

VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA DEI PRINCIPALI IMPIANTI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E TERMICA ALIMENTATI A BIOMASSA SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO



1 PREMESSA

Le iniziative di promozione della produzione di energia da fonti rinnovabili sono oggi prioritarie per perseguire gli obiettivi comunitari, nazionali e regionali di sviluppo sostenibile, al fine di ridurre la dipendenza dalle fonti fossili e le emissioni di gas climalteranti. Nel corso degli ultimi anni, a seguito degli incentivi previsti dalla normativa nazionale, sono state estremamente numerose le richieste di autorizzazione e la conseguente messa in esercizio di impianti alimentati a biomassa. La combustione della biomassa, per la natura del combustibile e la tipologia degli impianti di combustione, presenta per alcuni inquinanti atmosferici fattori di emissione superiori rispetto ai combustibili tradizionali. Il presente studio, finanziato dalla Città metropolitana di Torino e realizzato dal Dipartimento Sistemi Previsionali di Arpa Piemonte, si propone pertanto di approfondire la problematica valutando l'impatto sulla qualità dell'aria dei principali impianti di produzione di energia alimentati a biomassa presenti sul territorio della provincia di Torino.

Le attività principali dello studio si possono ricondurre a:

- analisi territoriale, ossia individuazione e classificazione delle sorgenti emmissive e definizione dei domini di studio;
- caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle emissioni delle diverse categorie di impianto, anche attraverso la realizzazione di campionamenti e determinazioni analitiche, e assegnazione ai singoli impianti di ratei emmissivi aderenti alle condizioni di reale funzionamento;
- valutazione modellistica delle ricadute al suolo dei principali inquinanti, espresse in relazione agli indicatori definiti dalla normativa vigente.

2 ANALISI TERRITORIALE – I DOMINI DI CALCOLO

A seguito dell'individuazione e georeferenziazione di tutti gli impianti presenti sul territorio della provincia di Torino, per poter studiare le ricadute prodotte ad una risoluzione orizzontale sufficientemente fine garantendo tempi di calcolo accettabili, si è reso necessario individuare due domini distinti su cui effettuare le simulazioni. I criteri seguiti per la scelta dei domini di calcolo hanno tenuto in considerazione la presenza degli impianti di maggiore rilevanza, la posizione e la tipologia delle sorgenti da simulare e la disponibilità di dati dalle stazioni meteorologiche. I domini individuati sono i seguenti:

- Dominio nord (Figura 1) per la ricostruzione meteorologica di dimensioni 33 x 36 km², risoluzione orizzontale di 300 m e origine nel punto SW avente coordinate UTM32-WGS84 pari a 390 km E e 4992 km N; al suo interno, un dominio per la simulazione dispersiva di dimensioni 30 x 33 km², risoluzione di 150 metri e origine nel punto SW avente coordinate UTM32-WGS84 pari a 393 km E e 4995 km N;
- Dominio sud (Figura 2) per la ricostruzione meteorologica di dimensioni 30 x 39 km², risoluzione orizzontale di 300 metri e origine nel punto SW avente coordinate UTM32-WGS84 pari a 369 km E e 4954,5 km N; al suo interno, un dominio per la simulazione dispersiva di dimensioni 18 x 18 km², risoluzione di 150 metri e origine nel punto SW avente coordinate UTM32-WGS84 pari a 374,7 km E e 4965 km N.

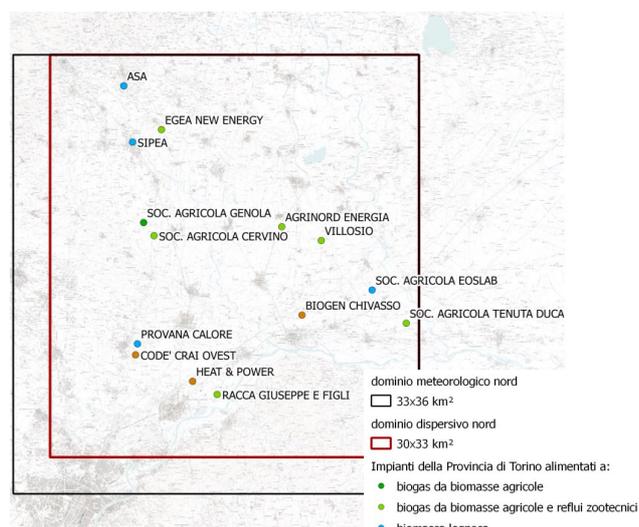


Figura 1: Area di studio nord: estensione dei domini di calcolo e relativi impianti a biomassa.

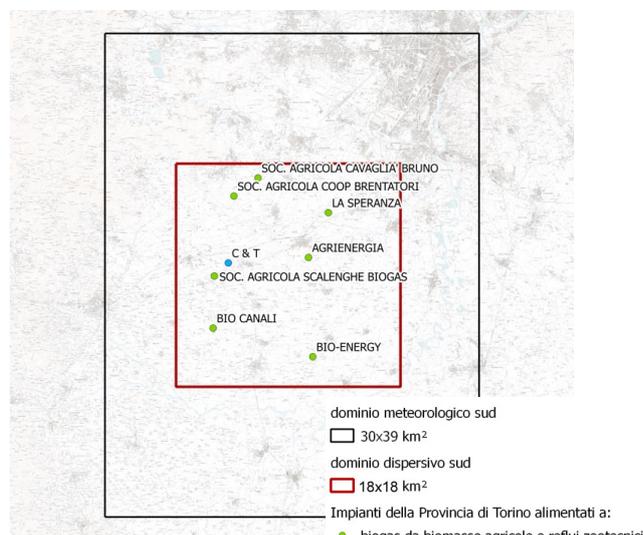


Figura 2: Area di studio sud: estensione dei domini di calcolo e relativi impianti a biomassa.

3 DESCRIZIONE DELLA CATENA MODELLISTICA

La scelta di stimare l'impatto dei principali impianti a biomassa sul territorio della Provincia di Torino ad alta risoluzione ha reso necessario l'utilizzo di un modello di dispersione tridimensionale lagrangiano a particelle che, pur non essendo in grado di trattare la chimica delle sostanze, è quello che meglio riproduce il trasporto e la dispersione di sostanze chimicamente inerti in condizioni meteorologicamente complesse. Nei modelli lagrangiani a particelle la dispersione dell'inquinante in atmosfera è simulata attraverso l'emissione di particelle virtuali,

ognuna delle quali rappresenta una porzione di massa dell'inquinante; tali particelle sono trasportate dal moto turbolento dell'aria nelle quali sono immerse e la loro distribuzione spaziale, fotografata ad un certo istante, permette la determinazione della concentrazione della specie emessa.

I dati meteorologici in input al modello di dispersione sono prodotti da un modello mass-consistent di tipo diagnostico, basato sulla conservazione della massa e sulla minimizzazione della divergenza, in grado di ricostruire campi di vento, temperatura e umidità tridimensionali in condizioni di orografia complessa a partire da informazioni relative alla topografia del dominio e alle principali grandezze meteorologiche al suolo ed in quota. Per quanto riguarda le variabili che descrivono la turbolenza atmosferica, esse sono calcolate mediante un pre-processore meteorologico diagnostico a partire dai campi meteorologici elaborati dal modello mass-consistent, da dati di precipitazione, copertura nuvolosa o radiazione solare e uso del suolo.

La catena modellistica adottata è il sistema tridimensionale "MINERVE/SWIFT, SurfPRO, EMMA-Emission Manager, SPRAY" (Arianet S.r.l.), conforme alle indicazioni delle "Linee Guida per la selezione ed applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria", che prevedono l'utilizzo di sistemi modellistici tridimensionali per trattare situazioni territoriali ad orografia e anemologia complesse come quella in esame. Il diagramma di flusso della catena modellistica è riassunto in Figura 3.

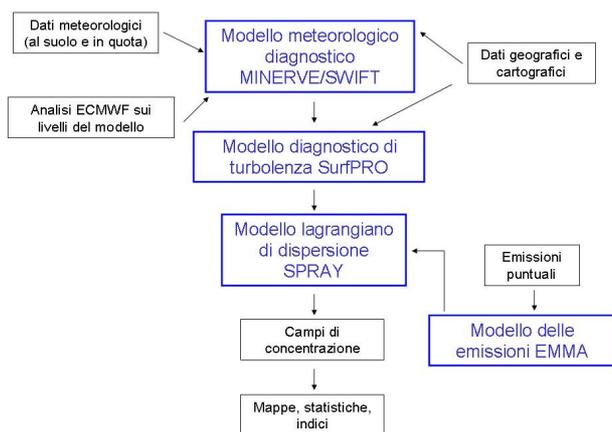


Figura 3: Diagramma di flusso del sistema modellistico applicato nello studio.

L'orografia è stata estratta con OROGEX a partire dal database DEM SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, risoluzione 90 m) e processata con RELIEF utilizzando un filtro di convoluzione 2D, in modo tale da ottenere la risoluzione definita dal grigliato del dominio di calcolo, ossia 300 m. I dati di uso del suolo sono stati elaborati mediante LANDEX a partire da un database a 10 m e 21 classi CORINE, che è stato ottenuto riclassificando il Land Cover Piemonte (fonte CSI, aggiornato al 31-12-2008) a 10 m di risoluzione e 47 classi.

Per quanto riguarda i dati di uso del suolo necessari alla ricostruzione dei campi di vento e temperatura fatta da MINERVE, LANDEX ha permesso di aggregare i dati di uso del suolo a 300 m per classe prevalente.

Per la ricostruzione dei campi tridimensionali di vento e temperatura sono state estratte, come dati di input al suolo, le misure orarie rilevate presso alcune stazioni opportunamente scelte tra quelle appartenenti alla rete di monitoraggio meteoroidrografica dell'Agenzia presenti nei domini di calcolo, mentre sono state acquisite, come dati di input in quota, alcune delle analisi del modello ECMWF (European Center for Medium Range Weather Forecast) effettuate con frequenza trioraria e a risoluzione orizzontale pari a 0,125° (circa 10 km). Le informazioni sono completate con i profili verticali di

temperatura registrati dai radiometri presso alcune centrali termoelettriche della cintura torinese (GDF SUEZ di Leini per il dominio nord e IREN di Moncalieri per il dominio sud), nonché dal radiosondaggio di Milano Linate.

4 CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI

Nei domini di simulazione sono presenti 22 impianti di cui:

- 5 impianti a biomassa legnosa (4 dotati di Sistema di Monitoraggio in continuo, di seguito SME);
- 3 impianti ad olio vegetale (1 dotato di SME);
- 14 impianti a biogas.

Gli impianti presi in considerazione nel presente studio sono riportati in Tabella 1. Per ognuno di questi impianti si è provveduto a caratterizzare le emissioni sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

Ragione sociale	Comune	Combustibile	Dominio
Agrinord Energia	Caluso	Biogas	N
ASA Az. Servizi Ambiente	Castellamonte	Biomassa legnosa	N
Biogen Chivasso S.r.l.	Chivasso	Olio vegetale	N
Codé Crai Ovest	Leini'	Olio vegetale	N
Egea New Energy	Ozegna	Biogas	N
Eoslab S.r.l.	Torrazza	Biomassa legnosa	N
Heat&Power	Settimo T.se	Olio vegetale	N
Provana Calore S.r.l.	Leini'	Biomassa legnosa	N
Racca Giuseppe E Figli	Settimo T.se	Biogas	N
Sipea S.r.l.	Rivarolo C.se	Biomassa legnosa	N
Soc. agr. f.lli Villosio	Mazze'	Biogas	N
Soc. agr. Genola	Rivarolo C.se	Biogas	N
Soc. agr. Tenuta Duca	Verolengo	Biogas	N
Soci agr Cervino	Rivarolo C.se	Biogas	N
Agrienergia None 2012	None	Biogas	S
Bio Canali	Buriasco	Biogas	S
Bio-energy	Vigone	Biogas	S
C & T S.p.A.	Airasca	Biomassa legnosa	S
Scalenghe biogas soc. agr.	Scalenghe	Biogas	S
Soc. agr. Cavaglià Bruno	Piossasco	Biogas	S
Soc. agr. coop. Brentatori	Piossasco	Biogas	S
Speranza coop. agricola	Candiolo	Biogas	S

Tabella 1: Elenco degli impianti analizzati.

