

## **Allegato D6**

IDENTIFICAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI EFFETTI DELLE EMISSIONI IN ARIA E CONFRONTO CON SQA PER LA PROPOSTA IMPIANTISTICA PER LA QUALE SI RICHIEDE L'AUTORIZZAZIONE



## INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
2	CONSIDERAZIONI GENERALI SULL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO.....	3
3	SINTESI DEI LIMITI NORMATIVI DI RIFERIMENTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	5
4	CARATTERISTICHE DI QUALITÀ DELL'ARIA.....	6
4.1	DATI BIBLIOGRAFICI.....	6
4.2	MONITORAGGI ANTE OPERAM CON STAZIONI MOBILI.....	8
4.3	MONITORAGGI CON STAZIONI FISSE.....	11
4.3.1	Concentrazione degli Ossidi di Azoto.....	14
4.3.2	Concentrazione di Polveri sottili (PM <sub>10</sub> ).....	14
4.3.3	Concentrazione di Monossido di Carbonio.....	14
4.3.4	Concentrazione di Ozono.....	14
4.3.5	Concentrazione di Biossido di Zolfo.....	15
4.3.6	Conclusioni.....	15
5	IDENTIFICAZIONE DEGLI IMPATTI POTENZIALI.....	15
5.1	SIMULAZIONI CON I MODELLI GAUSSIANI.....	16
5.2	SIMULAZIONI CON IL MODELLO LAGRANGIANO.....	18
6	STIMA DEI POTENZIALI IMPATTI SULLE GRANDEZZE TERMOIGROMETRICHE INDOTTI DAL FUNZIONAMENTO DELL'AEROCONDENSATORE E DEI CAMINI.....	22



## 1 INTRODUZIONE

Presso la Centrale di Livorno Ferraris è in esercizio un sistema di monitoraggio continuo della qualità dell'aria ambiente costituito da due stazioni direttamente gestite da E.ON, la cui localizzazione è stata concordata con le autorità e corrisponde ai luoghi presso cui è atteso il massimo impatto da parte della Centrale e delle sorgenti locali.

Nel seguito di questo Allegato, sono riportate:

- alcune considerazioni generali sull'inquinamento atmosferico;
- una sintesi della normativa e dei limiti vigenti;
- una sintesi dello stato di qualità dell'aria nell'area in esame, basato su misure al suolo e considerazioni svolte all'interno del Piano per il Risanamento e la Tutela della Qualità dell'Aria (Anno 2000 e successivi aggiornamenti);
- i risultati delle simulazioni effettuate per la stima dello stato di qualità dell'aria e del contributo della Centrale.

In questa relazione non sono state considerate le informazioni contenute nello Studio di Impatto Ambientale della Centrale in quanto sono disponibili studi più recenti e di maggiore dettaglio.

Le caratteristiche meteorologiche ed il regime anemologico sono descritti nell'*Allegato D5*.

## 2 CONSIDERAZIONI GENERALI SULL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

I fenomeni di inquinamento dell'ambiente atmosferico sono strettamente correlati alla presenza sul territorio di attività umane e produttive di tipo industriale ed agricolo e di infrastrutture di collegamento, etc.

Gli inquinanti immessi in atmosfera subiscono sia effetti di diluizione e di trasporto in misura pressoché illimitata dovuti alle differenze di temperatura, alla direzione e velocità dei venti ed agli ostacoli orografici esistenti, sia azioni di modifica o di trasformazione in conseguenza della radiazione solare e della presenza di umidità atmosferica, di pulviscolo o di altre sostanze inquinanti preesistenti.

A livello del tutto generale, le sorgenti maggiormente responsabili dello stato di degrado atmosferico sono reperibili negli insediamenti industriali, negli insediamenti abitativi o assimilabili (consumo di combustibili per riscaldamento, etc.), nel settore agricolo (consumo di combustibili per la produzione di forza motrice) e nel settore dei trasporti. È opportuno però ricordare che esistono estese commistioni tra le emissioni di origine industriale e quelle di origine civile e da traffico: molto spesso infatti avvengono contemporaneamente e a breve distanza tra loro, mescolandosi in modo che la loro discriminazione sia impossibile.

Le sostanze immesse in atmosfera possono ritrovarsi direttamente nell'aria ambiente (inquinanti primari), oppure possono subire processi di trasformazione dando luogo a nuove sostanze inquinanti (inquinanti secondari). Gli agenti inquinanti tipicamente monitorati sono CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, le polveri totali sospese e il PM<sub>10</sub>. Nel seguito viene riportata una breve descrizione di questi inquinanti.



- Monossido di Carbonio: il carbonio, che costituisce lo 0,08% della crosta terrestre, si trova in natura sia allo stato elementare che combinato negli idrocarburi, nel calcare, nella dolomite, nei carboni fossili, etc.. Il carbonio è in grado di legarsi chimicamente con l'ossigeno formando due composti (ossidi): il monossido di carbonio (CO) ed il biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>). Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico la cui concentrazione venga espressa in milligrammi al metro cubo (mg/m<sup>3</sup>). E' un gas inodore ed incolore e viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. La principale sorgente di CO è rappresentata dal traffico veicolare (circa il 90% delle emissioni totali), in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. Il tempo medio di vita del monossido di carbonio è dell'ordine di qualche mese.
- Ossidi di Azoto: gli ossidi di azoto (NO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub> ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione, qualunque sia il tipo di combustibile utilizzato. Il biossido di azoto si presenta sotto forma di gas di colore rossastro, di odore forte e pungente. Il biossido di azoto in particolare è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla costituzione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico". Un contributo fondamentale all'inquinamento da biossido di azoto e derivati fotochimici è apportato, nelle città, dai fumi di scarico degli autoveicoli.
- Ozono: l'ozono è un gas altamente reattivo, di odore pungente e, ad elevate concentrazioni, di colore blu dotato di un elevato potere ossidante. L'ozono si concentra nella stratosfera ad un'altezza compresa fra i 30 e i 50 km dal suolo e la sua presenza protegge la troposfera dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole e dannose per la vita degli esseri viventi. L'assenza di questo composto nella stratosfera è chiamata generalmente "buco dell'ozono". L'ozono presente nella troposfera (lo strato atmosferico compreso fra il livello del mare e i 10 km di quota), ed in particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, è invece un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura. L'ozono non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto.
- Particolato: il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso presente in sospensione nell'aria. La natura delle particelle è la più varia: fanno parte delle polveri sospese il materiale organico disperso dai vegetali (pollini e frammenti di piante), il materiale inorganico prodotto dall'erosione del suolo e dei manufatti (frazione più grossolana) causata da agenti naturali (vento e pioggia, etc.). Nelle aree urbane il materiale particolato può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e delle frizioni, e delle emissioni provenienti dagli scarichi degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel. Il PM<sub>10</sub> rappresenta la frazione del particolato le cui particelle hanno un diametro aerodinamico inferiore a 10 micron. Tale frazione rappresenta un pericolo per la salute in quanto il ridotto diametro delle particelle fa sì che non si fermino a livello di prime vie respiratorie ma possano raggiungere la trachea e i bronchi.



- **Biossido di Zolfo:** l'SO<sub>2</sub> è il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto. E' un gas incolore e di odore pungente. Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità. Una percentuale molto bassa di biossido di zolfo nell'aria (6 - 7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel.

### 3 SINTESI DEI LIMITI NORMATIVI DI RIFERIMENTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

Nella successiva tabella vengono riassunti i valori limite ed i livelli di allarme per gli inquinanti di interesse.

Non sono riportati i limiti per l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici introdotti dal D.Lgs. 152 del 03/08/2007 in quanto non risultano di interesse per il caso in esame.

*Tabella 1: Limiti normativi di riferimento*

<b>OSSIDI DI AZOTO</b>		
<i>Valori Limite (µg/m<sup>3</sup>)</i>		
NO <sub>2</sub> media di 1 ora (protezione salute umana), da non superare più di 18 volte per anno		DM 60/02
<i>Data obiettivo 1 Gennaio 2010</i>	200	
<i>1 Gennaio 2005</i>	250	
NO <sub>2</sub> media anno civile (protezione salute umana)		DM 60/02
<i>Data obiettivo 1 Gennaio 2010</i>	40	
<i>1 Gennaio 2005</i>	50	
NO <sub>x</sub> media anno civile (protezione vegetazione)		DM 60/02
<i>Data obiettivo 19 Luglio 2001</i>	30	
<i>Livelli di Allarme (µg/m<sup>3</sup>)</i>		
Valore di 3 ore consecutive	400	DM 60/02
<b>POLVERI SOTTILI (PM<sub>10</sub>)</b>		
<i>Valori Limite (µg/m<sup>3</sup>)</i>		
<b>FASE I</b>		
Media di 24 ore (protezione salute umana), da non superare più di 35 volte per anno civile.		DM 60/02
<i>Data obiettivo 1 Gennaio 2005</i>	50	
Media anno civile (protezione salute umana)		DM 60/02
<i>Data obiettivo 1 Gennaio 2005</i>	40	
<b>FASE II (valori indicativi, da rivedere con succ. decreto sulla base della futura normativa comunitaria)</b>		
Media di 24 ore (protezione salute umana), da non superare più di 7 volte per anno civile		DM 60/02
<i>Data obiettivo 1 Gennaio 2010</i>	50	
Media anno civile (protezione salute umana)		DM 60/02
<i>Data obiettivo 1 Gennaio 2010</i>	20	
<b>MONOSSIDO DI CARBONIO</b>		
<i>Valori Limite (mg/m<sup>3</sup>)</i>		



