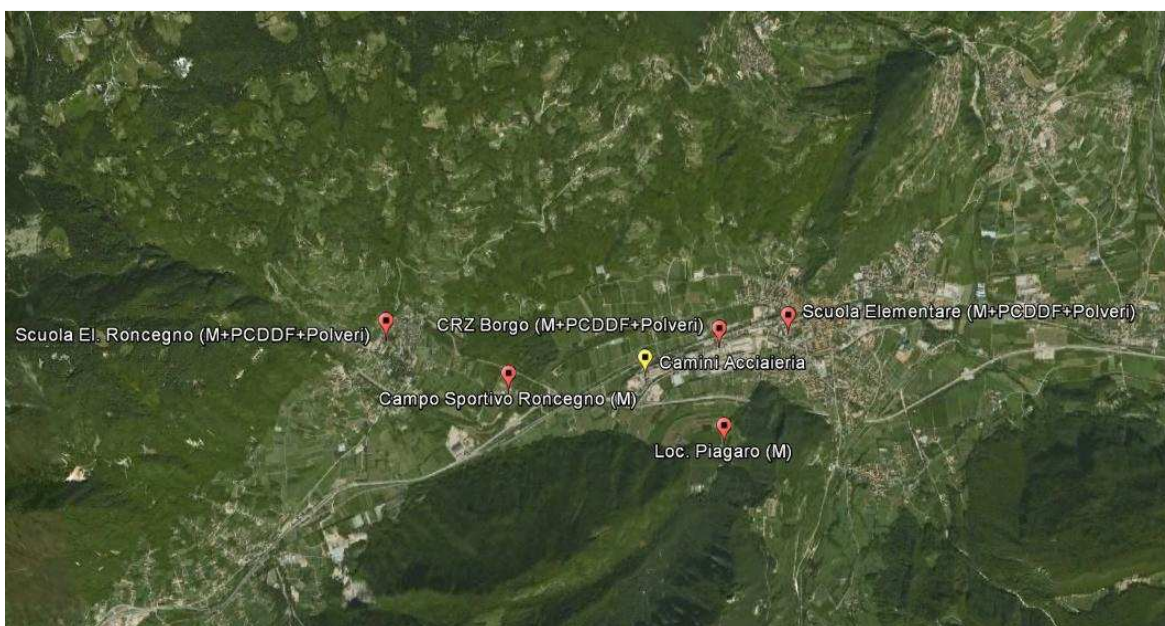
### **2.1 Deposizioni in aria ambiente**

Tramite l'utilizzo di deposimetri è stato possibile misurare le deposizioni in aria ambiente, secche e umide, nelle zone circostanti l'impianto di Borgo Valsugana. Tramite l'utilizzo di due deposimetri in vetro pyrex è stato possibile analizzare le deposizioni in termini di PCDD/F e PCB, mentre con gli otto deposimetri in plastica le deposizioni di metalli e polveri. I deposimetri, lasciati in campo per un periodo di 12 mesi (18 in alcuni casi) sono stati rigenerati ogni 30 giorni circa; tuttavia non sempre le condizioni meteorologiche hanno permesso di rispettare questo intervallo temporale, a causa delle piogge a volte troppo abbondanti e a volte troppo scarse. In generale sono stati effettuati campionamenti di PCDD/F suddivisi su tre luoghi e cioè la scuola elementare di Borgo, il CRZ di Borgo e la scuola elementare di Roncegno. Tramite l'utilizzo dei medesimi deposimetri si sono ottenute anche caratterizzazioni delle deposizioni in termini di PCB (totali e dioxin-like) e IPA. Con l'utilizzo invece dei deposimetri in plastica si è potuto misurare le deposizioni in termini di metalli. I deposimetri per metalli sono stati installati presso la scuola elementare di Borgo, il CRZ di Borgo, località Piagaro a Borgo Valsugana, la scuola elementare di Roncegno e la zona sportiva di Roncegno. I deposimetri in plastica sono stati utilizzati anche per ricavare informazioni sulle deposizioni delle polveri in aria ambiente, analizzate come materiale in sospensione totale e residuo fisso a 180°C. Oltre ai risultati in termini di deposizioni totale sono significativi quelli in termini di distribuzione dei congeneri che permettono di avere informazioni sulle impronte di inquinamento confrontabili fra loro. Un continuo confronto con il Sindaco di Borgo Valsugana ha permesso di organizzare i campionamenti al meglio, sfruttando i periodi di chiusura dell'impianto per ferie o inattività. I risultati sono stati costantemente forniti a CISMA srl per l'elaborazione e la validazione del loro modello di dispersione. Le analisi per quanto riguarda le sostanze organiche (PCDD/F e