Per caratterizzare un'emissione derivante da un processo di combustione occorre definire le caratteristiche geometriche del camino (superficie ed altezza), le caratteristiche fisiche dell'emissione (velocità e temperatura dei fumi in uscita) e le caratteristiche chimiche dell'emissione (concentrazione degli inquinanti e percentuale di vapore acqueo e di ossigeno residuo).

L'opportuna combinazione di queste grandezze consente di calcolare le concentrazioni degli inquinanti alle condizioni fisiche dei fumi in cui sono espressi i limiti emissivi (0 °C, 0% di umidità e un tenore di ossigeno residuo variabile a seconda del processo di combustione e del combustibile utilizzato) per verificare il rispetto dei limiti emissivi e di rappresentare le condizioni reali dei fumi e i ratei emissivi (quantità di massa di inquinante emessa per unità di tempo) che condizionano la dispersione dei fumi in atmosfera e quindi l'entità delle ricadute al suolo. Oltre al reperimento di queste informazioni è necessario definire la modulazione temporale di funzionamento della sorgente, che può avere cicli di lavorazione giornalieri, settimanali e annuali e pertanto dei ratei emissivi non costanti nel tempo.

Per ogni impianto si è pertanto provveduto alla definizione dei parametri descritti e alla caratterizzazione di specifiche modulazioni temporali utilizzando, dove installato, i dati rilevati dallo SME, i dati relativi agli autocontrolli e le informazioni presenti nelle autorizzazioni e nei documenti progettuali.

Per 4 impianti ritenuti particolarmente significativi per dimensione e tipologia sono stati effettuati specifici campionamenti finalizzati a comprendere meglio la natura e la composizione delle emissioni. Per ogni impianto scelto sono state effettuate una o più campagne di prelievo per la determinazione di IPA, diossine e PCB, condotte dal Polo Microinquinanti, e per

la determinazione dei macroinquinanti (NO_x, CO, polveri totali, COT, SO_x, HCl e HF) e dei metalli, condotte dalla Struttura di Vigilanza del Dipartimento di Torino di ARPA. Le informazioni ritenute più attendibili sono state utilizzate anche per quegli impianti per i quali le informazioni specifiche non erano sufficienti.

In questo abstract ci occuperemo esclusivamente dei seguenti quattro impianti, individuati come più significativi e per i quali sono state condotte le campagne di misura:

- C & T S.p.A. - Airasca;
- Sipea S.r.l. - Rivarolo C.se;
- Speranza coop. Agricola - Candiolo
- Biogen Chivasso S.r.l. - Chivasso.

Si rimanda pertanto alla relazione completa¹ per i dettagli relativi agli altri impianti.

4.1 C&T S.p.A. - Airasca

C&T è un impianto di cogenerazione per la produzione di energia elettrica e termica alimentato a biomassa solida (cippato). L'impianto utilizza una caldaia a griglia mobile per la produzione di vapore surriscaldato, che è inviato ad un turboalternatore a condensazione per la produzione di energia elettrica. La centrale fornisce calore prodotto in cogenerazione sotto forma di vapore (produzione di 55 t/h di vapore a 55 bar e 450 °C) allo stabilimento SKF Industrie S.p.A., adiacente alla centrale.

Le caratteristiche dell'impianto sono le seguenti:

- potenza primaria immessa con il combustibile: 49.000 kW;
- energia elettrica prodotta a pieno carico: 13.500 kW;
- potenza termica: 10.000 kW.

I sistemi di abbattimento degli inquinanti presenti sono:

- 4 cicloni depolveratori;
- filtri a maniche;
- sistema di iniezione di calce per l'abbattimento delle componenti acide con assorbimento a secco;
- DENOX non catalitico (SNCR)² a iniezione di ammoniaca direttamente nella camera di combustione per l'abbattimento degli ossidi di azoto.

Nella Tabella 2 sono riportati i limiti di emissione degli inquinanti prescritti in autorizzazione.

Inquinante	Valore limite
NO _x (mg/Nm ³)	400
CO (mg/Nm ³)	200
Polveri Totali (mg/Nm ³)	20
COT (mg/Nm ³)	20
NH ₃ (mg/Nm ³)	5
SO _x (mg/Nm ³)	50
HCl (mg/Nm ³)	10

Tabella 2. Limiti di emissione per l'impianto C&T riferiti ai fumi secchi ed ad un tenore di ossigeno dell'11%.

L'impianto è dotato di SME, che monitora in continuo le concentrazioni dei seguenti inquinanti: CO, NO_x (espressi come NO₂), polveri totali, COT, SO_x (espressi come SO₂), NH₃ e HCl. Il sistema acquisisce anche i valori di temperatura fumi, O₂ secco, pressione, portata dei fumi umidi e secchi e umidità. Il flusso di massa emesso è stato calcolato a partire dalla concentrazione a camino misurata dal SME e dalla portata dei fumi Q mediante la seguente formula³:

$$F = Q \cdot C_{ca\ min\ o}$$

L'input emissivo è stato predisposto utilizzando dati SME relativi al periodo giugno 2013 - maggio 2014; tale scelta è stata

¹ www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/aria/modellistica/cartella-modellistica-documentazione-e-dati-ambientali
www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/aria/qualita/miglioramento_qualita_aria

² SNCR: iniezione nei gas di un agente riducente, in assenza di un catalizzatore ed a temperature comprese tra 800 ÷ 1200 °C

³ Si noti che la concentrazione a camino e la portata per poter essere moltiplicati devono riferirsi alle stesse condizioni di temperatura, pressione, ossigeno e umidità.

necessaria per avere una base dati completa relativa ad un anno intero di funzionamento.

Il modello di conduzione dell'impianto è quello di funzionare alla massima potenza per 24 ore al giorno; nell'arco dell'anno sono previste fermate programmate per la manutenzione della caldaia, eseguite generalmente durante il periodo estivo (ad eccezione del mese di agosto quando è difficile reperire i pezzi di ricambio). L'impianto è solitamente fermo nel mese di gennaio, quando il costo del cippato è molto elevato a causa della grande richiesta del prodotto sul mercato.

Ai fini della simulazione oggetto dello studio è stata fatta una scelta conservativa considerando che l'impianto lavori tutto l'anno senza le fermate effettuate nel mese di gennaio e durante il periodo estivo: a tale scopo i dati forniti dal SME per il mese di gennaio 2014 e di luglio 2013 caratterizzati da uno stato di fermo impianto sono stati sostituiti da dati forniti dal SME per il mese di febbraio 2014 e giugno 2013 rispettivamente.

In Tabella 3 sono riportate le caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto C&T ottenute a partire dai valori orari monitorati dal SME nel periodo ricostruito come sopra indicato.

Caratteristiche geometriche e fisiche dell'emissione	Origine dati
Diametro (m)	1,9 (1)
Altezza (m)	40 (1)
T (°C)	125 (2)
v (m/s)	15,1 (2)
% O ₂	8,5 (2)
% Umidità	18,8 (2)
Pressione (hPa)	891 (2)
Portata (Nm ³ /h)	94240 (2)

(1) documentazione di progetto e autorizzazione

(2) media dei dati orari rilevati dallo SME relativi al periodo giu 2013 - mag 2014

Tabella 3. Caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto C&T.

In Tabella 4 sono riportati i valori di concentrazione e flusso di massa degli inquinanti considerati per l'impianto C&T.

Inquinante	C _{camino} normalizzata	C _{camino} tal quale	Flusso di massa	Origine dati
u.d.m.	mg/Nm ³	mg/m ³	kg/h	
NO _x	126	77	12	(1)
CO	27	16	2,5	(1)
Polveri Totali	0,26	0,16	0,024	(1)
PM2.5	0,16	0,10	0,015	(1)
PM10	0,22	0,13	0,021	(1)
COT	0,44	0,27	0,042	(1)
NH ₃	0,65	0,40	0,062	(1)
SO _x	15	9,0	1,4	(1)
HCl	2,0	1,2	0,19	(1)
HF	n.a.	n.a.	n.a.	(3)
u.d.m.	µg/Nm ³	µg/m ³	g/h	
Cobalto	32	19	3,0	(4)
Cromo	42	26	4,0	(4)
Manganese	53	32	5,0	(4)
Nichel	64	39	6,0	(4)
Piombo	64	39	6,0	(4)
Rame	233	143	22	(4)
Stagno	32	19	3,0	(4)
Zinco	255	156	24	(4)
Hg	n.r.	n.r.	n.r.	(4)
u.d.m.	ng/Nm ³	ng/m ³	mg/h	
IPA	3,0	1,9	0,29	(2)
PCB totali	6,5	4,0	0,61	(2)
u.d.m.	pg/Nm ³	pg/m ³	µg/h	
PCDD/DF	5,6	3,4	0,52	(2)

(1) media dei dati orari rilevati dallo SME relativi al periodo giu 2013 - mag 2014

(2) campionamento microinquinanti ARPA 31/07/2013

(3) campionamento macroinquinanti ARPA 05/05/2014

(4) campionamento metalli ARPA 10/10/2013

I campionamenti alle emissioni hanno evidenziato un rapporto fra concentrazioni totali di metalli e concentrazioni delle polveri, sebbene relative a giornate di campionamento differenti, non coerente con i dati registrati presso altri impianti alimentati a biomassa legnosa; tali risultati saranno pertanto oggetto di ulteriori approfondimenti.

Tabella 4. Concentrazioni e flussi di massa degli inquinanti considerati per l'impianto C&T.

I valori di concentrazione a camino normalizzata sono riferiti a fumi anidri in condizioni normali di temperatura e pressione, 0°C e 1013 hPa, e a un contenuto volumetrico di ossigeno pari a 11%, mentre i valori di concentrazione tal quale sono riferiti a fumi umidi nelle condizioni di temperatura, pressione e ossigeno secco misurati.

4.2 Sipea s.r.l – Rivarolo

Sipea è un impianto per la produzione di energia elettrica e calore per teleriscaldamento, alimentato a biomassa solida (cippato); la produzione di calore non è al momento della stesura della presente relazione ancora attiva. L'impianto è costituito da una caldaia a biomassa e da una caldaia a gas metano di integrazione e riserva per fornire esclusivamente energia termica alla rete di teleriscaldamento. La caldaia a biomassa genera vapore surriscaldato che aziona un gruppo turbina - alternatore per la produzione di energia elettrica; la turbina è predisposta per effettuare lo spillamento di vapore e rendere disponibile l'energia termica alla rete di teleriscaldamento della città di Rivarolo.

L'impianto ha le seguenti caratteristiche:

- potenza primaria immessa con il combustibile: 19.700 kW;
- potenza elettrica: 4.800 kW;
- potenza termica: 16.700 kW.

I sistemi di abbattimento degli inquinanti presenti sono:

- controllo combustione caldaia;
- filtri a maniche.

Nella Tabella 5 sono riportati i limiti di emissione degli inquinanti prescritti in autorizzazione:

Inquinante	Valore limite
NO _x (mg/Nm ³)	400
CO (mg/Nm ³)	250
Polveri Totali (mg/Nm ³)	30
COT (mg/Nm ³)	30
SO _x (mg/Nm ³)	200

Tabella 5. Limiti di emissione per l'impianto Sipea riferiti ai fumi secchi ed ad un tenore di ossigeno dell'11%.

L'impianto è dotato di SME, il quale monitora in continuo i seguenti inquinanti: CO, NO_x (espressi come NO₂), polveri totali, COT e SO_x. Il sistema acquisisce anche i valori di temperatura fumi, portata dei fumi, O₂ secco e O₂ umido dai quali si ricava per calcolo il tenore di umidità. Per la preparazione dell'input emissivo è stata utilizzata la banca dati SME relativa al periodo giugno 2013 - maggio 2014.

Il modello di conduzione dell'impianto è quello di funzionare alla massima potenza per 24 ore al giorno per un totale di 8.000 ore all'anno; sono previste fermate programmate, in funzione delle ore di lavoro del motore, per eseguirne la manutenzione.

In Tabella 6 sono riportate le caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto Sipea ottenute a partire dai valori orari monitorati dal SME.

Caratteristiche geometriche e fisiche dell'emissione	Origine dati
Diametro (m)	1,8 (1)
Altezza (m)	40 (1)
T (°C)	135 (2)
v (m/s)	6,5 (2)
% O ₂	7,9 (2)
% Umidità	26,4 (2)
Portata (Nm ³ /h)	38.123 (2)

(1) documentazione di progetto e autorizzazione

(2) media dei dati orari rilevati dallo SME relativi al periodo giu 2013 - mag 2014

Tabella 6. Caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto Sipea.