Media massima giornaliera su 8 ore (protezione salute umana)		DM 60/02
Data obiettivo 1 Gennaio 2005	10	
<b>OZONO</b>		
<i>Soglia di informazione (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</i>		
Media di un'ora	180	D.Lgs. 184/04
<i>Soglia di allarme (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</i>		
Media di un'ora (ai fini dell'applicazione dell'articolo 5, comma 3 del D.Lgs. 184/04 il superamento della soglia deve essere misurato per tre ore consecutive)	240	
<b>BIOSSIDO DI ZOLFO</b>		
<i>Valori Limite (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</i>		
Media di 1 ora (protezione salute umana), da non superare più di 24 volte per anno		DM 60/02
Data obiettivo 1 Gennaio 2005	350	
Media di 24 ore (protezione salute umana), da non superare più di 3 volte per anno civile		DM 60/02
Data obiettivo 1 Gennaio 2005	125	
Media anno civile e inverno (1 ottobre – 31 marzo) (protezione ecosistemi)		DM 60/02
Data obiettivo 1 Gennaio 2005	20	

#### 4 CARATTERISTICHE DI QUALITÀ DELL'ARIA

##### 4.1 DATI BIBLIOGRAFICI

A livello generale e prescrittivo, si ricorda che il Piano per il Risanamento e la Tutela della Qualità dell'Aria della Regione Piemonte (si veda *Allegato A24*), colloca il Comune di Livorno Ferraris in Zona 3 (comuni nei quali la valutazione della qualità dell'aria conferma la regolarità della situazione e quindi per i quali devono essere elaborati dalle Province i Piani ai sensi dell'articolo 9 del D.Lgs. n. 351/1999 al fine di conservare i livelli di inquinamento al di sotto dei limiti stabiliti, nonché preservare la migliore qualità dell'aria ambiente compatibile con lo sviluppo sostenibile).

Con specifico riferimento ai vari inquinanti Livorno Ferraris è classificato:

- per gli NO<sub>x</sub>: Classe 2;
- per il PM<sub>10</sub>: Classe 3;
- per il CO: Classe 1.

In relazione ai singoli inquinanti la definizione delle zone è la seguente:

- NO<sub>x</sub>:
  - prima classe: comuni nei quali la stima della media annuale risulta inferiore alla soglia di valutazione inferiore (inferiore a  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ );

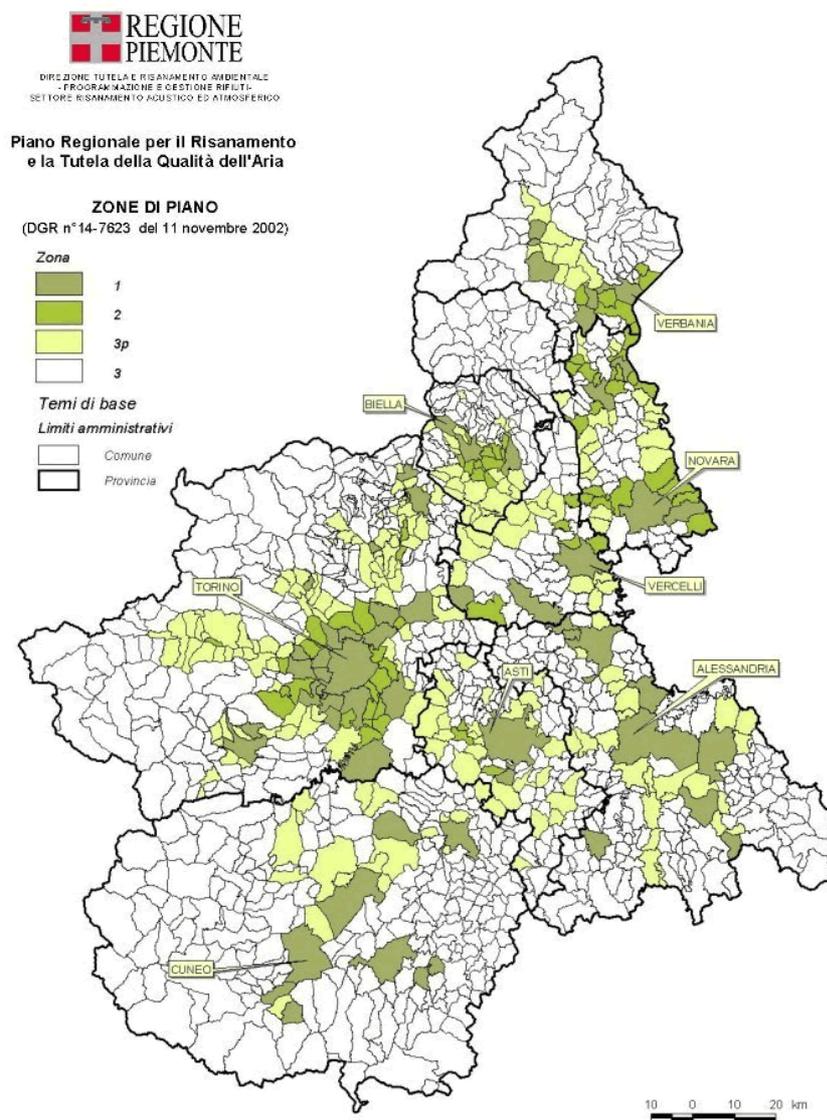


- seconda classe: comuni nei quali la stima della media annuale risulta compresa tra la soglia di valutazione inferiore e quella di valutazione superiore (da 26  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );
  - terza classe: comuni nei quali la stima della media annuale risulta compresa tra la soglia di valutazione superiore ed il valore limite annuale per la protezione della salute da raggiungere entro il 1° gennaio 2010 (da 32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );
  - quarta classe: comuni nei quali la stima della media annuale risulta compresa tra il valore limite annuale per la protezione della salute da raggiungere entro il 1° gennaio 2010 e lo stesso valore aumentato del margine di tolleranza (da 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );
  - quinta classe: comuni nei quali la stima della media annuale risulta superiore al valore limite annuale per la protezione della salute da raggiungere entro il 1° gennaio 2010, aumentato del margine di tolleranza (superiore a 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- PM10:
- prima classe: comuni nei quali la stima della media annuale risulta inferiore alla soglia di valutazione inferiore (inferiore a 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );
  - seconda classe: comuni nei quali la stima della media annuale risulta compresa tra la soglia di valutazione inferiore e quella di valutazione superiore (da 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );
  - terza classe: comuni nei quali la stima della media annuale risulta compresa tra la soglia di valutazione superiore ed il valore limite annuale per la protezione della salute da raggiungere entro il 1° gennaio 2005 (da 14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );
  - quarta classe: comuni nei quali la stima della media annuale risulta compresa tra il valore limite annuale per la protezione della salute da raggiungere entro il 1° gennaio 2005 e lo stesso valore aumentato del proprio margine di tolleranza (da 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );
  - quinta classe: comuni nei quali la stima della media annuale risulta superiore al valore limite annuale per la protezione della salute da raggiungere entro il 1° gennaio 2005, aumentato del margine di tolleranza (superiore a 48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- CO:
- prima classe: comuni nei quali la stima della media su otto ore risulta inferiore alla soglia di valutazione inferiore (inferiore a 5  $\text{mg}/\text{m}^3$ );
  - seconda classe: comuni nei quali la stima della media su otto ore risulta compresa tra la soglia di valutazione inferiore e quella di valutazione superiore (da 5  $\text{mg}/\text{m}^3$  a 7  $\text{mg}/\text{m}^3$ );
  - terza classe: comuni nei quali la stima della media su otto ore risulta compresa tra la soglia di valutazione superiore ed il valore limite per la protezione della salute da raggiungere entro il 1° gennaio 2005 (da 7  $\text{mg}/\text{m}^3$  a 10  $\text{mg}/\text{m}^3$ );
  - quarta classe: comuni nei quali la stima della media su otto ore risulta compresa tra il valore limite per la protezione della salute da raggiungere entro il 1° gennaio 2005 e lo stesso valore aumentato del margine di tolleranza (da 10  $\text{mg}/\text{m}^3$  a 16  $\text{mg}/\text{m}^3$ );
  - quinta classe: comuni nei quali cui la stima della media su otto ore risulta superiore al valore limite annuale per la protezione della salute da raggiungere entro il 1° gennaio 2005, aumentato del margine di tolleranza (superiore a 16  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

La **Figura 1** seguente riporta la classificazione comunale del 2002.



Figura 1: Zonizzazione 2002 del Piano per il Risanamento e la Tutela della Qualità dell'Aria



Sulla base dell'analisi del Piano, non ci sono inquinanti critici nella zona di interesse.

#### 4.2 MONITORAGGI ANTE OPERAM CON STAZIONI MOBILI

In attuazione delle prescrizioni contenute nel Decreto MAP, E.ON Italia Produzione ha elaborato, d'intesa con il Servizio regionale qualità dell'aria della Regione Piemonte, con la Provincia di Vercelli, con i settori VIA qualità dell'aria e meteorologico e con il Dipartimento Vercelli dell'ARPA Piemonte, il "Piano di Monitoraggio della Qualità dell'Aria". Il Piano è stato presentato ad ARPA Piemonte il 3 Novembre 2004 ed è stato approvato dall'ente in data 19 novembre 2004.