PCB) sono state effettuate presso i laboratori EcoResearch a Bolzano, mentre per quelli inorganici ai laboratori APPA a Trento.

Ulteriori determinazioni sono state effettuate dal CNR di Ca'Foscari presso le scuole di Borgo Valsugana, utilizzando un deposimetro in grado di distinguere deposizioni secche e umide. In particolare, grazie ad un particolare meccanismo automatico, questa tipologia di deposimetri è in grado di suddividere le deposizioni in secche e umide, andando ad agire su un'apposita bilancia nel momento in cui sono presenti precipitazioni meteoriche. Lo spostamento della bilancia va a chiudere uno dei due deposimetri presenti sotto di essa, dividendo così le deposizioni fra secche e umide. Le deposizioni misurate con questo meccanismo hanno riguardato componenti organiche fra cui PCDD/F e PCB.

I punti di interesse sono indicati nella figura riportata di seguito.



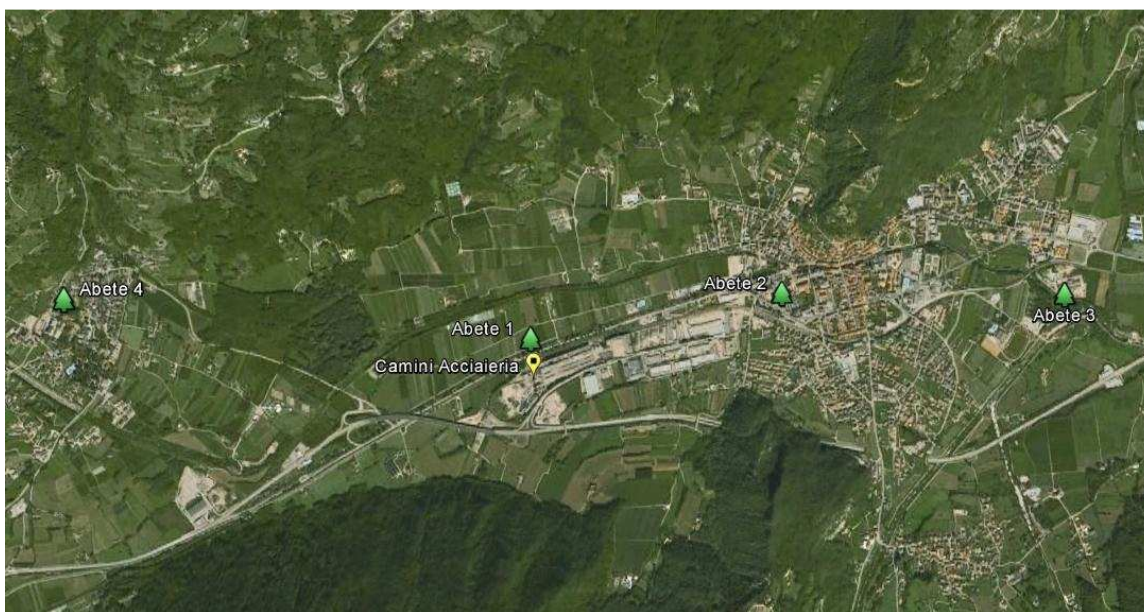
## 2.2 Deposizioni su aghi di abete

Analisi di concentrazioni di PCDD/F e PCB sono state svolte anche sulle deposizioni su aghi di abete rosso. In totale sono stati selezionati 4 abeti nella zona dell'impianto, da cui sono stati ricavati due campioni da ciascuno di essi. In particolare, grazie all'identificazione degli aghi in base alla loro età, si sono campionati due campioni risalenti a due epoche diverse e cioè l'anno 2011 e