In Tabella 7 sono riportati i valori di concentrazione e flusso di massa degli inquinanti considerati per l'impianto Sipea. I valori di concentrazione a camino normalizzata sono riferiti a fumi anidri in condizioni normali di temperatura e pressione, 0°C e 1013 hPa, e a un contenuto volumetrico di ossigeno pari a 11%, mentre i valori di concentrazione tal quale sono riferiti a fumi

umidi nelle condizioni di temperatura, pressione e ossigeno secco misurati.

Inquinante	C _{camino} normalizzata	C _{camino} tal quale	Flusso di massa	Origine dati
u.d.m.	mg/Nm³	mg/m³	kg/h	
NO _x	128	82	4,9	(1)
CO	42	27	1,6	(1)
Polveri Totali	0,65	0,42	0,025	(1)
PM2,5	0,40	0,26	0,015	(1)
PM10	0,56	0,36	0,021	(1)
COT	2,0	1,3	0,076	(1)
SO _x	9,1	5,9	0,35	(1)
HCl	9,2	5,9	0,35	(3)
HF	n.a.	n.a.	n.a.	(3)
u.d.m.	µg/Nm³	µg/m³	g/h	
Cromo	16	10	0,62	(4)
Manganese	4,5	2,9	0,17	(4)
Nichel	1,0	0,68	0,040	(4)
Piombo	1,8	1,2	0,070	(4)
Rame	2,4	1,5	0,090	(4)
Zinco	20	13	0,78	(4)
Mercurio	n.r.	n.r.	n.r.	(4)
u.d.m.	ng/Nm³	ng/m³	mg/h	
IPA	0,27	0,17	0,010	(2)
PCB totali	2,1	1,4	0,081	(2)
u.d.m.	pg/Nm³	pg/m³	µg/h	
PCDD/DF	1,8	1,2	0,070	(2)

(1) media dei dati orari rilevati dal SME relativi al periodo giu 2013 - mag 2014

(2) campionamento microinquinanti ARPA 18/09/2013

(3) campionamento macroinquinanti ARPA 16/10/2013

(4) campionamento metalli ARPA 19/06/2014

Tabella 7. Concentrazioni e flussi di massa degli inquinanti considerati per l'impianto Sipea.

4.3 Biogen S.r.l. – Chivasso

Biogen è un impianto di cogenerazione per la produzione di energia elettrica e termica alimentato ad olio vegetale; l'olio vegetale utilizzato è l'olio di palma crudo proveniente dalla Malesia/Indonesia. L'impianto è costituito da un motore endotermico a ciclo diesel con le seguenti caratteristiche:

- potenza immessa col combustibile: 36.114 kW;
- potenza elettrica nominale: 16.950 kW;
- potenza termica utile: 10.500 kW.

Parte del calore recuperato dal motore può essere utilizzata per alimentare una turbina a olio silconico (ORC) da 1.200 kW di potenza elettrica.

I sistemi di abbattimento degli inquinanti su questo impianto sono:

- sistema SCR⁴ a iniezione di urea per l'abbattimento degli ossidi di azoto;
- catalizzatore ossidante per l'abbattimento del CO e l'ossidazione del particolato carbonioso.

Nella Tabella 8 sono riportati i limiti di emissione degli inquinanti prescritti in autorizzazione:

Inquinante	Valore limite
NO _x (mg/Nm ³)	200
CO (mg/Nm ³)	200
Polveri Totali (mg/Nm ³)	20
NH ₃ (mg/Nm ³)	10

Tabella 8. Limiti di emissione per l'impianto Biogen riferiti ai fumi secchi ed ad un tenore di ossigeno del 5%.

L'impianto è dotato di SME, il quale monitora in continuo i seguenti inquinanti: CO, NO_x (espressi come NO₂), polveri totali, e NH₃. Il sistema acquisisce anche i valori di temperatura fumi, portata dei fumi, O₂ secco e O₂ umido dai quali si ricava per calcolo il tenore di umidità. Per la preparazione dell'input emissivo è stata utilizzata la banca dati SME relativa al periodo giugno 2013 - maggio 2014,

⁴ SCR: iniezione nei gas di un agente riducente, in presenza di un catalizzatore e ad una temperatura compresa tra 350 ÷ 400 °C

Il modello di conduzione dell'impianto è quello di funzionare alla massima potenza per 24 ore al giorno per circa 8.000 ore all'anno; sono previste fermate programmate, in funzione delle ore di lavoro del motore, per eseguirne la manutenzione.

In Tabella 9 sono riportate le caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto Biogen ottenute a partire dai valori orari monitorati dal SME.

Caratteristiche geometriche e fisiche dell'emissione	Origine dati
Diametro (m)	1,6 (1)
Altezza (m)	25 (1)
T (°C)	255 (2)
v (m/s)	23,9 (2)
% O ₂	12,1 (2)
% Umidità	8,6 (2)
Portata (Nm ³ /h)	45.204 (2)

(1) documentazione di progetto e autorizzazione

(2) media dei dati orari rilevati dallo SME relativi al periodo giu 2013 - mag 2014

Tabella 9. Caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto Biogen.

In Tabella 10 sono riportati i valori di concentrazione e flusso di massa degli inquinanti considerati per l'impianto Biogen. I valori di concentrazione a camino normalizzata sono riferiti a fumi anidri in condizioni normali di temperatura e pressione, 0°C e 1013 hPa, e a un contenuto volumetrico di ossigeno pari al 5%, mentre i valori di concentrazione tal quale sono riferiti a fumi umidi nelle condizioni di temperatura, pressione e ossigeno secco misurati.

Inquinante	C _{camino} normalizzata	C _{camino} tal quale	Flusso di massa	Origine dati
u.d.m.	mg/Nm³	mg/m³	kg/h	
NO _x	119	31	5,4	(1)
CO	57	15	2,6	(1)
Polveri Totali	3,8	0,99	0,17	(1)
PM2.5	2,3	0,61	0,11	(1)
PM10	3,2	0,84	0,15	(1)
NH ₃	4,8	1,2	0,22	(1)
COT	5,4	1,4	0,24	(3)
SO _x	n.r.	n.r.	n.r.	(3)
HCl	5,1	1,3	0,23	(3)
HF	n.r.	n.r.	n.r.	(3)
u.d.m.	µg/Nm³	µg/m³	g/h	
Cromo	27	6,9	1,2	(4)
Manganese	53	14	2,4	(4)
Nichel	2,2	0,58	0,10	(4)
Piombo	4,4	1,2	0,20	(4)
Rame	18	4,6	0,80	(4)
Vanadio	2,2	0,58	0,10	(4)
Zinco	95	25	4,3	(4)
Mercurio	n.r.	n.r.	n.r.	(4)
u.d.m.	ng/Nm³	ng/m³	mg/h	
IPA	4,8	1,3	0,22	(2)
PCB totali	10,7	2,8	0,48	(2)
u.d.m.	pg/Nm³	pg/m³	µg/h	
PCDD/DF	50	13	2,3	(2)

(1) media dei dati orari rilevati dallo SME relativi al periodo giu 2013 - mag 2014

(2) campionamento microinquinanti ARPA 09/10/2013

(3) campionamento ARPA 09/05/2014

(4) campionamento ARPA 25/07/2014

Tabella 10. Concentrazioni e flussi di massa degli inquinanti considerati per l'impianto Biogen.

4.4 Società Cooperativa Agricola Speranza - Candiolo

L'impianto è costituito da digestori anaerobici alimentati con biomassa vegetale e reflui zootecnici e da due motori endotermici a combustione interna a ciclo otto con le seguenti caratteristiche:

- potenza primaria immessa con il combustibile (biogas): 5.000 kW, di cui 2.463 kW il primo motore e 2.458 kW il secondo;
- potenza elettrica prodotta: 1.998 kW, di cui 1.000 kW il primo motore e 998 il secondo,
- rendimento elettrico η: 42,5.

Nella Tabella 11 sono riportati i limiti di emissione degli inquinanti previsti dal D.Lgs. 152/2006 per questo tipo di impianti.

Inquinante	Valore limite
NO _x (mg/Nm ³)	500
CO (mg/Nm ³)	800
COT (mg/Nm ³)	150
HCl (mg/Nm ³)	10

Tabella 11. Limiti di emissione per l'impianto Speranza riferiti ai fumi secchi ed ad un tenore di ossigeno del 5%.

L'impianto non è dotato di SME ma si hanno a disposizione gli autocontrolli eseguiti dalla ditta e i controlli effettuati da ARPA presso il camino di emissione denominato E1; il punto di emissione denominato E2, invece, non è risultato tecnicamente campionabile. Poiché i due motori e i due camini hanno caratteristiche simili, le valutazioni effettuate per il camino E1 sono state ritenute rappresentative anche per il camino E2.

Il modello di conduzione dell'impianto è quello di funzionare alla massima potenza per 24 ore al giorno per circa 8.000 ore all'anno; sono previste fermate programmate, in funzione delle ore di lavoro del motore, per eseguirne la manutenzione. L'impianto nei mesi invernali funziona in assetto cogenerativo fornendo energia termica al vicino ospedale di Candiolo; essendo le configurazioni emissive diverse nei due periodi dell'anno si è provveduto a definire le caratteristiche chimico/fisiche dell'emissione nei due differenti assetti (Tabella 12 e Tabella 13).

Caratteristiche geometriche e fisiche dell'emissione	Origine dati
Diametro (m)	0,35 (1)
Altezza (m)	10 (1)
T (°C)	485 (2)
v (m/s)	43,2 (2)
% O ₂	6,8 (2)
% Umidità	13,7 (2)
Portata (Nm ³ /h)	4.121 (2)

(1) documentazione di progetto

(2) campionamento macroinquinanti ARPA 07/07/2014

Tabella 12. Caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto Speranza – assetto non cogenerativo.

Caratteristiche geometriche e fisiche dell'emissione	Origine dati
Diametro (m)	0,35 (1)
Altezza (m)	10 (1)
T (°C)	188 (2)
v (m/s)	20,4 (2)
% O ₂	7,2 (2)
% Umidità	12,9 (2)
Portata (Nm ³ /h)	3.160 (2)

(1) documentazione di progetto

(2) campionamento microinquinanti ARPA 30/10/2013 e 21/01/2014

Tabella 13. Caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto Speranza – assetto cogenerativo.

Si è deciso di adottare quali dati rappresentativi dei parametri chimico/fisici dei camini (temperatura e velocità dei fumi, umidità e tenore di ossigeno) i valori misurati dal Polo Microinquinanti per il periodo freddo, da novembre ad aprile, in cui l'impianto effettua il recupero termico dei fumi, e i valori misurati dal Dipartimento di Torino per il periodo caldo, da maggio ad ottobre, quando l'impianto non cogenera. I valori dei flussi dei macroinquinanti NO_x, CO, polveri totali, COT, SO_x, HCl e HF sono stati ricavati dalle misure effettuate dal Dipartimento di Torino, mentre i valori dei flussi dei microinquinanti sono stati ricavati dalle misure effettuate dal Polo Microinquinanti; è bene notare che, essendo le condizioni emissive dei campionamenti effettuati dal Dipartimento di Torino diverse da quelle dei campionamenti condotti dal Polo Microinquinanti, le concentrazioni a camino riportate in Tabella 14 differiscono dalle concentrazioni a camino riportate in Tabella 15 avendo deciso di mantenere costanti i flussi di massa rilevati durante i campionamenti.

Inquinante	C _{camino} normalizzata	C _{camino} tal quale	Flusso di Massa	Origine dati
u.d.m.	mg/Nm³	mg/m³	kg/h	
NO _x	330	91	1,4	(2)
CO	388	107	1,6	(2)
Polveri totali	n.a.	n.a.	n.a.	(2)
COT	912	251	3,8	(2)
SO _x	334	92	1,4	(2)
HCl	0,024	0,007	0,0001	(2)
HF	n.a.	n.a.	n.a.	(2)
u.d.m.	ng/Nm³	ng/m³	mg/h	
IPA	3,6	1,0	0,015	(1)
PCB totali	3,8	1,0	0,016	(1)
u.d.m.	pg/Nm³	pg/m³	µg/h	
PCDD/DF	5,8	1,6	0,024	(1)

(1) campionamento microinquinanti ARPA 30/10/2013 e 21/01/2014

(2) campionamento macroinquinanti ARPA 07/07/2014

Tabella 14. Concentrazioni e flussi di massa degli inquinanti considerati per l'impianto Speranza - assetto non cogenerativo.