Il Piano ha previsto l'esecuzione di campagne di misura della qualità dell'aria con punti di rilievo localizzati:



1. Cascina Scavarda, sul territorio del comune di Fontanetto Po, nelle strette vicinanze del sito di Centrale;
2. nel centro abitato di Fontanetto Po, a circa 4 km a sud del punto di misura presso Cascina Scavarda,
3. ai margini del centro abitato di Livorno Ferraris, in prossimità di una strada secondaria con assenza di traffico veicolare e nelle vicinanze di un capannone adibito a deposito;
4. nel centro del centro abitato di S. Genuario (Comune di Crescentino), a circa 3,8 km in direzione ovest-sudovest dai camini di emissione della centrale.

Per ciascuna postazione di misura è stata prevista una misura della durata di un mese nel periodo invernale ed una analoga nel periodo estivo.

Il monitoraggio invernale nelle postazioni presso Cascina Scavarda e Fontanetto Po è stato effettuato mediante un laboratorio mobile appositamente attrezzato con analizzatori automatici, stazione meteorologica e sistemi di campionamento per polveri, ed ha riguardato i parametri chimici e fisici di seguito elencati:

- *Parametri chimici:*
  - polveri totali sospese;
  - PM<sub>10</sub>;
  - PM<sub>2.5</sub>;
  - ossidi di azoto (NO e NO<sub>2</sub>);
  - anidride solforosa (SO<sub>2</sub>);
  - monossido di carbonio (CO);
  - ozono (O<sub>3</sub>);
  - metano (CH<sub>4</sub>);
  - idrocarburi non metanici (NMHC).
  
- *Parametri fisici:*
  - temperatura;
  - direzione del vento;
  - velocità del vento;
  - radiazione solare, globale e netta;
  - umidità relativa;
  - precipitazione;
  - pressione atmosferica.

Le campagne di monitoraggio eseguite presso l'abitato di Livorno Ferraris ed in localita San Genuario e presso Cascina Scavarda e Fontanetto Po nel solo periodo estivo sono state realizzate con laboratorio mobile equipaggiato con analizzatori in grado di rilevare i parametri chimici e fisici di seguito elencati.



- *Parametri chimici:*
  - PM<sub>10</sub>;
  - PM<sub>2.5</sub>;
  - ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>, NO e NO<sub>2</sub>);
  - monossido di carbonio (CO);
  - ozono (O<sub>3</sub>);
  - metano (CH<sub>4</sub>);
  - idrocarburi non metanici (NMHC).
  
- *Parametri fisici:*
  - temperatura;
  - direzione del vento;
  - velocità del vento;
  - radiazione solare, globale e netta;
  - umidità relativa;
  - precipitazione;
  - pressione atmosferica.

Le analisi svolte nelle quattro località hanno evidenziato che sia nel periodo invernale che in quello estivo lo stato di qualità dell'aria per alcuni inquinanti (biossido di zolfo, monossido di carbonio) è ampiamente entro i limiti di norma nei diversi siti di indagine. Per gli ossidi di azoto e le polveri sospese i livelli sono risultati più elevati, anche se la durata dei rilievi (un mese per ogni postazione) non rende possibile un confronto diretto con i limiti di legge (sia i valori medi che i valori di punta sono infatti riferiti all'anno).

Ciò premesso, relativamente al periodo invernale si possono elaborare le seguenti considerazioni:

- per quanto attiene le polveri sospese (PM<sub>10</sub>), i livelli medi più elevati sono stati rilevati presso la postazione di Livorno F. anche a causa del periodo poco piovoso in cui sono state condotte le misure. La situazione migliore si riscontra presso Cascina Scavarda, in cui il valore medio del periodo è di 43 µg/m<sup>3</sup> (a fronte dei 64 µg/m<sup>3</sup> di Livorno Ferraris e dei 58 µg/m<sup>3</sup> di Fontanetto Po);
- gli ossidi di azoto, ed in particolare il biossido di azoto, si osservano in concentrazione maggiore presso le postazioni di monitoraggio poste in ambiti urbanizzati e fra queste, la postazione di Fontanetto Po (concentrazione media pari a 59 µg/m<sup>3</sup>) che risente l'influenza del traffico veicolare in attraversamento dell'abitato; anche in questo caso, Cascina Scavarda presenta le condizioni migliori (30 µg/m<sup>3</sup>);
- in tutte le postazioni di misura non sono state rilevate concentrazioni di potenziale criticità per quanto attiene il monossido di carbonio e l'ozono. Con riferimento a quest'ultimo inquinante, le concentrazioni più alte sono state registrate durante le campagne di Livorno Ferraris e San Genuario, caratterizzate dalla maggior radiazione solare incidente del periodo di indagine. Per il monossido di carbonio si segnala, nelle località di Livorno Ferraris e San Genuario, un aumento delle concentrazioni nelle ore



mattutine e serali, imputabile presuntivamente all'utilizzo di riscaldamenti civili a legna e alla combustione di sterpaglie ad opera dei contadini che vivono nelle aree limitrofe, come è stato rilevato da uno dei tecnici che hanno effettuato le indagini, dal momento che i siti di misura non sono collocati nelle adiacenze di strade con elevato traffico veicolare. Per quanto attiene gli idrocarburi non metanici si segnala ancora la postazione di Fontanetto Po, ove sono state rilevati i valori di concentrazione più elevati;

Per quanto concerne il periodo estivo si possono evidenziare le seguenti considerazioni:

- per quanto attiene le polveri sospese (PM<sub>10</sub>), i livelli medi, più elevati presso le postazioni di Livorno Ferraris (23 µg/m<sup>3</sup>) e Cascina Scavarda (22 µg/m<sup>3</sup>), sono rimasti comunque entro i valori fissati dalla normativa come limite alla concentrazione media annua; analogamente la media delle concentrazioni sulle 24 ore nelle diverse misure non ha evidenziato superamenti del valore rispetto al quale la normativa prevede un limite al numero di superamenti.
- gli ossidi di azoto, ed in particolare il biossido di azoto, sono stati osservati in concentrazione media più elevata presso le postazioni di Livorno Ferraris (50 µg/m<sup>3</sup>) e San Genuario (47 µg/m<sup>3</sup>). La situazione migliore si riscontra presso Fontanetto Po, in cui la concentrazione media di NO<sub>2</sub> del periodo è risultata pari a 32 µg/m<sup>3</sup>;
- per quanto concerne l'ozono, le concentrazioni orarie massime sono risultate comprese fra 128 (San Genuario) e 323 µg/m<sup>3</sup> (Fontanetto Po), i valori medi sono risultati compresi fra 43 (C.na Scavarda) e 72 µg/m<sup>3</sup> (Fontanetto Po), mentre le concentrazioni medie giornaliere su 8 ore massime sono risultate comprese fra 112 (San Genuario) e 190 µg/m<sup>3</sup> (Livorno Ferraris). Per quanto attiene il metano e gli idrocarburi non metanici i valori di concentrazione sono risultati assai livellati fra le diverse stazioni. In particolare per il metano la media delle concentrazioni orarie sull'intero periodo di misura è risultata compresa fra 879 (C.na Scavarda) e 885 µg/m<sup>3</sup> (Fontanetto Po). Per gli idrocarburi non metanici, i valori medi orari sono risultati compresi 56 (Livorno Ferraris) e 63 µg/m<sup>3</sup> (C.na Scavarda).

In tutte le località di indagine non si è evidenziata la presenza di fonti emissive fisse puntuali con particolare influenza sulla qualità dell'aria nelle vicinanze. I valori massimi rilevati per i diversi inquinanti non sono infatti correlabili con particolari direzioni di provenienza dei venti, e si sono manifestati in giornate differenti caratterizzate da varie condizioni meteorologiche, nella maggior parte dei casi in assenza di precipitazioni.

#### 4.3 MONITORAGGI CON STAZIONI FISSE

Nel rispetto delle prescrizioni del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio contenute nei decreti MATT e MAP, E.ON ha provveduto alla costruzione di due stazioni fisse per il monitoraggio della qualità dell'aria secondo le modalità concordate con Regione Piemonte ed Arpa Piemonte.



Tenuto conto delle risultanze dello studio di modellistica delle ricadute delle emissioni della Centrale (i cui risultati sono riportati nel seguente *paragrafo 5*) e facendo seguito ai sopralluoghi effettuati da E.ON, Arpa Piemonte e Regione Piemonte, sono state individuate le localizzazioni delle due stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, come di seguito riportato:

1. stazione di pianura in località Grange di Montarolo, Comune di Trino, su un'area verde lungo la strada provinciale SP 34 ed adiacente alla cascina esistente;
2. stazione di collina, posizionata sulla piazzetta antistante il cimitero di Cantavenna, Comune di Gabiano (AL).

*Figura 2: Localizzazione delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria gestite da E.ON*



Le dotazioni strumentali delle due stazioni sono:

1. stazione di pianura (Trino):
  - n° 1 Analizzatore di NOX, NO, NO<sub>2</sub> modello Thermo Electron 42i;
  - n° 1 Analizzatore di O<sub>3</sub> modello Thermo Electron 49i;
  - n° 1 Analizzatore di CO modello Thermo Electron 48i;
  - n° 1 Analizzatore di SO<sub>2</sub> in tracce modello Thermo Electron 43i TLE;



- n° 1 Misuratore di PM<sub>10</sub> modello UNITEC LSPM10 equipaggiato con testa Eurohead PM10;
- n° 1 Misuratore di PM<sub>2.5</sub> modello UNITEC LSPM10 equipaggiato con testa Eurohead PM<sub>2.5</sub>.

Inizialmente il “Piano di monitoraggio” prevedeva che l’analizzatore di PM<sub>2.5</sub> fosse collocato per 6 mesi nella stazione di pianura (Trino) e che poi fosse spostato per ulteriori 6 mesi nella stazione di collina (Gabiano). Al termine del periodo preliminare di acquisizione dei dati si sarebbe dovuto valutare la collocazione ottimale, alla luce dei risultati acquisiti. A seguito di un tavolo tecnico con ARPA è stato concordato che l’analizzatore rimanesse installato nella stazione di pianura di Trino.