l'anno 2005. L'identificazione di queste due epoche è stata possibile grazie ad una selezione di quegli aghi presenti su determinati spezzoni di ramo, identificati tramite i nodi del ramo stesso. Il primo abete selezionato si trova

vicino ai camini dell'impianto, il secondo nei pressi della scuola elementare di Borgo Valsugana, il terzo presso il campo sportivo di Borgo Valsugana ed il quarto presso la scuola elementare di Roncegno. La selezione dei due anni citati in precedenza è dovuta al fatto che nel periodo intermedio ed in particolare nell'anno 2009 sono state introdotte nell'impianto le BAT. Campionare prima e dopo questo anno quindi è stato significativo per verificare eventuali differenze in termini di concentrazioni.

L'attività sugli aghi di abete è stata svolta in collaborazione con il dott. Olivari del Servizio Forestale di Borgo Valsugana. I risultati delle analisi sui quattro abeti sono stati confrontati anche con quelli ottenuti da analisi svolte sugli aghi prelevati nel Denali National Park in Alaska, riferiti al solo anno 2011. Le analisi di microinquinanti organici sono state eseguite presso il laboratorio EcoResearch di Bolzano. Le analisi di microinquinanti inorganici sono state eseguite dal DIMTI.

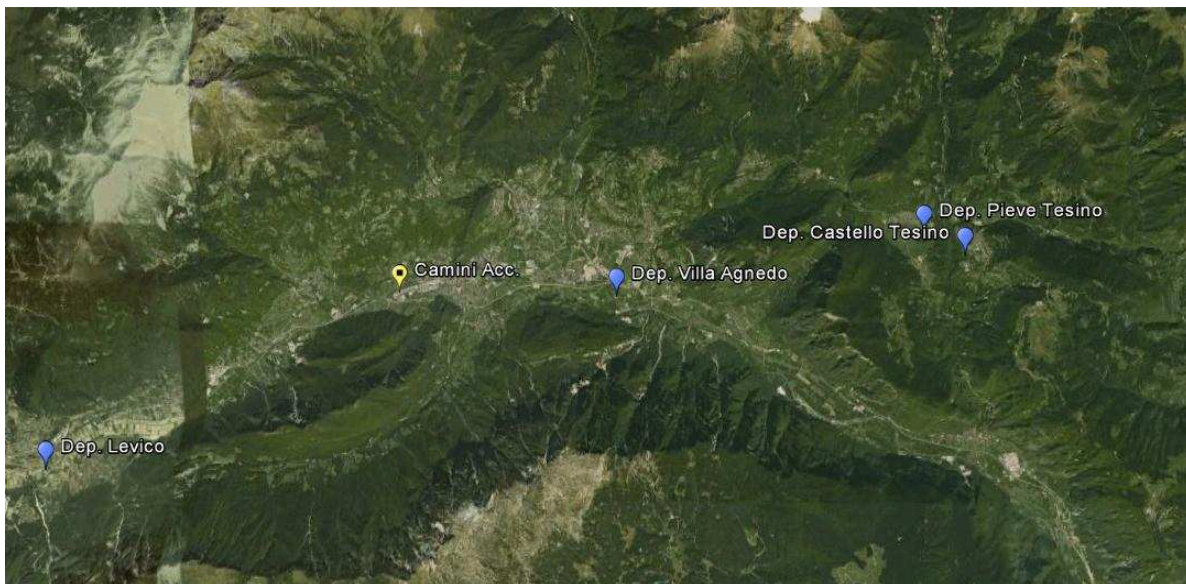
La posizione degli abeti di interesse è indicata nella figura riportata di seguito.