Inquinante	C _{camino} normalizzata	C _{camino} tal quale	Flusso di Massa	Origine dati
u.d.m.	mg/Nm³	mg/m³	kg/h	
NO _x	431	193	1,4	(2)
CO	506	226	1,6	(2)
Polveri totali	n.a.	n.a.	n.a.	(2)
COT	1189	532	3,8	(2)
SO _x	436	195	1,4	(2)
HCl	0,032	0,014	0,0001	(2)
HF	n.a.	n.a.	n.a.	(2)
u.d.m.	ng/Nm³	ng/m³	mg/h	
IPA	4,6	2,1	0,015	(1)
PCB totali	4,9	2,2	0,016	(1)
u.d.m.	pg/Nm³	pg/m³	µg/h	
PCDD/DF	7,5	3,4	0,024	(1)

(1) campionamento microinquinanti ARPA 30/10/2013 e 21/01/2014

(2) campionamento macroinquinanti ARPA 07/07/2014

Tabella 15. Concentrazioni e flussi di massa degli inquinanti considerati per l'impianto Speranza - assetto cogenerativo.

5 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI DISPERSIONE

Gli impianti dotati di SME sono stati simulati considerando due diversi scenari:

- lo scenario SME, in cui l'input emissivo consiste nei valori orari di temperatura, velocità dei fumi e flusso di NO_x registrati in continuo dal SME;
- lo scenario medio annuale, in cui l'input emissivo è rappresentato dalla media dei valori di temperatura, velocità e flusso di massa di NO_x forniti dallo SME e riferiti ad un anno solare. In tale scenario si suppone che gli impianti lavorino 8760 ore e siano caratterizzati da un'emissione oraria costante.

Per gli impianti non dotati di SME è stato considerato un unico scenario:

- lo scenario medio annuale, in cui l'input emissivo, in termini di temperatura, velocità e flusso di massa, è ricostruito a partire dai risultati di autocontrolli e/o campionamenti o, in assenza di essi, ricavato dalle caratteristiche emissive di impianti simili. In tale scenario si suppone che gli impianti lavorino 8760 ore e siano caratterizzati da un'emissione oraria costante.

Gli impianti per la produzione di calore a servizio di reti di teleriscaldamento sono stati opportunamente modulati temporalmente.

I risultati delle simulazioni di dispersione, espressi come concentrazioni medie di NO_x per ogni ora del periodo di

simulazione (1 gennaio 2013 – 31 dicembre 2013), sono stati elaborati per ciascun impianto al fine di ottenere la concentrazione media annuale, la concentrazione massima oraria e il 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di NO_x.

Le mappe di diluizione presentate nel seguito sono relative allo scenario medio annuale e sono state costruite normalizzando la concentrazione media annuale di NO_x e la concentrazione massima oraria di NO_x per la concentrazione media annuale di NO_x a camino. Tali mappe consentono, nota la concentrazione di un qualunque inquinante a camino, di calcolare a posteriori la concentrazione attesa al suolo applicando il rapporto di diluizione. I valori delle concentrazioni attese al suolo corrispondenti ai rapporti di diluizione, C_{1,x}, sono specificati nelle tabelle accanto alle mappe e sono calcolati per gli inquinanti considerati dividendo la concentrazione a camino C_{camino} per il rapporto di diluizione x; i valori della concentrazione massima C_{max} corrispondono al minimo rapporto di diluizione specificato nella legenda delle mappe. Eventuali discordanze fra il valore del rapporto di diluizione e la concentrazione riportata nelle tabelle che accompagnano le mappe di diluizione sono attribuibili ad approssimazioni legate al numero di cifre significative utilizzate per esprimere la concentrazione.

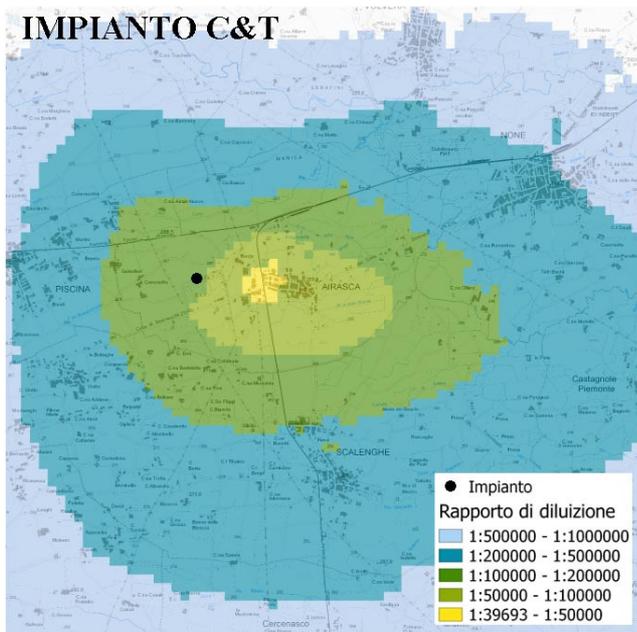
5.1 C&T S.p.A. - Airasca

In Tabella 16 sono riportati per il parametro NO_x i valori degli indicatori nei punti di massima ricaduta calcolati per lo scenario SME e per lo scenario medio annuo. Il confronto fra gli scenari indica che relativamente agli indicatori di lungo periodo i risultati sono identici, mentre scostamenti poco significativi si possono osservare relativamente agli indicatori di breve periodo per i quali l'utilizzo di dati emissivi diversi ora per ora può determinare valori differenti in termini di ora di accadimento, posizione ed entità.

Indicatore	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C _{max} (µg/m ³)	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C _{max} (µg/m ³)
	Scenario SME		Scenario medio annuale			
Media annuale	x: 379800 y: 4974900	12	1,9	x: 379800 y: 4974900	12	1,9
	09/12/13 h 12:00			27/01/13 h 12:00		
Massimo orario	x: 378450 y: 4975200	15	81	x: 378750 y: 4975050	12	91
99,8° percentile delle medie orarie	09/03/13 h 10:00 x: 379200 y: 4974900	15	28	16/02/13 h 10:00 x: 379350 y: 4974900	12	26

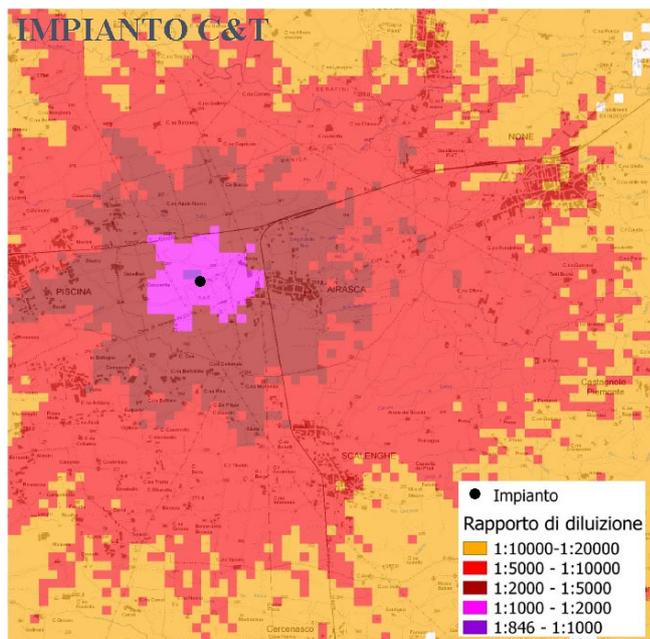
Tabella 16. Massime ricadute di NO_x dall'impianto C&T.

Nella Figura 4 e nella Figura 5 sono mostrate rispettivamente le mappe di diluizione delle concentrazioni medie annuali e delle concentrazioni massime orarie relative all'impianto C&T; nelle tabelle adiacenti alle figure sono indicati per ogni inquinante emesso dall'impianto i valori di concentrazione a camino, i valori di concentrazione massima al suolo e i valori di concentrazione al suolo associati ai rapporti di diluizione. Nel punto di massima ricaduta si osserva che le massime concentrazioni medie annuali sono diluite al suolo 39.693 volte, mentre le massime concentrazioni orarie risultano diluite al suolo 846 volte rispetto alle concentrazioni a camino.



Inquinante	C _{camino tal quale}	C _{max}	C _{1:50000}	C _{1:100000}	C _{1:200000}	C _{1:500000}	C _{1:1000000}
u.d.m.	mg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
NO _x	77	1,9	1,5	0,77	0,39	0,15	0,077
CO	16	0,41	0,33	0,16	0,081	0,033	0,016
Polveri	0,16	0,0040	0,0031	0,0016	0,00079	0,00031	0,00016
PM _{2,5}	0,10	0,0024	0,0019	0,0010	0,00048	0,00019	0,00010
PM ₁₀	0,13	0,0034	0,0027	0,0013	0,00067	0,00027	0,00013
COT	0,27	0,0068	0,0054	0,0027	0,0014	0,00054	0,00027
NH ₃	0,40	0,010	0,008	0,0040	0,0020	0,00080	0,00040
SO _x	9,0	0,23	0,18	0,090	0,045	0,018	0,0090
HCl	1,2	0,031	0,025	0,012	0,0062	0,0025	0,0012
u.d.m.	µg/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³
Cobalto	19	0,49	0,39	0,19	0,10	0,039	0,019
Cromo	26	0,65	0,52	0,26	0,13	0,052	0,026
Manganese	32	0,82	0,65	0,32	0,16	0,065	0,032
Nichel	39	0,98	0,78	0,39	0,19	0,078	0,039
Piombo	39	0,98	0,78	0,39	0,19	0,078	0,039
Rame	143	3,6	2,9	1,4	0,71	0,29	0,14
Stagno	19	0,49	0,39	0,19	0,10	0,039	0,019
Zinco	156	3,9	3,1	1,6	0,78	0,31	0,16
u.d.m.	ng/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³
IPA	1,9	0,047	0,037	0,019	0,009	0,0037	0,0019
PCB tot	4,0	0,10	0,079	0,040	0,020	0,0079	0,0040
u.d.m.	pg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³
PCDD/DF	3,4	0,086	0,068	0,034	0,017	0,0068	0,0034

Figura 4. Mappa di diluizione della concentrazione media annuale dell'impianto C&T e valori delle concentrazioni attese al suolo corrispondenti alle aree con diversi rapporti di diluizione.



Inquinante	C _{camino tal quale}	C _{max}	C _{1:1000}	C _{1:2000}	C _{1:5000}	C _{1:10000}	C _{1:20000}
u.d.m.	mg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
NO _x	77	91	77	39	15	7,7	3,9
CO	16	19	16	8,1	3,3	1,6	0,81
Polveri	0,16	0,19	0,16	0,079	0,031	0,016	0,0079
PM _{2,5}	0,10	0,11	0,097	0,048	0,019	0,0097	0,0048
PM ₁₀	0,13	0,16	0,13	0,067	0,027	0,013	0,0067
COT	0,27	0,32	0,27	0,14	0,054	0,027	0,014
NH ₃	0,40	0,47	0,40	0,20	0,080	0,040	0,020
SO _x	9,0	11	9,0	4,5	1,80	0,90	0,45
HCl	1,3	1,5	1,3	0,62	0,25	0,13	0,062
u.d.m.	µg/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³
Cobalto	19	23	19	9,7	3,9	1,9	0,97
Cromo	26	31	26	13	5,2	2,6	1,3
Manganese	32	38	32	16	6,5	3,2	1,6
Nichel	39	46	39	19	7,8	3,9	1,9
Piombo	39	46	39	19	7,8	3,9	1,9
Rame	143	169	143	71	29	14	7,1
Stagno	19	23	19	9,7	3,9	1,9	0,97
Zinco	156	184	156	78	31	16	7,8
u.d.m.	ng/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³
IPA	1,9	2,2	1,9	0,93	0,37	0,19	0,093
PCB totali	4,0	4,7	4,0	2,0	0,79	0,40	0,20
u.d.m.	pg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³
PCDD/DF	3,4	4,0	3,4	1,7	0,68	0,34	0,17

Figura 5. Mappa di diluizione della concentrazione massima oraria dell'impianto C&T e valori delle concentrazioni massime orarie attese al suolo relativi alle aree con diversi rapporti di diluizione.