## 2. stazione di collina (Gabiano):

- n° 1 Analizzatore di NOX, NO, NO<sub>2</sub> modello Thermo Electron 42i;
- n° 1 Analizzatore di O<sub>3</sub> modello Thermo Electron 49i;
- n° 1 Analizzatore di CO in tracce modello Thermo Electron 48i TLE;
- n° 1 Misuratore di PM<sub>10</sub> modello UNITEC LSPM10 equipaggiato con testa Eurohead PM10;
- n° 1 Analizzatore di idrocarburi non metanici NMHC.

Gli analizzatori di particolato sospeso sono equipaggiati ciascuno di campionatore sequenziale a 16 filtri modello TCR TECORA SENTINEL, installato in serie allo strumento, in grado di campionare, con autonomia di campionamento fino a 16 giorni, il particolato sospeso per successive analisi di laboratorio (gravimetriche o speciazioni).

È stato previsto un campionatore di deposizioni secche ed umide, collocato nella stazione di pianura (Trino).

Le analisi vengono effettuate sia sulla frazione secca che su quella umida; con frequenze di prelievo dei campioni ogni due mesi sulle deposizioni secche, mentre le deposizioni umide verranno prelevate ed analizzate entro un mese da ogni precipitazione. Nel caso di eventi superiori a 5 mm di precipitazioni, rilevati dal sensore di pioggia installato nella cabina di Trino, si interverrà in modo mirato prelevando la frazione umida nell’arco della settimana sempre lo stesso giorno e conservandola opportunamente fino al momento del prelievo mensile. Tale aliquota verrà poi sommata per il computo a quella prelevata mensilmente.

Le stazioni, gestite direttamente da E.ON, sono collegate direttamente alla rete regionale di qualità dell’aria. I dati validati sono trasmessi ogni giorno lavorativo al Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell’Aria della Regione Piemonte, secondo le modalità indicate nel documento del Consorzio per il Sistema Informativo (CSI) Piemonte “Invio dati di qualità dell’aria manuali e da reti private – formato dei dati – specifiche tecniche”. In particolare ogni giorno sono trasmessi i dati validati relativi al giorno di monitoraggio precedente ed ogni lunedì si procede all’invio dei dati grezzi relativi al venerdì, sabato e domenica precedenti.

L’acquisizione dati e il collegamento con il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell’Aria delle stazioni hanno avuto inizio nell’Ottobre 2006; in questa sede verranno analizzati e commentati i dati relativi all’intero anno 2007.



#### 4.3.1 Concentrazione degli Ossidi di Azoto

Il D.M. 60/2002 indica tre tipologie di valori limite relativi alla concentrazione degli Ossidi di Azoto:

- *valore limite orario del Biossido di Azoto NO<sub>2</sub> per la protezione della salute umana*, da raggiungere entro il 1 Gennaio 2010, pari a 200 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 18 volte per anno civile; nel 2007 né nella stazione di Gabiano né in quella di Trino sono stati registrati superamenti ed i valori massimi misurati sono stati rispettivamente pari a 99,3 µg/m<sup>3</sup> e 97,0 µg/m<sup>3</sup>, ben al di sotto del limite prescritto;
- *valore limite annuale del Biossido di Azoto NO<sub>2</sub> per la protezione della salute umana*, da raggiungere entro il 1 Gennaio 2010, pari a 40 µg/m<sup>3</sup>; nel 2007 nella stazione di Gabiano è stato registrato un valore medio di 17,5 µg/m<sup>3</sup>, mentre in quella di Trino un valore medio di 24,5 µg/m<sup>3</sup>, entrambi ben al di sotto del limite prescritto.

#### 4.3.2 Concentrazione di Polveri sottili (PM<sub>10</sub>)

Il D.M. 60/2002 indica due tipologie di valori limite relativi alla concentrazione del materiale particolato PM<sub>10</sub>:

- *valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana*, da raggiungere entro il 1 Gennaio 2010, pari a 50 µg/m<sup>3</sup> e da non superare più di 7 volte per anno civile.  
Nel 2007 nella stazione di Gabiano sono stati registrati 51 superamenti del valore di 50 µg/m<sup>3</sup>, misurando un valore medio pari a 29,4 µg/m<sup>3</sup> e massimo pari a 119,0 µg/m<sup>3</sup>; nella stazione di Trino si sono verificati 75 superamenti del valore limite, registrando un valore medio pari a 32,6 µg/m<sup>3</sup> e massimo pari a 112,1 µg/m<sup>3</sup>;
- *valore limite annuale per la protezione della salute umana*, da raggiungere entro il 1 Gennaio 2010, pari a 20 µg/m<sup>3</sup>.  
Nel 2007 nella stazione di Gabiano è stato registrato un valore medio di 29,4 µg/m<sup>3</sup>, mentre in quella di Trino il valore medio è stato 32,6 µg/m<sup>3</sup>.

#### 4.3.3 Concentrazione di Monossido di Carbonio

Il D.M. 60/2002 indica per il Monossido di Carbonio CO il *valore limite per la protezione della salute umana* pari a 10 mg/m<sup>3</sup>; tale valore deve essere calcolato come media massima giornaliera su 8 ore. Nel caso in esame, nel 2007 nella stazione di Gabiano è stato registrato un valore massimo orario pari a 1,4 mg/m<sup>3</sup>, ed in quella di Trino pari a 2,00 mg/m<sup>3</sup>, pertanto, il limite riferito alla media su 8 ore è stato certamente ed ampiamente rispettato.

#### 4.3.4 Concentrazione di Ozono

Il D.Lgs. 184/2004 fissa il valore soglia di informazione a 180 µg/m<sup>3</sup>, calcolato come concentrazione media oraria di Ozono.

Nel 2007 nella stazione di Gabiano si evidenzia un unico superamento (pari a 304,7 µg/m<sup>3</sup>), che, essendosi verificato in un periodo invernale (27 Gennaio 2007 alle ore 12), preceduto e seguito da concentrazioni basse (rispettivamente 87,7 e 43,6 µg/m<sup>3</sup>), si presume sia un dato spurio probabilmente connesso ad un errore strumentale o ad attività temporalesche in atto.

Nella stazione di Trino non si sono verificati superamenti del valore soglia (valore massimo misurato pari a 167,0 µg/m<sup>3</sup>).



#### 4.3.5 Concentrazione di Biossido di Zolfo

Il D.M. 60/2002 indica tre tipologie di valori limite relativi alla concentrazione del Biossido di Zolfo SO<sub>2</sub>:

- *valore limite orario per la protezione della salute umana* pari a 350 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 24 volte per anno civile; nel 2007, il valore massimo di concentrazione oraria misurato nella stazione di Trino è stato pari a 32,2 µg/m<sup>3</sup>, quindi ampiamente inferiore al limite prescritto;
- *valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana* pari a 125 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile; il valore medio giornaliero misurato nel 2007 nella stazione di Trino è pari a 3,0 µg/m<sup>3</sup>, ampiamente inferiore al valore limite;

#### 4.3.6 Conclusioni

Secondo quanto appena esposto, nel territorio in esame non si manifestano particolari criticità, se non per quanto riguarda la concentrazione di polveri sottili PM<sub>10</sub>, che presentano consistenti superamenti in entrambe le centraline, sia per quanto riguarda il limite giornaliero che per quello annuale.

## 5 IDENTIFICAZIONE DEGLI IMPATTI POTENZIALI

Il “Piano di monitoraggio della qualità dell’aria” predisposto da E.ON ha previsto anche l’elaborazione di simulazioni modellistiche di approfondimento dei fenomeni dispersivi degli inquinanti in atmosfera. Lo studio è stato realizzato al fine di fornire una modellazione delle ricadute al suolo delle emissioni della centrale ed è stato di supporto alla localizzazione delle stazioni fisse di monitoraggio per il controllo della qualità dell’aria.

Per una maggiore valutazione dei fenomeni dispersivi si è ritenuto di condurre le simulazioni secondo due diverse tipologie di applicazioni modellistiche:

- con modelli gaussiani climatologici di tipo short term ISCST3 – Industrial Source Complex Short Term, sviluppato dall’Environmental Protection Agency (EPA) e Dimula 2.0, sviluppato dall’ENEA;
- con il sistema di modelli RAMS-MIRS-SPRAY, basato sulla combinazione di un modello meteorologico RAMS Regional Atmospheric Modeling System (o di altro modello meteorologico equivalente), di un codice di interfaccia MIRS e del modello lagrangiano stocastico a particelle SPRAY.

Nei modelli gaussiani si assume che la sostanza inquinante venga trasportata dal vento nel verso in cui esso spira, e che la distribuzione della concentrazione media dell’inquinante nel piano verticale perpendicolare alla direzione del vento possa essere espressa da una legge di tipo gaussiano. Sono modelli stazionari analitici, di semplice applicazione, nei quali l’approssimazione di un processo evolutivo nel tempo può essere fatta solo tramite una successione di stati stazionari.

I modelli gaussiani sono meglio utilizzati solo per valutazioni su grande scala e non in prossimità della sorgente; sono adatti a siti pianeggianti, tuttavia possono essere adattati, con opportune modifiche, ad orografie complesse, tenendo conto che l’approssimazione determina



un minore grado di accuratezza. L'allargamento del pennacchio è funzione della stabilità atmosferica e della distanza sottovento.