### 2.3 Fanghi

Ulteriori campionamenti sono stati effettuati sui fanghi di depurazione dei depuratori di Pieve Tesino, Castello Tesino, Villa Agnedo e Levico Terme, campionati prima della disidratazione. Le analisi di PCDD/F e PCB e sono state eseguite presso i laboratori EcoResearch a Bolzano. Dai campioni è stato anche ricavato il parametro riferito all'umidità proprio per avere certezza che i fanghi fossero riferiti allo stadio di pre-disidratazione. Ogni campione prelevato

è stato di 1 litro ed i campionamenti sono stati svolti in bassa stagione, ai primi di dicembre, in modo da evitare l'influenza di eventuali flussi turistici che avrebbero potuto alterare i normali apporti ai vari depuratori e di conseguenza le analisi stesse. Il posizionamento dei depuratori è riportato nella figura seguente.



## 2.4 Particolato atmosferico

Ulteriori campagne di misura sono state svolte, dal DICA, sulle polveri utilizzando uno strumento ottico chiamato GRIMM. Queste misure consentono di ricavare informazioni sulle polveri presenti in aria ambiente ed in particolare sono state svolte in diversi luoghi (est-lato Borgo Valsugana e ovest-lato Trento dell'impianto) e ad impianto sia fermo (giorno) che funzionante (notte). Grazie alla disponibilità di un altro strumento identico si è proceduto ad effettuare delle misure in contemporanea, con uno collocato nella zona sportiva di Borgo Valsugana e l'altro in quella di Roncegno. Lo strumento GRIMM è stato installato anche sul tetto della scuola elementare di Borgo Valsugana, là dove erano già collocati alcuni deposimetri. Lo strumento ha funzionato per circa 20 giorni ininterrottamente in una modalità che permette di ricavare uno spettro delle polveri presenti in aria suddivise in 15 classi dimensionali. I punti dove il DICA ha utilizzato il GRIMM sono indicati nella figura riportata di seguito.