5.2 Sipea S.r.l - Rivarolo

In Tabella 17 sono riportati i valori degli indicatori nei punti di massima ricaduta calcolati per lo scenario SME e per lo scenario medio annuo per il parametro NO_x. Il confronto fra gli scenari indica che relativamente agli indicatori di lungo periodo i risultati sono pressoché identici, mentre scostamenti poco significativi si possono osservare in relazione agli indicatori di breve periodo per i quali l'utilizzo di dati emissivi diversi ora per ora può determinare valori differenti in termini di ora di accadimento, posizione ed entità.

Indicatore	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C _{max} (µg/m ³)	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C _{max} (µg/m ³)
Media annuale	x: 400650 y: 5019450	4,9	0,55	x: 401100 y: 5020350	4,9	0,58
Massimo orario	06/10/13 h 10:00 x: 399900 y: 5020500	12	76	11/12/13 h 11:00 x: 399600 y: 5020500	4,9	63
99,8° percentile delle medie orarie	27/09/13 h 10:00 x: 399600 y: 5020500	7,8	21	13/02/13 h 10:00 x: 400050 y: 5020800	4,9	18

Tabella 17. Massime ricadute di NO_x dall'impianto Sipea.

Nella Figura 6 e nella Figura 7 sono mostrate rispettivamente le mappe di diluizione delle concentrazioni medie annuali e delle concentrazioni massime orarie relative all'impianto Sipea; nelle tabelle adiacenti alle figure sono indicati per ogni inquinante emesso dall'impianto i valori di concentrazione a camino, i valori di concentrazione massima al suolo e i valori di concentrazione al

suolo associati ai rapporti di diluizione. Nel punto di massima ricaduta si osserva che le massime concentrazioni medie annuali sono diluite al suolo 140.937 volte, mentre le massime concentrazioni orarie risultano diluite al suolo 1.306 volte rispetto alle concentrazioni a camino.

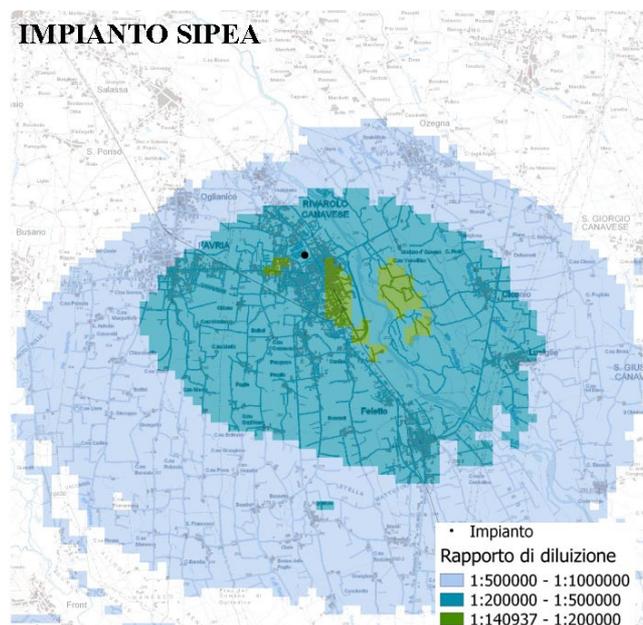


Figura 6. Mappa di diluizione della concentrazione media annuale dell'impianto Sipea e valori delle concentrazioni attese al suolo corrispondenti alle aree con diversi rapporti di diluizione

Inquinante	C _{camino} tal quale	C _{max}	C _{1:200000}	C _{1:500000}	C _{1:1000000}
u.d.m.	mg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
NO _x	82	0,58	0,41	0,16	0,082
CO	27	0,19	0,134	0,054	0,027
Polveri Totali	0,42	0,0030	0,00211	0,00084	0,00042
PM _{2,5}	0,26	0,0018	0,00130	0,00052	0,00026
PM ₁₀	0,36	0,0026	0,00180	0,00072	0,00036
COT	1,3	0,0092	0,0065	0,00258	0,00129
SO _x	5,9	0,042	0,0294	0,01177	0,00589
HCl	5,9	0,042	0,0296	0,01185	0,00592
u.d.m.	µg/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³
Cromo	10	0,074	0,052	0,021	0,010
Manganese	2,9	0,020	0,014	0,0058	0,0029
Nichel	0,68	0,0048	0,0034	0,0014	0,00068
Piombo	1,2	0,0084	0,0059	0,0024	0,0012
Rame	1,5	0,011	0,0076	0,0030	0,0015
Zinco	13	0,094	0,066	0,026	0,013
u.d.m.	ng/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³
IPA	0,17	0,0012	0,00086	0,00034	0,00017
PCB	1,4	0,010	0,0069	0,0027	0,0014
u.d.m.	pg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³
PCDD/PCDF	1,2	0,0084	0,0060	0,0024	0,0012

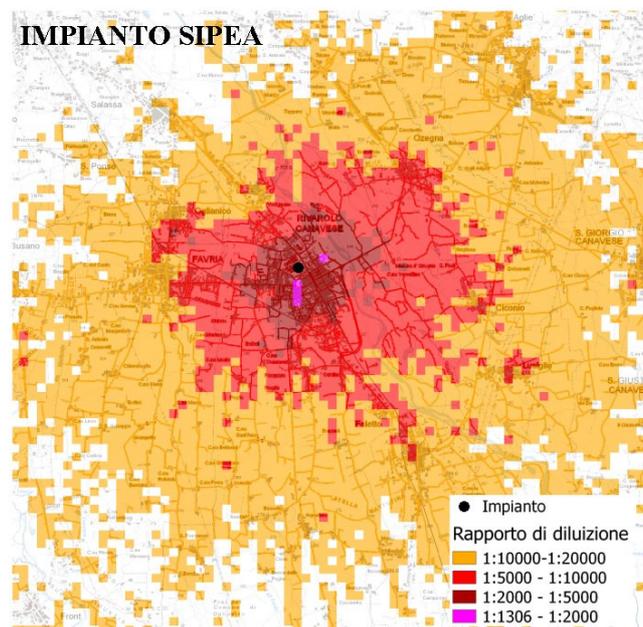


Figura 7. Mappa di diluizione della concentrazione massima oraria dell'impianto Sipea e valori delle concentrazioni massime orarie attese al suolo relativi alle aree con diversi rapporti di diluizione

Inquinante	Camino Tal quale	C _{max}	C _{1:2000}	C _{1:5000}	C _{1:10000}	C _{1:20000}
u.d.m.	mg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
NO _x	82	63	41	16	8,2	4,1
CO	27	21	13	5,4	2,7	1,3
Polveri Totali	0,42	0,32	0,21	0,08	0,042	0,021
PM _{2,5}	0,26	0,20	0,13	0,052	0,026	0,013
PM ₁₀	0,36	0,28	0,18	0,072	0,036	0,018
COT	1,3	0,99	0,65	0,26	0,13	0,065
SO _x	5,9	4,5	3,0	1,2	0,59	0,30
HCl	2,8	2,1	1,4	0,6	0,28	0,14
u.d.m.	ng/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³
IPA	0,17	0,13	0,086	0,034	0,017	0,0086
PCB	1,2	0,91	0,60	0,24	0,12	0,060
u.d.m.	pg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³
PCDD/PCDF	1,4	1,1	0,69	0,27	0,14	0,069
u.d.m.	µg/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³
Cromo	10	8,0	5,2	2,1	1,0	0,52
Manganese	2,9	2,2	1,4	0,58	0,3	0,14
Nichel	0,68	0,52	0,34	0,14	0,068	0,034
Piombo	1,2	0,91	0,59	0,24	0,12	0,059
Rame	1,5	1,2	0,76	0,30	0,15	0,076
Zinco	13	10,1	6,6	2,6	1,3	0,66

5.3 Biogen S.r.l. - Chivasso

In Tabella 18 sono riportati i valori degli indicatori nei punti di massima ricaduta calcolati per lo scenario SME e per lo scenario medio annuo per il parametro NO_x.

Il confronto fra gli scenari indica che relativamente agli indicatori di lungo periodo i risultati sono pressoché identici, mentre scostamenti apprezzabili si osservano in relazione agli indicatori di breve periodo e limitatamente al massimo orario per l'utilizzo

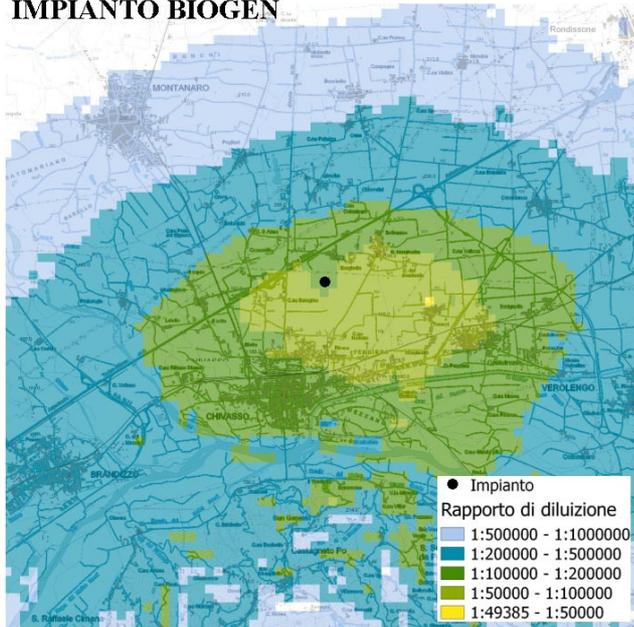
di dati emissivi diversi ora per ora determina valori differenti in termini di ora di accadimento, luogo ed entità.

Indicatore	Scenario SME			Scenario medio annuale		
	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C _{max} (µg/m ³)	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C _{max} (µg/m ³)
Media annuale	x: 415200 y: 5006250	5,4	0,65	x: 415200 y: 5006250	5,4	0,63
Massimo orario	22/07/13 h 08:00 x: 413850 y: 5006100	11	67	11/12/13 h 11:00 x: 413400 y: 5006100	5,4	35
99,8° percentile delle medie orarie	27/12/13 h 12:00 x: 414150 y: 5007000	8,0	17	13/02/13 h 10:00 x: 414150 y: 5007000	5,4	14

Tabella 18. Massime ricadute di NO_x dall'impianto Biogen.

Nella Figura 8 e nella Figura 9 sono mostrate rispettivamente le mappe di diluizione delle concentrazioni medie annuali e delle concentrazioni massime orarie relative all'impianto Biogen; nelle tabelle adiacenti alle figure sono indicati per ogni inquinante emesso dall'impianto i valori di concentrazione a camino, i valori di concentrazione massima al suolo e i valori di concentrazione al suolo associati ai rapporti di diluizione. Nel punto di massima ricaduta si osserva che le massime concentrazioni medie annuali sono diluite al suolo 49385 volte, mentre le massime concentrazioni orarie risultano diluite al suolo 898 volte rispetto alle concentrazioni a camino.