I modelli lagrangiani sono modelli tridimensionali non stazionari che richiedono elevate risorse di calcolo e un preprocessore meteorologico che calcoli il campo di moto tridimensionale (e tutte le altre grandezze necessarie). La diffusione di inquinanti viene simulata tramite l'integrazione della traiettoria di un gran numero di *pseudoparticelle*, mentre la concentrazione viene calcolata statisticamente attraverso il computo del numero di particelle presenti all'interno di celle in cui il dominio di studio viene suddiviso.

I fenomeni di assorbimento o riflessione vengono simulati rispettivamente tramite l'arresto o la riflessione "geometrica" delle particelle in corrispondenza del suolo e dello strato di mescolamento.

I modelli lagrangiani permettono il trattamento di siti pianeggianti o complessi.

## 5.1 SIMULAZIONI CON I MODELLI GAUSSIANI

La stima delle concentrazioni di inquinanti presenti in atmosfera a seguito delle emissioni della centrale è stata condotta per l'inquinante di preminente interesse ai fini della salute umana: gli ossidi di azoto. Le elaborazioni sono state effettuate relativamente alla fase di esercizio sia con i dati meteorologici forniti dalla Provincia di Torino (relativi ad un punto collocato a circa 1 km ad ovest della Centrale), sia con i dati meteorologici forniti dall'ARPA per la stazione di Vercelli, al fine di confrontare gli effetti prodotti sull'atmosfera nei due casi. Entrambi gli scenari sono stati realizzati con i due codici di calcolo, al fine di confrontare e verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti.

Tutte le simulazioni hanno evidenziato l'influenza significativa dell'orografia nel determinare massimi di concentrazione degli inquinanti in località, seppur alquanto distanti dai camini di emissione, caratterizzate da un innalzamento della quota orografica rispetto alla pianura dominante nell'area di studio. Le zone in cui sono concentrati i livelli massimi di concentrazione sono infatti localizzate tutte sulle colline a sud dell'alveo del fiume Po, ad una distanza dai camini di emissione compresa tra 8 e 12 km circa, in direzione sud.

Nel caso delle concentrazioni medie annuali le simulazioni hanno evidenziato livelli di concentrazione massima inferiori a  $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La localizzazione dei valori massimi presenta alcune differenze tra i due modelli: ISC ha individuato con entrambe le fonti di parametri meteo il valore massimo in località Cantavenna, pur rimanendo entro differenze del 10% da esso anche in località Monti, Brusasca e Cò della Fine, ed entro differenze del 30% in un'area più ampia in direzione di Montebello Monferrato, in località Grisoli – Monti, e, con i dati meteorologici di Vercelli, anche a Gabiano, in prossimità di Villamiroglio ed in un'area priva di centri abitati a sud-ovest di Borgatello. Il modello Dimula ha evidenziato aree nelle quali i valori di concentrazione differiscono dal 10 al 30% dei valori massimi, analoghi a quelle del modello ISC, mentre varia l'ubicazione dei punti caratterizzati dai valori più elevati: località Colli, nel caso dei dati elaborati dalla Provincia di Torino, e a Villamiroglio, nel caso dei dati rilevati a Vercelli.

Nelle vicinanze dei camini di emissione si evidenziano livelli di concentrazione sensibilmente inferiori ai valori massimi ottenuti in zona collinare: il modello Dimula ha fornito valori inferiori a  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (nel caso dei dati meteo della Provincia di Torino) ed a  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (nel caso



dei dati meteo rilevati a Vercelli) nella maggior parte del territorio pianeggiante a nord del fiume Po, in cui sono collocati i principali centri abitati dell'area in esame. In tale territorio il modello ISC ha stimato concentrazioni ulteriormente inferiori: meno di  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Con entrambi i modelli, nell'area pianeggiante sono stati forniti valori di concentrazione lievemente superiori a quelli citati a seconda della prevalente direzione di provenienza dei venti: verso ovest-sudovest nel caso dei dati meteo riferiti ad 1 km ad ovest dei camini, e verso sud nel caso dei dati meteo rilevati a Vercelli.

Confrontando questi valori con le medie annuali misurate nelle centraline di monitoraggio atmosferico gestite da E.ON, si evidenzia che:

- secondo i risultati forniti dal modello ISC, nella stazione di Trino non dovrebbero essere apprezzabili incrementi della concentrazione media annuale degli ossidi di azoto dovuti al funzionamento della Centrale, mentre in prossimità della stazione di Gabiano si può ritenere che l'incremento sia approssimativamente pari a circa il 10% del dato di qualità dell'aria registrato nella centralina stessa nell'anno 2007 (valore di "fondo");
- secondo i risultati forniti dal modello DIMULA, nella stazione di Trino l'incremento di concentrazione media annuale degli ossidi di azoto causato dal funzionamento della Centrale è inferiore di 1 o 2 ordini di grandezza del valore di "fondo" misurato dalle centraline di monitoraggio atmosferico (compreso tra  $0,1$  e  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in base alla fonte meteo considerata, contro un valore rilevato in prossimità della centralina pari a  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Nel caso delle concentrazioni medie di un'ora superate non più di 18 volte in un anno, le simulazioni hanno evidenziato livelli di concentrazione massimi alquanto differenti con i due modelli di calcolo, ma comunque ampiamente inferiori ai limiti di norma. I valori più alti sono stati ottenuti anche in questo caso con il modello di calcolo ISC, intorno a  $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; il modello Dimula ha invece fornito valori intorno a  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con il set meteorologico della Provincia di Torino e ai  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con i dati meteorologici rilevati a Vercelli. La localizzazione dei massimi è in questo caso più omogenea: ISC ha individuato i valori più elevati in località Brusasca, mentre Dimula in località Colli a circa 1 km di distanza. Le aree che includono valori inferiori del 10 – 30% rispetto al valore massimo sono analoghe a quelle individuate per le concentrazioni medie annuali, escludendo Gabiano: esse includono infatti il territorio che, seguendo le curve isoipse delle colline, procede da Cantavenna a Brusasca verso sud-est in direzione Montebello Monferrato, e verso nord-est fino alle località Monti e Grisoli, nonché il territorio più a sud-ovest di Borgatello.

Nell'area pianeggiante a nord del fiume Po, più prossima alla centrale e comprendente i principali centri abitati dell'area di studio, sono stati stimati livelli di concentrazioni orarie superati non più di 18 volte/anno sensibilmente inferiori ai livelli massimi stimati per le zone collinari. Il modello ISC ha infatti fornito valori per la maggior parte di quest'area inferiori a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ed in diverse zone inferiori a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il modello Dimula ha invece fornito valori compresi tra 5 e  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  su quasi tutta l'area pianeggiante nel caso dei dati meteo riferiti ad 1 km ad ovest dei camini, e valori tra 10 e  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , in un raggio compreso tra 1 e 8 km dalla centrale, nel caso dei dati meteo rilevati a Vercelli.

A differenza di quanto esposto relativamente alle concentrazioni medie annuali, nel caso delle concentrazioni massime orarie non è possibile sommare ai valori misurati dalle centraline con quelli ottenuti con la simulazione in quanto il massimo dovuto al funzionamento della Centrale non è certamente simultaneo al massimo dovuto alle sorgenti diffuse presenti sul territorio.



Per quanto attiene le aree di maggiore sensibilità, nel dominio di calcolo si evidenziano aree di pregio naturalistico, quale la Palude di San Genuario, ed aree insediate.

## 5.2 SIMULAZIONI CON IL MODELLO LAGRANGIANO

L'uso di questa tipologia di modelli è reso necessario dalla conformazione dell'area indagata che comprende sia una parte pianeggiante sia, a sud, una parte caratterizzata dalla presenza di rilievi orografici (collina del Monferrato). Pertanto è probabile che nella zona si presentino situazioni meteorologiche complesse e non stazionarie (brezze locali, calme di vento, inversione termica, ecc.). In questo contesto l'uso di modelli semplificati richiede una verifica mediante l'utilizzo di modelli più complessi.

Il calcolo delle concentrazioni è stato fatto con una risoluzione orizzontale (250 x 250 m<sup>2</sup>) coerente con gli obiettivi di localizzazione delle stazioni di monitoraggio.

CNR, d'accordo con E.ON e su suggerimento di ARPA Piemonte, ha stabilito di simulare due periodi della durata di cinque giorni, uno invernale ed uno estivo, caratterizzati dalle condizioni anemologiche e termodinamiche maggiormente critiche dal punto di vista della dispersione, che storicamente hanno causato valori elevati della concentrazione al suolo determinati dalle altre sorgenti preesistenti alla Centrale. Va ricordato che l'esame di questi due periodi non fornisce ovviamente informazioni sulle ricadute medie (mensili, semestrali o annuali) ma bensì sulle ricadute nelle situazioni più critiche e, quindi, di maggior interesse.

Il criterio di selezione degli episodi da simulare è stato basato sull'analisi dei livelli di concentrazione degli inquinanti registrati presso le stazioni per la misura della qualità dell'aria già in funzione. Il criterio discende dal considerare che se più stazioni di misura della qualità dell'aria evidenziano contemporaneamente livelli di concentrazione elevati (relativamente ai valori registrati presso ciascuna stazione), e questi livelli si presentano non come valore occasionale ma mantenuti elevati su un periodo di tempo significativo, può ritenersi che tale situazione non sia da attribuire a condizioni emissive particolari a cui è risultata soggetta la singola stazione, quanto piuttosto ad una generale condizione meteorologica sfavorevole alla dispersione degli inquinanti.