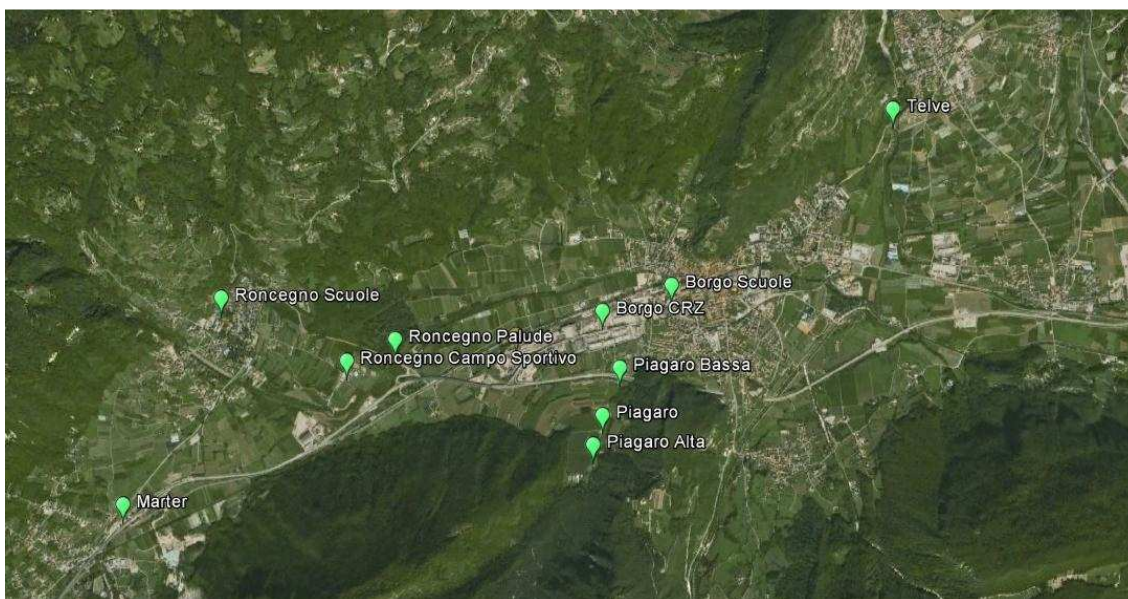


Ulteriori analisi del particolato atmosferico sono state svolte, da parte dell'istituto Mario Negri presso il campo sportivo di Roncegno. In questo caso la strumentazione utilizzata ha permesso di determinare anche il particolato ultrafine.

APPA ha inoltre fornito con continuità le analisi del particolato misurate dalla centralina di Borgo Valsugana.

## 2.5 Sedimenti

Oltre ai deposimetri sono stati campionati dei sedimenti da uno stagno presente presso l'abitato di Roncegno. Le carote campionate sono state suddivise in più strati per ricavare informazioni sulle concentrazioni di PCDD/F e PCB che si sono sedimentate nel tempo. Le analisi sono state effettuate dal CNR di Ca'Foscari. Il posizionamento dello stagno è riportato nella figura seguente in cui sono indicati anche i punti di prelievo di campioni di suolo.



## 2.6 Suoli

Il quadro conoscitivo è stato completato dalla caratterizzazione di 10 campioni di suolo, prelevati dai punti sopra indicati. Le analisi dei microinquinanti organici sono state effettuate dal laboratorio di EcoResearch.

## 2.7 Macroinquinanti

I macroinquinanti in aria ambiente sono stati rilevati dall'Istituto Mario Negri durante i due mesi di attività presso il centro sportivo di Borgo Valsugana e con continuità dalla centralina APPA di qualità dell'aria.

### ***3 CONSULENZE ESTERNE AL DICA***

**Allegato 5:** relazione CISMA

**Allegato 6:** relazione Istituto Mario Negri (seguirà integrazione)

**Allegato 7:** relazione Ca' Foscari

**Allegato 8:** tabella Università di Padova (seguirà integrazione)

**Allegato 9:** report DIMTI

### ***4 ALTRI ALLEGATI***

**Allegato 10:** Schema impianto

**Allegato 11:** Analisi storiche

**Allegato 12:** Certificati analitici (analisi svolte da APPA e Eco-Research nella presente ricerca: all. 12.1 e 12.2)

**Allegato 13:** Elaborazioni grafiche deposizioni

**Allegato 14:** Mappe di deposizione da modellazione (ipotesi di calibrazione su deposizioni estive)



## **5 RIFERIMENTI AI CONTENUTI DELL'ALLEGATO TECNICO**

<b>SOTTOPROGETTO 1: Caratterizzazione delle emissioni attuali di PCDD/F ed altri IATP funzionali ad una modellazione di dispersione e deposito</b>	
Validare le informazioni esistenti sulle emissioni di PCDD/F ed altri IATP dall'impianto	<b>All.11 e pubblicazioni</b>
Misurare la ripartizione di PCDD/F, PCB, IPA, metalli in fase gas/particolato per una accurata modellazione di dispersione e deposito degli inquinanti (la caratterizzazione degli IATP sarà effettuata previa selezione in funzione del loro rischio potenziale assoluto e contestualizzato)	<b>Concordato con APPA spostamento misure a sito esterno a impianto. Relazione ISMN All.6.</b>
Produrre una curva granulometrica all'emissione, funzionale al modello di dispersione e deposito (due caratterizzazioni)	<b>All.6</b>
Stimare il fattore di emissione di PCDD/F dell'acciaieria	<b>All. 5</b>
Aggiornare l'inventario APPA sulle PCDD/F in Trentino	<b>Emissioni annue ricavabili da all.3.20</b>
Verificare se l'impronta di PCDD/F al camino è visibile nelle caratterizzazioni in aria a livello del suolo	<b>Allegato 5</b>
<b>SOTTOPROGETTO 2: Modellazione di dispersione e deposito di PCDD/F ed altri IATP</b>	
Sviluppare uno strumento modellistico per la verifica dell'attuale incidenza dell'impianto sul territorio, con trasferimento di competenze ad APPA per il suo utilizzo futuro e con caratteristiche tali da permetterne un uso secondo scenari differenti (in particolare riguardanti la storia dell'impianto)	<b>Allegato 5. Parti di pubblicazioni all.3</b>
<b>SOTTOPROGETTO 3: Caratterizzazione ambientale integrativa</b>	
Produrre dati originali funzionali al completamento della caratterizzazione ambientale di PCDD/F ed altri IATP con riferimento alle emissioni attuali (prima parte) ed alle emissioni riconducibili a scenari del passato (seconda parte)	<b>All.5 + parti di pubblicazioni all.3</b>