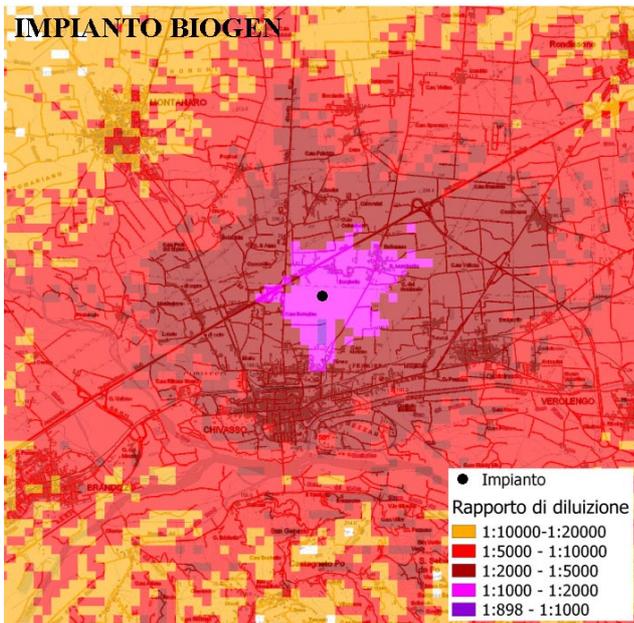
IMPIANTO BIOGEN



Inquinante	C _{camino tal quale}	C _{max}	C _{1:50000}	C _{1:100000}	C _{1:200000}	C _{1:500000}	C _{1:1000000}
u.d.m.	mg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
NO _x	31	0,63	0,62	0,31	0,16	0,062	0,031
CO	15	0,30	0,30	0,15	0,075	0,030	0,015
COT	1,4	0,029	0,028	0,014	0,0071	0,0028	0,0014
Polveri	0,99	0,020	0,020	0,0099	0,0049	0,0020	0,00099
PM _{2,5}	0,61	0,012	0,012	0,0061	0,0030	0,0012	0,00061
PM ₁₀	0,84	0,017	0,017	0,0084	0,0042	0,0017	0,00084
NH ₃	1,2	0,025	0,025	0,012	0,0062	0,0025	0,0012
HCl	1,3	0,027	0,027	0,013	0,0067	0,0027	0,0013
u.d.m.	µg/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³
Cromo	6,9	0,14	0,14	0,069	0,035	0,014	0,0069
Manganese	14	0,28	0,28	0,14	0,069	0,028	0,014
Nichel	0,58	0,012	0,012	0,0058	0,0029	0,0012	0,00058
Piombo	1,2	0,023	0,023	0,012	0,0058	0,0023	0,0012
Rame	4,6	0,094	0,093	0,046	0,023	0,0093	0,0046
Vanadio	0,58	0,012	0,012	0,0058	0,0029	0,0012	0,00058
Zinco	25	0,50	0,50	0,25	0,12	0,050	0,025
u.d.m.	ng/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³
IPA	1,3	0,025	0,025	0,013	0,0063	0,0025	0,0013
PCB totali	2,8	0,057	0,056	0,028	0,014	0,0056	0,0028
u.d.m.	pg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³
PCDD/DF	13	0,27	0,26	0,13	0,066	0,026	0,013

Figura 8. Mappa di diluizione della concentrazione media annuale dell'impianto Biogen e valori delle concentrazioni attese al suolo corrispondenti alle aree con diversi rapporti di diluizione dell'impianto.

IMPIANTO BIOGEN



Inquinante	C _{camino Tal quale}	C _{max}	C _{1:1000}	C _{1:2000}	C _{1:5000}	C _{1:10000}	C _{1:20000}
u.d.m.	mg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
NO _x	31	35	31	16	6	3,1	1,6
CO	15	17	15	7,5	3,0	1,5	0,75
COT	1,4	1,6	1,4	0,71	0,28	0,14	0,071
Polveri	0,99	1,1	0,99	0,49	0,20	0,099	0,049
PM _{2,5}	0,61	0,68	0,61	0,30	0,12	0,061	0,030
PM ₁₀	0,84	0,94	0,84	0,42	0,17	0,084	0,042
NH ₃	1,2	1,39	1,24	0,62	0,25	0,124	0,062
HCl	1,3	1,48	1,3	0,67	0,27	0,13	0,067
u.d.m.	µg/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³
Cromo	6,9	7,7	6,9	3,5	1,4	0,69	0,35
Manganese	14	15	14	6,9	2,8	1,4	0,69
Nichel	0,58	0,64	0,58	0,29	0,12	0,058	0,029
Piombo	1,2	1,3	1,2	0,58	0,23	0,12	0,058
Rame	4,6	5,2	4,6	2,3	0,93	0,46	0,23
Vanadio	0,58	0,64	0,58	0,29	0,12	0,058	0,029
Zinco	25	28	25	12	5,0	2,5	1,2
u.d.m.	ng/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³
IPA	1,3	1,4	1,3	0,63	0,25	0,13	0,063
PCB totali	2,8	3,1	2,8	1,4	0,56	0,28	0,14
u.d.m.	pg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³	fg/m³
PCDD/DF	13	15	13	6,6	2,6	1,3	0,66

Figura 9: mappa di diluizione della concentrazione massima oraria dell'impianto Biogen e valori delle concentrazioni massime orarie attese al suolo relativi alle aree con diversi rapporti di diluizione.

5.4 Società Cooperativa Agricola Speranza - Candiolo

In Tabella 19 sono riportati i valori degli indicatori nei punti di massima ricaduta calcolati per lo scenario senza cogenerazione e per lo scenario con cogenerazione per il parametro NO_x.

Indicatore	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C _{max} (µg/m ³)	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C _{max} (µg/m ³)
	Scenario non cogenerativo			Scenario cogenerativo		
Media annuale	x: 387600 y: 4978800	1,4	0,77	x: 387450 y: 4978950	1,4	1,7
Massimo orario	09/03/13 h 10:00 x: 386850 y: 4979100	1,4	37	19/10/13 h 16:00 x: 387000 y: 4978950	1,4	58
99,8° percentile delle medie orarie	15/02/13 h 10:00 x: 387150 y: 4979250	1,4	15	13/08/13 h 08:00 x: 387150 y: 4978950	1,4	25

Tabella 19. Massime ricadute di NO_x dall'impianto Sipea.

Il confronto fra gli scenari indica che, sia relativamente agli indicatori di lungo periodo sia a quelli di breve periodo, l'assetto cogenerativo determina delle ricadute al suolo mediamente più elevate. La temperatura e la velocità dei fumi sono inferiori quando l'impianto cogenera e conseguentemente in tali condizioni la dispersione è meno efficace. Nella Figura 10 e nella Figura 11 sono mostrate rispettivamente le mappe di diluizione delle concentrazioni medie annuali e delle concentrazioni massime orarie relative all'impianto Speranza nell'assetto cogenerativo, che è il più critico; nelle tabelle adiacenti alle figure sono indicati per ogni inquinante emesso dall'impianto i valori di concentrazione a camino, i valori di concentrazione massima al suolo e i valori di concentrazione al suolo associati ai rapporti di diluizione. Nel punto di massima ricaduta si osserva che le massime concentrazioni medie annuali sono diluite al suolo 113.220 volte, mentre le massime concentrazioni orarie risultano diluite al suolo 3.324 volte rispetto alle concentrazioni a camino.

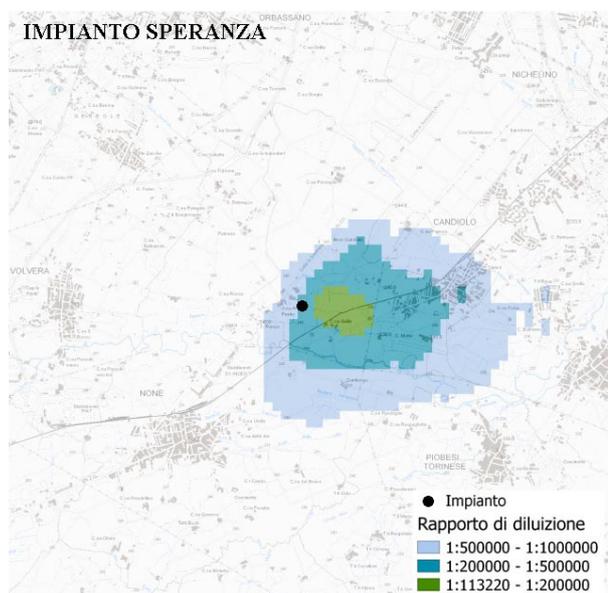


Figura 10. Mappa di diluizione della concentrazione media annuale dell'impianto Speranza in assetto cogenerativo e valori delle concentrazioni attese al suolo corrispondenti alle aree con diversi rapporti di diluizione dell'impianto.

Inquinante	C _{camino tal quale}	C _{max}	C _{1:200000}	C _{1:500000}	C _{1:1000000}
u.d.m.	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
NO _x	193	1.7	0.96	0.39	0.19
CO	226	2.0	1.1	0.45	0.23
COT (1)	532	4.7	2.7	1.1	0.53
SO _x	195	1.7	0.98	0.39	0.20
u.d.m.	µg/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
HCl	14	0.13	0.071	0.028	0.014
u.d.m.	ng/m ³	pg/m ³	pg/m ³	pg/m ³	pg/m ³
IPA	2.1	0.018	0.010	0.0042	0.0021
PCB totali	2.2	0.019	0.011	0.0044	0.0022
u.d.m.	pg/m ³	fg/m ³	fg/m ³	fg/m ³	fg/m ³
PCDD/DF	3.4	0.030	0.017	0.0067	0.0034

(1) Nel parametro COT è stata considerata anche la componente metanica

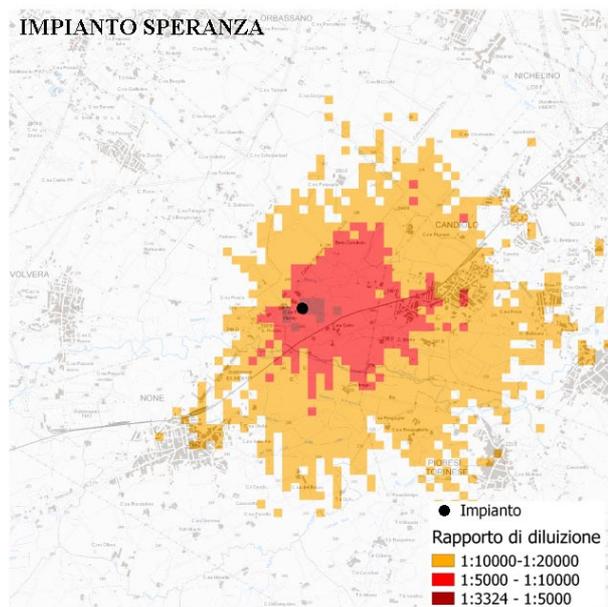


Figura 11. Mappa di diluizione della concentrazione massima oraria dell'impianto Speranza in assetto cogenerativo e valori delle concentrazioni massime orarie attese al suolo relativi alle aree con diversi rapporti di diluizione.

Inquinante	C _{camino Tal quale}	C _{max}	C _{1:5000}	C _{1:10000}	C _{1:20000}
u.d.m.	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
NO _x	193	58	39	19	9.6
CO	226	68	45	23	11
COT	532	160	106	53	27
SO _x	195	59	39	20	10
u.d.m.	µg/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
HCl	14	4.3	2.8	1.4	0.71
u.d.m.	ng/m ³	pg/m ³	pg/m ³	pg/m ³	pg/m ³
IPA	2.1	0.63	0.42	0.21	0.10
PCB totali	2.2	0.66	0.44	0.22	0.11
u.d.m.	pg/m ³	fg/m ³	fg/m ³	fg/m ³	fg/m ³
PCDD/DF	3.4	1.0	0.67	0.34	0.17

(1) Nel parametro COT è stata considerata anche la componente metanica

6 SCENARI COMPLESSIVI

A completamento delle elaborazioni condotte sui singoli impianti, di cui sono stati presentati solo i quattro considerati più significativi, si è ritenuto utile produrre le mappe delle concentrazioni medie annuali di NO_x risultanti dal contributo di tutti gli impianti simulati; le mappe sono mostrate in Figura 12 e Figura 13, rispettivamente per il dominio nord e sud.

In Tabella 20 sono riportati i valori delle concentrazioni medie annuali nei punti di massima ricaduta per i due domini dovuti all'impatto cumulato di tutte le sorgenti. La massima concentrazione media annuale per il dominio nord è pari a 0,82 µg/m³ e si verifica ad una distanza di circa 550 m dall'impianto ASA Azienda Servizi Ambiente, che rappresenta il contributo più significativo (91%) rispetto al contributo complessivo degli impianti considerati.

la massima concentrazione media annuale per il dominio sud è pari a 2,1 µg/m³ e si verifica ad una distanza di circa 950 m dall'impianto C&T, che risulta essere il contributo più significativo (90%) rispetto al totale degli impianti.

Inquinante	Dominio	x (m)	y (m)	C _{max} (µg/m ³)
Media Annuale				
NO _x	nord	399450	5025300	0,82
NO _x	sud	379800	4974900	2,1

Tabella 20. Massime ricadute di NO_x nei due domini.