L'attenzione è stata posta all'individuazione di due periodi di particolare criticità, uno appartenente alla stagione invernale ed uno a quella estiva. Per il periodo invernale è stato selezionato un periodo corrispondente primi giorni del mese di febbraio 2004. Si osserva che episodi critici si presentano con una certa frequenza nella stagione invernale: circa 6-7 episodi critici per stagione, nei dati analizzati.

I periodi estivi, a differenza di quelli invernali, presentano un andamento delle variazioni di concentrazione più contenuto. In questo senso gli episodi critici risultano meno nettamente individuabili. Pur in questo contesto generale si è giunti a scegliere quale periodo di simulazione i giorni compresi fra il 26 ed il 30 luglio 2005.

Sono stati effettuati due tipi di elaborazione sui dati di concentrazione al suolo simulati col sistema di modelli RMS: la prima riguarda l'andamento temporale delle ricadute previste in punti "sensibili" del dominio di calcolo e la seconda le ricadute medie sui due periodi in tutte le celle del dominio di calcolo. Nel corso della prima elaborazione i punti "sensibili" sono stati definiti a priori tra i centri abitati potenzialmente più impattati. Scopo della simulazione è verificare gli impatti effettivi in tali punti e valutare l'opportunità di collocare una stazione di



monitoraggio nei pressi di uno o più di essi. La **Tabella 2** elenca tali località (sette centri abitati e il Biotopo di San Genuario).

*Tabella 2: Elenco dei punti "sensibili", con evidenziata la distanza dalla Centrale*

NOME	lat	lon	Distanza (km)
Bianzè	45.304	8.112	9.4
Crescentino	45.188	8.102	9.2
Fontanetto Po	45.189	8.189	5.5
Livorno Ferraris	45.276	8.073	10.4
Palazzo Vc.	45.184	6.226	6.6
Ronsecco	45.252	8.274	6.4
Trino Vc.	45.190	8.291	9.3
San Genuario	45.218	8.173	2.9

La seconda tra le elaborazioni condotte ha avuto l'obiettivo evidenziare le zone in cui sono prevedibili le massime ricadute medie nel periodo di simulazione.

Dall'esame dettagliato dei due episodi studiati si ricavano le seguenti informazioni:

- la circolazione anemologica media nei due periodi è stata differente anche se, in entrambi i casi, orientata lungo la direzione NO – SE: mentre nel periodo invernale il vento spirava prevalentemente da NO verso SE, nel periodo estivo il vento era prevalentemente in direzione opposta (e cioè da SE verso NO);
- l'analisi dell'andamento temporale delle concentrazioni al suolo di NO<sub>x</sub> previste in punti "sensibili" del dominio di calcolo ha mostrato che, nei periodi simulati, non si presentano condizioni di ricadute significative. L'installazione di una stazione di misura in queste località non permetterebbe di discriminare il contributo delle emissioni della Centrale da quelle di altre sorgenti;
- analizzando la distribuzione della concentrazione al suolo di NO<sub>x</sub> in tutte le celle del dominio di calcolo, si è riscontrato che le aree di maggior impatto medio si collocano in pianura a distanze comprese fra 1 e 3 chilometri dall'impianto progettato in direzione SE (episodio invernale) e NO (episodio estivo);
- nell'episodio invernale si sono riscontrate nella zona collinare aree di minor impatto, ma ancora di un certo interesse, che, invece, sono marginalmente presenti nel periodo estivo studiato.

Le conclusioni dello studio hanno portato a consigliare, quali zone di possibile installazione di centraline di controllo della qualità dell'aria, per quanto concerne la pianura due aree distinte: la prima, in direzione NO rispetto all'impianto entro 1-2 chilometri e la seconda in direzione SE entro i 4 chilometri. Anche per la stazione di collina si è ritenuto che la collocazione ottimale fosse in direzione SE. All'interno di queste aree sono state collocate le due centraline di monitoraggio E.ON: la prima in località Grange di Montarolo, a 4 km in direzione SE dalla Centrale, e la seconda in località Cantavenna, a 9 km in direzione S-SE dalla Centrale.

Nella seguenti **Figure 3 e 4** è riportato l'andamento delle concentrazioni medie dei 5 valori orari più elevati (TOP 5)rispettivamente negli episodi critici invernale ed estivo.



Figura 3: Concentrazioni medie dei 5 valori orari più elevati (TOP 5) nell'episodio critico invernale analizzato

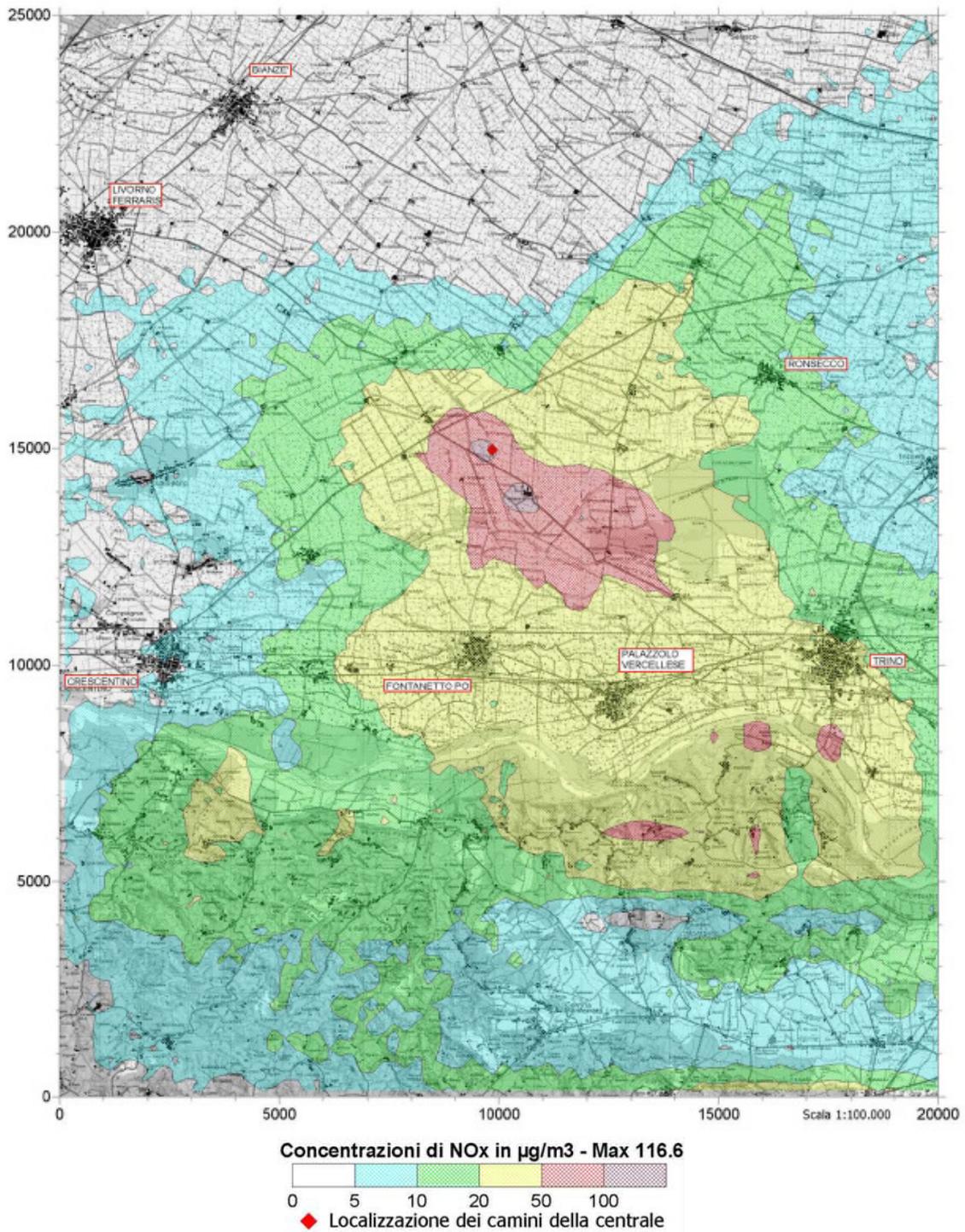
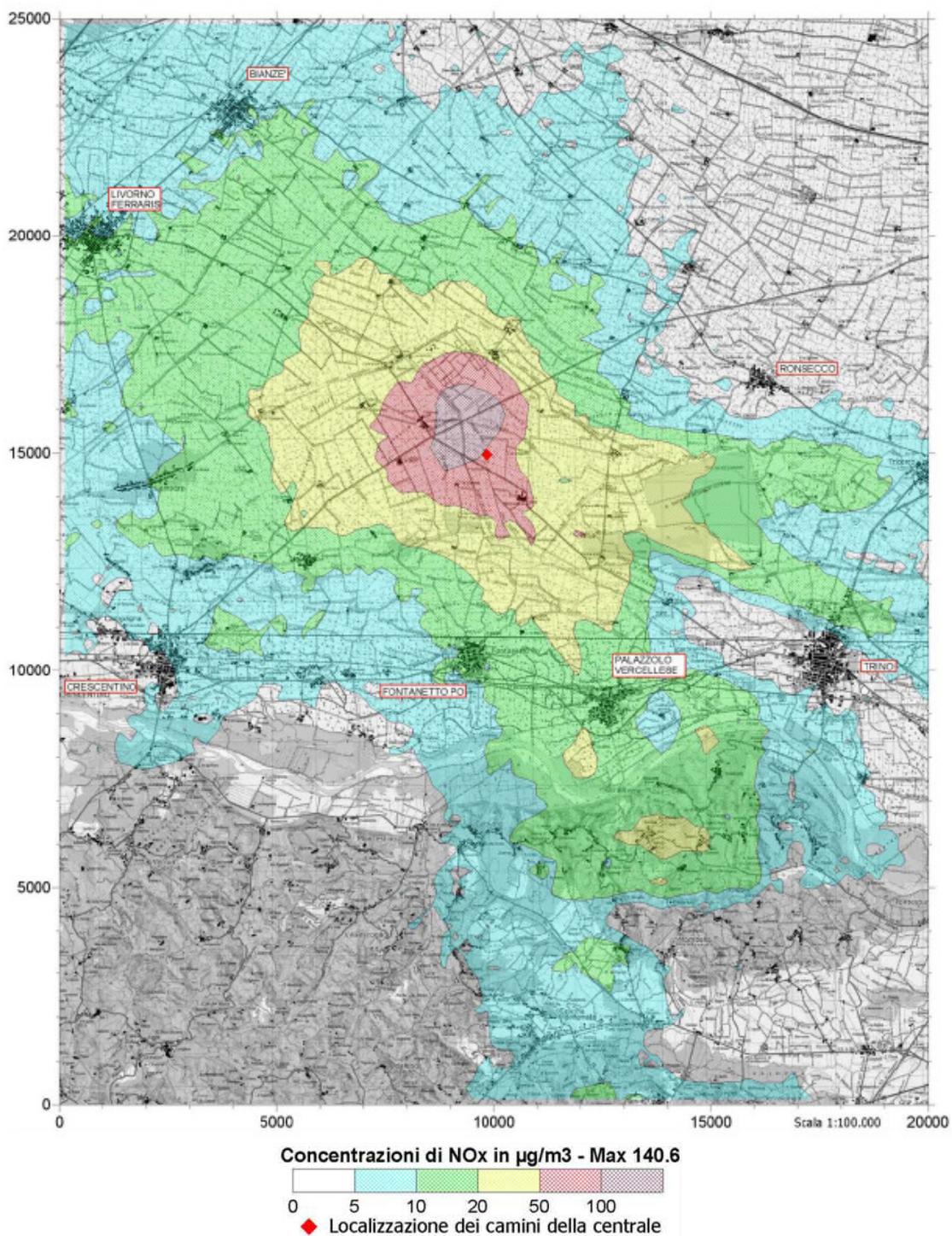