Produrre dati originali circa la presenza di inquinanti trattenuti nelle facciate di edifici selezionati e/o monumenti, per una più corretta ricostruzione delle dinamiche emissive	<b>Allegato 9</b>
Produrre dati originali circa la presenza di PCDD/F in aghi di pino della zona (indicatori).	<b>All. 3.9 e 3.10</b>
Verrà inoltre verificata la possibilità di orientare un progetto europeo esistente per disporre di dati ambientali sulle polveri ultrafini della zona per comparazioni con altri contesti.	<b>Presi contatti</b>
<b>SOTTOPROGETTO 4: Ricostruzione storica dell'impatto da PCDD/F ed altri IATP</b>	
Interpretare il ruolo dell'acciaieria negli anni passati, sulla base delle informazioni disponibili fino ad oggi, integrate con i dati del sottoprogetto 3	<b>Allegato 5</b>
Sviluppare un approccio innovativo per la valutazione delle dinamiche di inquinamento sulla base della caratterizzazione chimica delle facciate di edifici selezionati e/o monumenti	<b>Allegato 9</b>
Ricostruire la dinamica passata delle deposizioni dell'impianto	<b>Allegato 5</b>
<b>SOTTOPROGETTO 5: Sviluppo di un modello di analisi di rischio</b>	
Sviluppare un modello, calibrato sulla realtà trentina, per la valutazione del rischio per la salute da inquinanti atmosferici tossici e persistenti (in particolare PCDD/F ed altri IATP di interesse per il caso in esame, ma adattabile anche ad altri casi di studio)	<b>Alcune pubblicazioni in all. 3.</b>
Sviluppare un nuovo approccio per la verifica dell'esposizione a PCDD/F basata sull'analisi di PCDD/F in fanghi di depurazione	<b>Alcune pubblicazioni in all. 3.</b>

## PARTE TERZA

### **SINTESI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI**

Per comodità di lettura, in questa sezione vengono riportati in sintesi i risultati della ricerca, i cui dettagli sono disponibili nelle pubblicazioni della parte I e negli allegati della parte II.

#### IMPATTO ATTUALE

1. La modellazione di dispersione, utilizzata anche per selezionare i siti di interesse per le caratterizzazioni ambientali, ha evidenziato un impatto compatibile con il territorio, con riferimento alla configurazione attuale.
2. L'insieme delle misure, effettuate mediante deposimetri posizionati in siti significativi per esposizione potenziale, hanno dimostrato che l'incidenza dell'impianto nella configurazione attuale e nel periodo delle rilevazioni è risultata compatibile con l'uso del suolo nel territorio di interesse; tale risultato vale sia per gli inquinanti inorganici sia per quelli organici. Le misure sono state effettuate con impianto in funzione e non.
3. Misure di polveri effettuate con strumentazione ottica portatile, posizionata in prossimità dell'impianto in funzione e non operativo, hanno evidenziato una limitata incidenza dell'impianto sul territorio nei periodi di misura.
4. La caratterizzazione delle polveri ultrafini nella zona di Roncegno, potenzialmente esposta in particolare alle emissioni diffuse dell'impianto, ha evidenziato una presenza tipica di aree sub-urbane.
5. L'analisi della dieta locale ha permesso di evidenziare come il percorso più significativo in termini di assunzione di PCDD/F sia legato al consumo di prodotti caseari.