In Tabella 21 e Tabella 22 sono invece riportati la sintesi delle caratteristiche emissive e i valori delle massime ricadute al suolo in termini di concentrazione media annuale per ciascun impianto dei due domini per gli ossidi di azoto

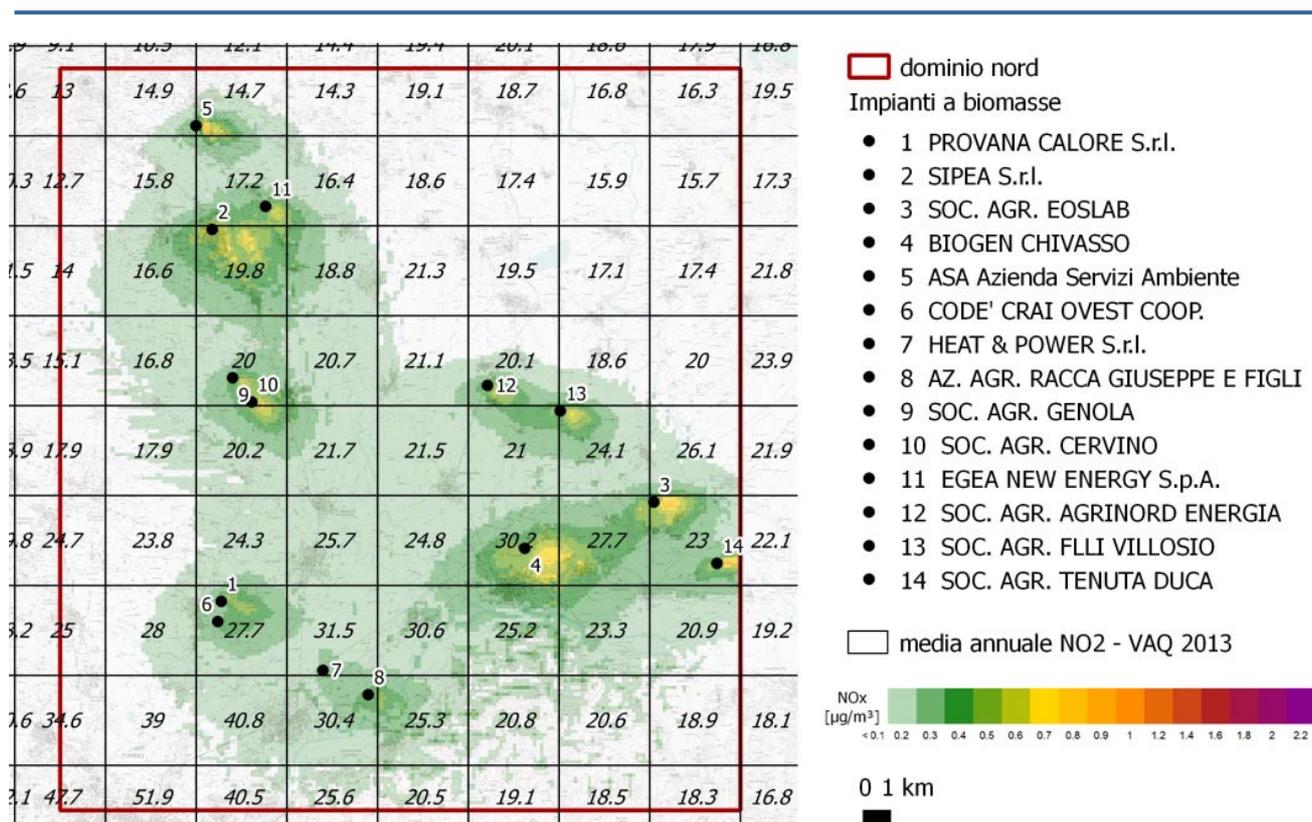


Figura 12: dominio nord, contributo di tutti gli impianti considerati.

Impianto	Altezza camino m	Diametro camino m	Temp °K	Velocità m/s	Flusso di massa kg/h	C _{camino} mg/m ³	C _{max} media annuale µg/m ³	C _{max} Media oraria µg/m ³	C _{max} 99,8 ° µg/m ³
Agrinord energia	10	0,35	723	32	1,3	116	0,48	35	11
ASA Az. Serv. Amb	12	1	385	8,3	1,2	52	0,75	91	31
Biogen Chivasso S.r.l.	25	1,6	528	24	5,4	31	0,63	35	14
Codé Crai Ovest	6,3	0,5	461	7,4	0,21	39	0,13	6,3	3,2
Egea New Energy	10	0,3	723	28	0,83	116	0,40	24	9,8
Eoslab S.r.l.	15	0,8	438	13	1,9	78	0,70	37	17
Heat & Power	14	0,6	393	7,9	0,32	39	0,16	13	4,0
Provana Calore S.r.l.	20	0,99	393	10	1,7	60	0,38	80	29
Racca G. E Figli	10	0,3	733	34	0,99	114	0,30	21	10
Sipea S.r.l.	40	1,8	408	6,5	4,9	82	0,58	63	18
Soc. agr. f.lli Villosio	10	0,35	730	33	1,3	115	0,49	29	14
Soc. agr. Genola	10	0,3	708	36	1,1	118	0,39	30	10
Soc. agr. Tenuta Duca	10	0,35	713	29	1,2	118	0,72	22	12
Soc. agr Cervino	10	0,25	723	33	0,69	116	0,35	23	8,3

Tabella 21. massime ricadute di NO_x nel dominio nord.

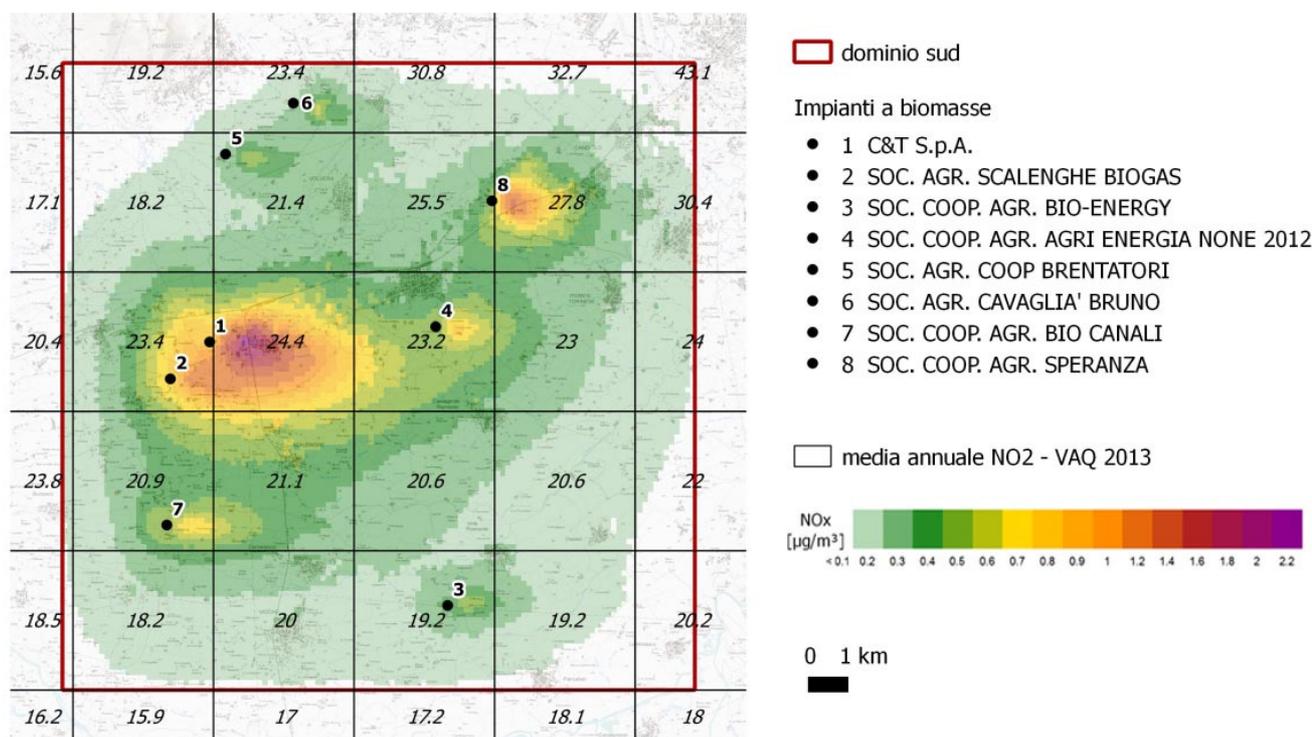


Figura 13: dominio sud, contributo di tutti gli impianti considerati.

Impianto	Altezza camino m	Diametro camino m	Temp °K	Velocità m/s	Flusso di massa kg/h	C _{camino} mg/m ³	C _{max} media annuale µg/m ³	C _{max} Media oraria µg/m ³	C _{max} 99,8 ^o µg/m ³
Agrienergia None	10	0,3	703	32,3	1,0	119	0,41	19	7,1
Bio Canali	10	0,35	723	33,7	1,4	116	0,49	23	8,5
Bio-energy	10	0,25	724	33,1	0,7	116	0,37	19	7,4
C & T S.p.A.	40	1,9	398	15,1	11,9	77	1,9	91	26
Scalenghe biogas	10	0,35	730	32,2	1,3	115	0,45	23	7,5
Soc. agr. Cavaglià B.	10	0,3	723	28,4	0,8	116	0,46	16	6,0
Soc.agr. Brentatori	10	0,3	723	28,1	0,8	116	0,35	16	5,4
Speranza coop. agr	7,5	0,35	461	22,4	1,36	193	1,7	58	25
Speranza coop. agr	7,5	0,35	758	43,2	1,36	91	0,8	37	15

Tabella 22. massime ricadute di NOx nel dominio sud

Per fornire un riferimento che permetta di valutare il contributo dei vari impianti alla qualità dell'aria nelle aree studiate, le mappe di Figura 12 e Figura 13 sono state sovrapposte ai dati di concentrazione media annuale di NO₂ ottenuti dalle simulazioni effettuate da Arpa a supporto di Regione Piemonte per la Valutazione Annuale della Qualità dell'Aria (di seguito VAQ). Queste simulazioni, realizzate con la stessa catena modellistica adottata nel presente studio ma adottando anziché un modello lagrangiano a particelle un modello euleriano fotochimico, forniscono campi di concentrazione dei principali inquinanti atmosferici per l'intero territorio regionale con una risoluzione di 4 x 4 km². La simulazione VAQ di riferimento utilizza la ricostruzione meteorologica dell'anno 2013, temporalmente coincidente con le simulazioni del presente studio, mentre le emissioni sono calcolate a partire dall'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA) di Regione Piemonte nella versione più aggiornata disponibile (IREA 2008). Considerando che gli impianti a biomassa descritti in questo studio, fatta eccezione per C&T, non sono censiti nell'Inventario come sorgenti puntuali (a causa della ridotta taglia emissiva come ASA di Castellamonte e Provana Calore di Leini o perché entrati in attività successivamente al 2008), le concentrazioni medie annue della VAQ rappresentano un valore di fondo al quale sommare le ricadute degli impianti a biomassa. Il confronto tra le ricadute al

suolo degli impianti, che si riferiscono agli ossidi di azoto totali (NO_x), e i dati di fondo relativi al solo NO₂ avviene in modo cautelativo ipotizzando una totale conversione degli NO_x a NO₂. In realtà, sebbene non sia possibile definire un rateo univoco, in quanto esso dipende da fattori quali le concentrazioni di ozono che gli inquinanti presenti nel pennacchio incontrano nell'atmosfera circostante o le condizioni meteorologiche, è possibile stimare fattori di conversione che variano dal 60 al 90% in funzione della stagione⁵.

Analizzando il dominio nord, si osserva che la VAQ prevede superamenti del valore medio annuo per il biossido di azoto in un'area collocata nell'angolo SW del dominio che, prevalentemente, non risente delle ricadute degli impianti a biomassa; fa eccezione un'unica cella, coincidente con la zona più a W del comune di Settimo Torinese, dove le concentrazioni stimate sono pari a 40,8 µg/m³. In quest'area, il contributo medio annuo degli impianti più prossimi è di 0,2 µg/m³ di NO_x, quindi piuttosto modesto. I contributi più significativi in termini di media annua nel dominio sono associati ai due impianti a biomassa solida ASA di Castellamonte (0,75 µg/m³) e Eoslab di

⁵ Janssen L. H. J. M. et al.: A classification of NO oxidation rates in power plant plumes based on atmospheric conditions – Atmospheric Environment Vol. 22, No. 1, pp. 43-53, 1988

Torrazza ($0,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e all'impianto a biogas Società Agricola Tenuta Duca di Verolengo ($0,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$); i valori di fondo stimati dalla VAQ risultano essere ampiamente al di sotto del valore limite per la media annua del biossido di azoto, sia nell'area di Castellamonte, con concentrazioni inferiori ai $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_2 , sia in quella circostante le altre due aziende, con concentrazioni stimate ampiamente al di sotto dei $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_2 .