Figura 4: Concentrazioni medie dei 5 valori orari più elevati (TOP 5) nell'episodio critico estivo analizzato



## 6 STIMA DEI POTENZIALI IMPATTI SULLE GRANDEZZE TERMOIGROMETRICHE INDOTTI DAL FUNZIONAMENTO DELL'AEROCONDENSATORE E DEI CAMINI

E.ON ha provveduto ad effettuare una campagna di simulazioni numeriche finalizzata all'analisi dell'impatto termico dovuto al calore rilasciato in ambiente dagli aerocondensatori e dai camini presso la centrale di Livorno Ferraris.

L'analisi condotta consiste in uno studio teorico-numerico per la previsione dei livelli di temperatura e umidità (assoluta e relativa) nell'area circostante la centrale in esame.

Il modello impiegato per le simulazioni è un modello misto che utilizza prima un modello gaussiano per la previsione di come l'aria calda rilasciata dagli apparecchi si distribuisce in ambiente a cui segue la risoluzione del bilancio energetico e di massa tra l'aria calda e quella ambiente.

Attraverso le simulazioni numeriche si sono analizzate differenti situazioni caratterizzate da diverse condizioni al contorno (differenti condizioni di stabilità/instabilità atmosferica), al fine di valutare i livelli di temperatura e umidità sia nelle condizioni più critiche sia in quelle che più frequentemente si possono presentare durante il funzionamento dell'impianto.

Dall'analisi così effettuata è possibile dedurre significative informazioni per la quantificazione dell'impatto termico legato alla centrale elettrica.

La centrale elettrica di Livorno Ferraris è una centrale a ciclo combinato (2 unità turbogas accoppiate a 1 unità turbo vapore) da 800 MWe. Nell'**Allegato B18** viene fornita una descrizione dettagliata della centrale, mentre nel presente documento l'attenzione si focalizza sullo studio dei due componenti impiantistici oggetto dell'analisi affrontata: i *camini* e il gruppo *aerocondensatori*.

I camini svolgono la funzione di scarico dei gas combusti che, ormai esausti dopo aver "alimentato" il ciclo turbo vapore, sono scaricati in ambiente esterno alla temperatura di circa 130°C.

Gli aerocondensatori, costituiti da ventilatori che forzano l'aria ambiente a venire in contatto con batterie alettate all'interno delle quali circola il fluido di lavoro del ciclo turbo vapore, svolgono la funzione di prelevare il calore dal vapore/acqua del ciclo turbo vapore e cederla all'aria movimentata dagli aerocondensatori stessi, aria che viene reimpressa in atmosfera con un incremento di temperatura di circa 16,5°C.

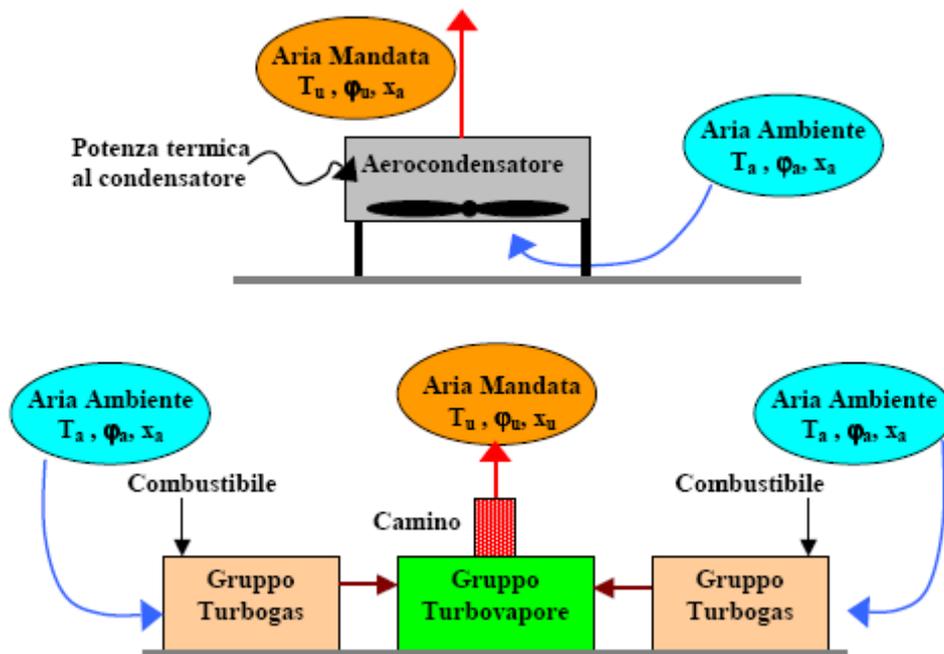
In uscita da entrambi i componenti si presenta un pennacchio termico, cioè un flusso convettivo ascensionale veicolato verso l'alto dalla componente di galleggiamento (differenza di densità tra l'aria calda del pennacchio e l'aria fresca circostante) e dalla componente inerziale (legato alla velocità di uscita dai componenti da parte dei pennacchi).

La finalità dell'analisi condotta è proprio la valutazione, su base conservativa, dell'effetto di questi pennacchi termici sulle condizioni termoigrometriche della zona circostante alla centrale.

Per la definizione delle caratteristiche del sito si è fatto riferimento ai dati disponibili per l'area di Vercelli: la caratterizzazione meteorologica del sito è stata effettuata esaminando le velocità e le direzioni prevalenti del vento (riferite a monitoraggi per l'anno 2000) e le classi di stabilità atmosferica (relative al periodo 1953-1965). La caratterizzazione della rosa dei venti, a partire dai dati disponibili, è stata distribuita su 8 settori, livello di dettaglio ampiamente sufficiente per gli scopi del presente studio.



Figura 5: schema dei flussi di aria nei camini e nell'aerocondensatore.



In base alle caratteristiche meteo-climatiche proprie della zona interessata dalla centrale, sono state prese in considerazione tre possibili situazioni oggetto di simulazione, da considerarsi come rappresentative di possibili scenari di impatto termico della centrale sul territorio circostante:

1. Categoria di stabilità neutra (D) e vento leggero (1 m/s) proveniente da direzione NE.  
Tale situazione, dal punto di vista della classe di stabilità, rappresenta quella a frequenza più elevata per il periodo estivo e a frequenza molto elevata su tutto l'arco dell'anno. Nonostante la media della velocità del vento per il sito in questione sia superiore a quella scelta per questa simulazione, questa combinazione è stata simulata al fine di dimostrare come l'impatto termico risulti decisamente trascurabile anche con situazione di vento leggero: l'aumento della velocità del vento ha infatti un'influenza altamente mitigativa sulla dispersione del flusso di aria calda emesso dalle sorgenti di centrale. La direzione NE di provenienza è stata infine considerata in quanto, pur non essendo la direzione prevalente, risulta essere quella con effetti eventualmente più gravosi, spingendo l'aria calda emessa dalla centrale (aerocondensatori + camini) verso l'area circostante alla centrale stessa a distanza minima dai punti di emissione.
2. Categoria di stabilità moderatamente instabile (B) e vento moderato (2 m/sec) proveniente da direzione NE.  
Tale situazione, che rappresenta condizioni a frequenza non trascurabile secondo la tabella delle condizioni meteo-climatiche, unitamente alla precedente vuole porre in evidenza l'eventuale impatto termico in condizioni di moderata instabilità e caratteristiche di vento moderato.
3. Categoria di elevata stabilità (F+G) e calma di vento (0 m/sec).  
La situazione descritta da tale simulazione rappresenta la più gravosa dal punto di vista delle condizioni meteo-climatiche, in quanto caratterizzata da completa stabilità, totale assenza di vento e conseguente assenza di fenomeni promotori di rimescolamento ed



abbattimento delle concentrazioni termiche responsabili dell'eventuale impatto termico. Nonostante la classe di stabilità (F+G) non risulti essere la più frequente durante il periodo estivo (la sua frequenza è comunque la più alta durante i mesi invernali e molto elevata nell'arco dell'anno) e la calma di vento risulti essere una frazione piccola (comunque non trascurabile) della distribuzione complessiva dei venti per il sito considerato, tale situazione è stata analizzata in quanto indicativa del caso di maggior impatto termico prevedibile causato dalle sorgenti emissive di tipo termico della centrale (aerocondensatori + camini).