#### IMPATTO ATTUALE E PASSATO

6. Le analisi dei suoli effettuate nell'ambito della ricerca hanno evidenziato livelli di contaminazione di PCDD/F e PCB nel territorio interessato dall'impianto tipici di suoli idonei per uso agricolo o residenziale.
7. Le analisi riguardanti la stratificazione dei sedimenti di uno stagno selezionato in base alla localizzazione rispetto all'impianto hanno

- evidenziato un significativo calo dell'incidenza dell'impianto in tempi recenti; ciò può essere spiegato con l'introduzione delle BAT nel 2009.
8. Le analisi della presenza di PCDD/F e PCB nei fanghi civili di alcuni depuratori che trattano i reflui prodotti da abitanti esposti e non esposti alle emissioni dell'impianto, direttamente o mediante consumo di prodotti locali, ha evidenziato l'assenza di una situazione di emergenza nel territorio interessato dall'impianto.
  9. Le analisi dei microinquinanti organici e inorganici negli aghi di abeti selezionati in base alla diversa esposizione agli inquinanti emessi dall'impianto hanno evidenziato che sia negli anni immediatamente precedenti, sia seguenti l'introduzione delle BAT l'incidenza dell'impianto è stata ed è compatibile con l'uso del suolo nel territorio interessato dall'impianto.
  10. L'analisi delle configurazioni passate ha evidenziato che la normativa che ha regolato il settore ha esposto il territorio a impatti potenzialmente elevati. Le dimensioni dell'impianto, la gestione di lungo periodo, il tipo di alimentazione del processo, hanno evitato un'alterazione significativa e permanente della qualità dei suoli nella zona dell'impianto per quanto riguarda PCDD/F e PCB.
  11. In merito ai metalli pesanti, le emissioni dell'impianto negli ultimi 15 anni sono risultate piuttosto contenute (ciò sulla base di approcci multipli).

Quanto scritto sull'impatto dell'acciaieria non esclude periodi di funzionamento non a norma.

## SVILUPPI

12. Alcuni picchi di deposizioni rilevati a Roncegno (anche a impianto spento) rendono necessarie future verifiche.
13. La normativa attuale pone una maggiore attenzione rispetto al passato alle emissioni convogliate; tuttavia, per quanto riguarda le emissioni diffuse è importante integrare quanto richiesto dalla normativa vigente con soluzioni progettuali e gestionali che ne minimizzino le quantità. In particolare, la zona di stoccaggio delle scorie deve evitare rilasci di inquinanti costanti e/o occasionali.
14. L'integrazione di parametri tossicologici e modellazione di deposizione ha permesso di definire un criterio di deposizione limite complessiva di

PCDD/F per la tutela del territorio, adattabile alle caratteristiche delle varie aree del Trentino.