Analizzando il dominio sud, l'unica cella del dominio in cui la VAQ stima un superamento è situata nell'angolo NE in corrispondenza del territorio comunale di Nichelino, con $43,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_2 , area nella quale l'apporto degli impianti a biomassa è molto limitato (al massimo pari a $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_x). L'impianto che contribuisce più significativamente alle concentrazioni medie annue di ossidi di azoto è l'impianto a biomassa legnosa C&T di Airasca, con $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_x ; è da notare che il contributo di C&T risulta essere l'unico già incluso nel fondo come sorgente puntuale. Il contributo più rilevante da considerarsi aggiuntivo alle concentrazioni di fondo risulta essere quello associato alla Società Agricola Speranza di Candiolo alimentata a biogas, con una concentrazione media annua di $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di ossidi di azoto nell'ipotesi conservativa che lavori in assetto cogenerativo tutto l'anno; in realtà, considerando il reale ciclo annuale di funzionamento, la concentrazione massima stimata risulta essere di $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I rimanenti impianti del dominio, tutti a biogas, contribuiscono alle medie annue con concentrazioni inferiori a $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_x .

Le concentrazioni massime di NO_x sul breve periodo sono più significative e per entrambi i domini sono pari a $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nel dominio nord associate alle ricadute di ASA di Castellamonte e nel dominio sud a quelle di C&T di Airasca; per entrambe le aziende il 99,8° percentile di NO_x si riduce a concentrazioni prossime ai $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Esaurita la discussione dei risultati relativi a NO_x , nel seguito sarà fatta una breve analisi dei risultati degli altri inquinanti considerati, individuando gli impianti di maggior impatto nei due domini considerati.

Per quanto riguarda il monossido di carbonio, il cui indicatore previsto dalla normativa è la media mobile sulle 8 ore, per poter avere informazioni circa i contributi delle diverse aziende è possibile far riferimento alla massima media oraria; il contributo più significativo risulta essere pari a $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel dominio sud dovuto alla Società Agricola Speranza di Candiolo in assetto cogenerativo e a $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel dominio nord associato alla ditta ASA di Castellamonte. Entrambi i valori sono ampiamente inferiori al limite previsto dalla normativa vigente di $10 \text{mg}/\text{m}^3$ come massima media sulle 8 ore.

Per quanto riguarda il PM10 primario, il maggior contributo alle concentrazioni medie annue è pari, nel dominio nord, a $0,059 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e proviene dall'impianto Eoslab di Torrazza e, nel dominio sud, a $0,0034 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dovuto all'impianto C&T di Airasca. I valori del PM2,5 primario risultano essere ancora inferiori e decisamente poco rilevanti.

Nel caso dei COT, il valore medio annuo più elevato è associato agli impianti a biogas: nel dominio sud è pari a $4,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed è dovuto alla Società Agricola Speranza di Candiolo in assetto cogenerativo, mentre in quello nord è pari a $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed è associato alla Società Agricola Tenuta Duca di Verolengo. Gli impianti a biomassa legnosa e liquida presentano concentrazioni massime medie annuali inferiori a $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Relativamente al SO_2 , nel dominio sud l'impatto maggiore è dovuto alla Società Agricola Speranza di Candiolo in assetto cogenerativo che contribuisce alle concentrazioni medie annue con $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre nel dominio nord il contributo più significativo è dovuto a Eoslab di Torrazza con $0,059 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La massima media oraria per questo inquinante è stimata per l'impianto ASA di Castellamonte con $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel dominio nord, mentre nel dominio sud per la Società Agricola Speranza di Candiolo in assetto cogenerativo con $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, comunque ampiamente al di sotto dei limiti previsti dalla qualità dell'aria.

Fra gli impianti che immettono in atmosfera acido cloridrico il contributo maggiore nel dominio sud proviene da C&T di Airasca con una concentrazione media annuale di $0,031 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre nel dominio nord proviene da Sipea di Rivarolo con $0,042 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nel caso dell'ammoniaca le concentrazioni massime medie annue sono dovute a Biogen di Chivasso con $0,025 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel dominio nord e nel dominio sud a C&T di Airasca con $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In tutti gli impianti presso i quali sono state condotte le misure di mercurio e di acido fluoridrico, i valori rilevati sono risultati inferiori al limite di rilevanza strumentale, pertanto non ne sono state stimate le ricadute mediante le simulazioni modellistiche.

Analizzando i risultati relativi ai microinquinanti, le concentrazioni stimate sono poco significative. Nel caso dei PCB le concentrazioni massime medie annue sono pari a $0,1 \text{pg}/\text{m}^3$ per C&T di Airasca, ossia di un ordine di grandezza inferiori a quelle che il WHO definisce per le aree non contaminate, mentre per PCDD/PCDF il valore massimo riscontrato è associato alla Biogen di Chivasso ed è pari $0,27 \text{fg}/\text{m}^3$, cioè due ordini di grandezza inferiori a quelle del WHO per le aree di fondo.

Per quanto riguarda gli idrocarburi policiclici aromatici, le mappe di ricaduta sono relative al totale di IPA, mostrando un valore massimo nel dominio sud dovuto a C&T di Airasca pari a $0,047 \text{pg}/\text{m}^3$; è possibile, nota la concentrazione di benzo(a)pirene risultata dalle analisi, stimare per questo impianto una ricaduta massima media annua pari a $0,035 \text{pg}/\text{m}^3$ di B(a)P a fronte di un valore previsto dalla normativa sulla qualità dell'aria di $1 \text{ng}/\text{m}^3$. Gli altri impianti presso i quali sono stati effettuati i campionamenti a camino presentano concentrazioni di IPA totali inferiori a quelli di C&T e, in particolare, sia presso Biogen di Chivasso che presso Sipea di Rivarolo le concentrazioni di benzo(a)pirene sono risultate inferiori al limite di rilevanza strumentale.

Fra i metalli previsti dalla normativa sulla qualità dell'aria ed analizzati nel corso dello studio, arsenico e cadmio sono risultati essere al di sotto del limite di rilevanza strumentale. Per quanto riguarda il nichel, il contributo più significativo è dovuto alla C&T di Airasca, con una massima media annuale di $0,98 \text{ng}/\text{m}^3$, mentre per gli altri impianti le ricadute massime hanno valori di circa due ordini di grandezza inferiori; il limite previsto dalla normativa in atmosfera per questo metallo è pari a $20 \text{ng}/\text{m}^3$. Anche per il piombo C&T è l'impianto che presenta le concentrazioni massime medie annue più elevate, con $0,98 \text{ng}/\text{m}^3$, sebbene ampiamente inferiori ai limiti di legge ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Gli altri metalli rilevati dalle analisi non presentano limiti normativi alle immissioni. Le concentrazioni più elevate di metalli sono in generale associate alla C&T di Airasca, mentre negli altri impianti presso i quali sono stati effettuati campionamenti le concentrazioni sono risultate significativamente inferiori. Fra i metalli citati nelle Linee Guida WHO quello che nelle ricadute di C&T di Airasca maggiormente si avvicina alle concentrazioni di riferimento per le aree remote ($0-3 \text{ng}/\text{m}^3$) è il cromo, che raggiunge una massima media annua di $0,65 \text{ng}/\text{m}^3$, mentre per il manganese si stima una massima media annua di $0,82 \text{ng}/\text{m}^3$, di un ordine di grandezza inferiore ai valori di riferimento delle aree remote ($10-30 \text{ng}/\text{m}^3$). Le immissioni più elevate di zinco ($3,9 \text{ng}/\text{m}^3$) e rame ($3,6 \text{ng}/\text{m}^3$) si riferiscono a C&T, che è anche l'unico impianto presso il quale siano state rilevate concentrazioni superiori al limite di rilevanza per stagno e cobalto (entrambi con $0,49 \text{ng}/\text{m}^3$). Il vanadio è invece stato rilevato unicamente presso l'impianto Biogen di Chivasso, con una massima media annua nelle ricadute al suolo di $0,012 \text{ng}/\text{m}^3$.

7 CONCLUSIONI

Lo studio ha preso in esame le caratteristiche emissive di 22 impianti alimentati a biomassa (solida, liquida e gassosa) presenti nel territorio della provincia di Torino e ne ha valutato la dispersione sul territorio utilizzando simulazioni modellistiche.

Dal punto di vista emissivo gli impianti sono stati accuratamente descritti e studiati sulla base di:

- dati acquisiti dagli SME, ove presenti;
- misure effettuate da Arpa sui macroinquinanti e sui microinquinanti, presso quattro impianti selezionati in modo da fornire indicazioni sul contributo emissivo associato ad ognuna delle diverse tipologie di alimentazione a biomassa;
- informazioni da impianti simili;

in modo da ricostruire in modo adeguatamente rappresentativo il quadro emissivo di queste tipologie di impianti e, al contempo, ottenere le informazioni necessarie alla realizzazione delle successive simulazioni modellistiche. Queste sono state condotte su due domini collocati approssimativamente a NE e a SW della città di Torino, per i quali è stata ricostruita la meteorologia per l'anno 2013 ad un elevato dettaglio spaziale (300 metri) e sui quali sono quindi state realizzate le simulazioni dispersive ad una risoluzione di 150 metri.

Ogni impianto è stato descritto singolarmente, sia dal punto di vista emissivo che dispersivo, attraverso la produzione di mappe tematiche che illustrano le ricadute al suolo ottenute a partire dai dati emissivi orari (quando disponibili attraverso gli SME) o dai dati emissivi medi annui. Per tutti gli impianti sono state prodotte anche mappe di diluizione che permettono, nota la concentrazione emessa a camino di un inquinante generico, di stimare le corrispondenti concentrazioni al suolo a parità di condizioni emissive e di condizioni meteorologiche.

Gli impatti più rilevanti, limitatamente agli inquinanti primari, sono sicuramente associati agli ossidi di azoto.

In generale, per quanto riguarda gli impatti degli NO_x prodotti dagli impianti a biomassa dotati di SME, per i quali sono state condotte due simulazioni, una con emissioni orarie variabili (scenario SME) e l'altra con emissioni orarie medie costanti (scenario medio annuale), si osserva che la stima delle concentrazioni massime sulla media annua con le due metodologie utilizzate non mostra differenze significative; invece nel caso dei massimi orari e dei 99.8° i valori possono differire anche di una decina di µg/m³ con concentrazioni generalmente più elevate nello scenario SME, ad eccezione degli impianti Provana Calore e C&T nei quali le concentrazioni degli indicatori sul breve periodo sono più elevate nello scenario medio.

Dal punto di vista quantitativo le concentrazioni medie annue stimate sono sempre molto contenute, con valori massimi che non superano generalmente 1 µg/m³, ad eccezione di C&T di Airasca e Speranza di Candiolo. Per quanto riguarda gli indicatori sul breve periodo invece i valori sono più elevati, con concentrazioni massime al suolo che non risultano essere necessariamente legate alle differenze fra impianti di grandi e piccole dimensioni ma alle diverse caratteristiche emissive (altezza del camino e temperatura dei fumi, flusso di massa). I valori massimi orari (evento unico nell'anno meteorologico simulato) sono raggiunti da C&T di Airasca e ASA di Castellamonte con 91 µg/m³, mentre il 99.8° percentile si attesta su valori circa tre volte inferiori. Per quanto riguarda l'ampiezza delle aree di impatto, si osservano differenze significative legate alle dimensioni degli impianti; ad esempio gli impianti a biogas hanno in generale aree di ricaduta più limitate ma con concentrazioni spesso paragonabili a quelle degli impianti di maggiori dimensioni proprio a causa delle differenti caratteristiche emissive.

Relativamente all'impatto degli altri inquinanti, COT, SO_x, CO, polveri, HCl, metalli, PCB, PCDD/DF e IPA, le concentrazioni medie annue al suolo sono molto contenute e inferiori ai limiti di legge, qualora disponibili, o ai valori di riferimento citati nelle Linee Guida WHO.