Tutte le simulazioni sono state effettuate considerando le condizioni medie della stagione calda (emissione da aerocondensatori a 45,4 °C, emissione dai camini 116°C e temperatura esterna a 29°C).

Un'ulteriore simulazione è stata effettuata in condizioni di completa stabilità (F+G) e calma di vento relativamente alle temperature medie della stagione fredda (emissione da aerocondensatori a 19,9°C e emissione dai camini 102,3°C e temperatura esterna a 3°C): tale simulazione ha tuttavia fornito risultati con differenze non apprezzabili rispetto a quelle analoghe per la stagione calda, che possono pertanto essere considerate come il riferimento in termini di criticità e conservatività.

E' opportuno, prima di analizzare i risultati, stabilire dei valori di riferimento sopra o sotto i quali gli incrementi di temperatura possano essere considerati accettabili. Si è reputato ragionevole considerare come termine di riferimento l'incertezza di misura che presentano i comuni strumenti utilizzati nel monitoraggio delle grandezze termoigrometriche:

- temperatura dell'aria:  $\pm 0,2$  °C
- umidità relativa:  $\pm 2$  %

Quindi incrementi delle grandezze termoigrometriche al di sotto di 0,2°C per la temperatura dell'aria e del 2% per l'umidità relativa risultano essere non apprezzabili.

Ciò premesso, si riassumono di seguito le indicazioni ottenute dai risultati delle simulazioni teorico-numerico condotte.

Relativamente all'impatto termico degli aerocondensatori:

- nella situazione a frequenza più elevata caratterizzata da classe di stabilità neutra (D) con vento 1 m/s e nel caso di instabilità sensibile (B) con vento 2 m/s gli incrementi di temperatura calcolati sono del tutto inapprezzabili, con valori massimi rispettivamente pari a  $4,6 \cdot 10^{-3}$  °C e  $5,8 \cdot 10^{-4}$  °C (a circa 500 m sottovento) e conseguentemente il 100% dei valori della griglia calcolati compresi nell'intervallo [0; 0,1]°C. Del tutto inapprezzabili risultano allo stesso modo le variazioni di umidità relativa. Tali simulazioni fanno pertanto escludere impatti termoigrometrici sensibili per qualsiasi condizione con presenza di vento anche molto moderato;
- nel caso non frequente ma maggiormente gravoso di stabilità atmosferica (F+G) e calma di vento gli incrementi di temperatura si mantengono prevalentemente compresi nel campo di non apprezzabilità della variazione di temperatura compreso tra [0;0,2]°C:



infatti il 75% dei punti sulla griglia di calcolo presenta valori appartenenti a questo range. Inoltre, nel 98,5% dei punti l'incremento di temperatura è compreso tra  $[0; 0,5]^{\circ}\text{C}$ . Il valor medio dell'incremento di temperatura è pari a  $0,178^{\circ}\text{C}$  (quindi al di sotto del limite di apprezzabilità), mentre i valori minimo e massimo calcolati valgono rispettivamente  $0,079^{\circ}\text{C}$  e  $0,873^{\circ}\text{C}$ , quest'ultimo (previsto in prossimità della sorgente) dovuto alla forte stabilità imposta dalle condizioni al contorno fissate. I valori compresi tra  $[0,6; 0,873]^{\circ}\text{C}$  sono comunque limitati al 2,5% di quelli calcolati. Le variazioni di umidità relativa risultano conseguentemente ampiamente contenute (mediamente al di sotto dell'1%).

Relativamente all'impatto termico dei camini:

- in tutte le condizioni di classe di stabilità atmosferica e vento considerate gli incrementi di temperatura calcolati sono del tutto inapprezzabili. Anche nel caso più critico con stabilità atmosferica (F+G) e calma di vento il valore massimo registrato risulta pari a  $0,10^{\circ}\text{C}$  in condizioni estive ( $0,12^{\circ}\text{C}$  in condizioni invernali), con un valor medio valutato sulla griglia computazionale di  $0,021^{\circ}\text{C}$  in condizioni estive ( $0,024^{\circ}\text{C}$  in condizioni invernali). Il 100% dei valori valutati in condizioni estive sono contenuti quindi nell'intervallo  $[0; 0,1]^{\circ}\text{C}$  (il 99% in condizioni invernali). Conseguentemente risultano del tutto inapprezzabili anche le variazioni di umidità relativa.

Relativamente all'impatto termico combinato di aerocondensatori/camini:

- valgono le considerazioni formulate nell'analisi dei risultati relativi agli aerocondensatori, sottolineando che l'effetto combinato qui esaminato produce un lieve incremento di temperatura (pari a  $0,017^{\circ}\text{C}$  rispetto al valore medio nel caso più gravoso) rispetto al solo caso con aerocondensatori;
- escludendo, come verificato, la presenza di impatti termoigrometrici sensibili per qualsiasi condizione con presenza di vento, anche l'analisi del caso non frequente ma più critico di stabilità atmosferica (F+G) e calma di vento evidenzia come gli incrementi di temperatura si mantengono prevalentemente compresi nel campo di non apprezzabilità della variazione di temperatura compreso tra  $[0; 0,2]^{\circ}\text{C}$ : infatti il 66% dei punti sulla griglia di calcolo presenta valori appartenenti a questo range. Inoltre, nel 97,5% dei punti l'incremento di temperatura è compreso tra  $[0; 0,5]^{\circ}\text{C}$ . Il valor medio dell'incremento di temperatura è pari a  $0,195^{\circ}\text{C}$  (quindi al di sotto del limite di apprezzabilità), mentre i valori minimo e massimo calcolati valgono rispettivamente  $0,089^{\circ}\text{C}$  e  $0,936^{\circ}\text{C}$ , quest'ultimo dovuto alla forte stabilità imposta dalle condizioni al contorno fissate. I valori compresi tra  $[0,6; 0,936]^{\circ}\text{C}$  sono comunque limitati al 3,5% di quelli calcolati. Le variazioni di umidità relativa risultano conseguentemente ampiamente contenute (mediamente al di sotto dell'1%);
- il caso non frequente ma più critico di stabilità atmosferica (F+G) e calma di vento esaminato con l'ipotesi meno restrittiva di "miscelamento" mostra incrementi di temperatura tutti compresi nell'intervallo  $[0; 0,5]^{\circ}\text{C}$ , con il 94% dei valori inferiori a  $0,2^{\circ}\text{C}$ , quindi al di sotto del limite di apprezzabilità. Il valor medio dell'incremento di temperatura è pari a  $0,097^{\circ}\text{C}$  (quindi inferiore al limite di apprezzabilità), mentre i valori minimo e massimo calcolati valgono rispettivamente  $0,044^{\circ}\text{C}$  e  $0,468^{\circ}\text{C}$ . Le variazioni di umidità relativa risultano conseguentemente ampiamente contenute (mediamente al di sotto dell'1%).



Alla luce dei risultati ottenuti che evidenziano come la variazione delle temperature ambientali e dell'umidità relativa dell'aria siano agli effetti pratici trascurabili, si ritiene altresì trascurabile l'impatto dell'impianto sulla frequenza e natura delle precipitazioni atmosferiche.

Lo studio ha dimostrato, come ci si può attendere ragionevolmente dalla fisica del fenomeno, che l'impatto termico sull'area circostante l'impianto è trascurabile. Sui fenomeni di dispersione infatti prevalgono nettamente i moti ascensionali dovuti alla temperatura dell'aria calda rilasciata dagli aerocondensatori e dei gas rilasciati dal camino.

Pur essendo vero che il modello gaussiano utilizzato può essere utilizzato solo per una valutazione di prima approssimazione, si deve anche considerare che questa è largamente conservativa in quanto trascura il raffreddamento dei gas durante il fenomeno di dispersione e lo considera isoterma; i risultati ottenuti pertanto sovrastimano le variazioni termoigrometriche. Nonostante ciò i valori che si ottengono dimostrano che, anche nella condizione non frequente ma più critica di stabilità atmosferica (F+G) e calma di vento, nell'area circostante alla centrale non si registrano significativi effetti di variazione delle grandezze termoigrometriche e, inoltre, tali effetti sono del tutto inapprezzabili già a distanze inferiori a 1000 m dalla centrale. A fronte dei risultati ottenuti si ritiene l'impatto del tutto trascurabile e pertanto non si ritiene necessario procedere ad analisi più raffinate.

La trascurabilità degli impatti sulle grandezze termoigrometriche fa ritenere altresì trascurabile l'impatto del nuovo impianto sulla frequenza e natura delle precipitazioni atmosferiche.