15. Un approfondimento riguardante le emissioni a bassa quota e la conseguente loro incidenza sul territorio ha permesso di definire un criterio semplificato di valutazione delle deposizioni di PCDD/F, tracciando quindi la strada ad una zonizzazione del territorio in aree ad incidenza trascurabile/modesta/significativa, rispetto alla deposizione limite.
16. L'attuale limite ai camini per l'emissione di cromo esavalente non è adeguatamente restrittivo. I dati disponibili sui suoli non hanno comunque evidenziato la presenza di tale inquinante sopra la soglia di rilevabilità. In considerazione della rilevanza tossicologica di tale inquinante, dovrebbe in ogni caso essere modificato il limite al camino oppure dovrebbe essere previsto un programma di analisi specifiche di tale inquinante nelle emissioni.
17. Per quanto riguarda gli anni precedenti gli ultimi 15, non è possibile escludere un ruolo significativo dell'acciaieria nella presenza di metalli nei suoli sopra i limiti di riferimento. Per chiarire tale aspetto è necessario adottare tecniche non convenzionali come la caratterizzazione di stalagmiti.
18. Una ulteriore notazione va fatta in merito all'efficacia dell'approccio multianalitico adottato per la caratterizzazione del particolato atmosferico e di altri prodotti di deposizione. Infatti, nell'ambito della ricerca si è ritenuto, laddove possibile, di affiancare a tecniche analitiche, di adeguata sensibilità, in grado di rivelare concentrazioni di elementi in traccia in campioni macroscopici, e.g., ICP-AES, tecniche di indagine microanalitiche quali la microscopia elettronica, sia a scansione sia in trasmissione, in associazione con la spettroscopia X a dispersione di energia. Con un tale approccio è stato possibile, ad esempio con le analisi sugli aghi di abete, confermare bassi livelli di inquinamento generale pur evidenziando la presenza in ambiente di particolato ultrafine di derivazione industriale e veicolare. La tecnica microscopica applicata ai depositi su edifici di area urbana ha avuto un ruolo importante nell'evidenziare la presenza di agenti inquinanti inizialmente non pronosticati, quali le emissioni da catalizzatori e i frammenti di usura di pastiglie per freni, e altrimenti non individuabili. Da questo punto di vista, la ricerca ha fornito delle importanti linee guida circa i possibili,

promettenti approcci sperimentali e metodologie della ricerca ambientale che in futuro potranno essere viepiù strutturati e sviluppati per un adeguato controllo e monitoraggio delle condizioni di inquinamento atmosferico.

Per quanto riguarda ulteriori potenziali sviluppi futuri, si segnala anche che durante alcuni incontri con tecnici e dirigenti di APPA è emersa l'importanza di mettere a punto una nuova metodologia quantitativa per l'utilizzo di campionatori passivi quali i muschi, normalmente utilizzati per indicazioni qualitative e quindi strumentalizzabili. A tal fine, su indicazione di APPA, si è preso contatto con un gruppo di ricerca composto da ricercatori del CNR di Padova collegati al prof. Iobstribizer, che ha recentemente effettuato consulenze ambientali contro l'impianto di Borgo Valsugana e che ha dato la disponibilità per collaborare in ambito scientifico alla definizione di tale nuova metodologia. L'argomento è stato proposto per una ricerca nell'ambito del bando PAT Grandi Progetti 2012, finalizzato a sostenere ricerche di interesse territoriale. In tale ambito è stata proposta anche l'analisi di stalagmiti della zona per chiarire il ruolo dell'impianto nella presenza in zona di metalli pesanti oltre i limiti di riferimento dei suoli. Sempre in tale ambito è stato proposto l'uso di strumentazioni non convenzionali per la misurazione di inquinanti atmosferici e parametri meteorologici utili a casi come quello dell'acciaiera di Borgo, caratterizzata da emissioni diffuse di difficile determinazione. Attualmente si è in attesa dei risultati della selezione dei progetti. Il mancato finanziamento potrebbe creare problemi nei rapporti tra APPA, enti territoriali e popolazione di Borgo ed aree limitrofe.

## PARTE QUARTA

### **PRESENTAZIONE DI APPOGGIO**

In All.15 si riporta una presentazione Power Point® (allegata anche in formato elettronico nel DVD che contiene il presente documento e tutti quelli allegati) realizzata per incontri istituzionali. La presentazione è stata messa a punto sulla base dei seguenti principi:

- evidenziare la tipologia di dati disponibili prima dello sviluppo della ricerca e quelli generati durante le attività previste dalla convenzione;
- riportare le metodologie convenzionali utilizzate nella ricerca;
- evidenziare le metodologie originali sviluppate prendendo spunto dal caso di studio;
- riportare in maniera sintetica ma esaustiva i risultati ottenuti, sia in termini di misure, sia in termini di modellazione;
- interpretare i risultati in maniera oggettiva.