



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

Committente:



LUMINOSA ENERGIA SRL

Via Toledo n.156 - 80134 NAPOLI

P.IVA 0743283127

Progetto:

CENTRALE A CICLO COMBINATO DA 385 MW  
ZONA ASI "PONTE VALENTINO"  
COMUNE DI BENEVENTO

Oggetto:

**RIESAME CON VALENZA DI RINNOVO  
AI SENSI DELL'ART. 29 OCTIES COMMA 3  
DELL'AUTORIZZAZIONE INTEGRATA  
AMBIENTALE  
DVA\_DEC-2011-0000421 DEL 26.07.2011**

Tav. n.	Allegato D.5				Scala
/	Relazione tecnica sui dati meteo climatici				/
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
	18/02/2021				

## D.5 Relazione tecnica su dati e modelli meteoroclimatici

I dati meteorologici necessari a condurre le simulazioni matematiche del trasporto e diffusione degli inquinanti aerodispersi dal camino della centrale sono stati ottenuti a seguito di approfondita analisi dei dati raccolti dalle cabine di monitoraggio della qualità dell'aria ubicate nel comune di Benevento. Tali stazioni fanno parte della rete di Monitoraggio dell'Aria della Regione Campania gestita dal Centro Regionale Inquinamento Atmosferico (CRIA) dell'ARPAC. I dati fanno riferimento ad un periodo temporale compreso tra il 1994, anno in cui è stata realizzata la rete di monitoraggio, ed il 2003.

La disponibilità di serie storiche sufficientemente lunghe (1994 – 2001) ha permesso di ottenere una caratterizzazione meteoroclimatica sito specifica e statisticamente valida, tale da consentire una corretta valutazione dei processi di diffusione e trasporto atmosferico degli inquinanti rilasciati dall'impianto in oggetto nell'area di riferimento.

Il quadro conoscitivo è stato integrato e completato con una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria (29/01/03 - 7/02/03) condotta nei pressi del lotto della Centrale Luminosa in cui sono stati rilevati oltre ai principali inquinanti anche i principali parametri meteorologici.

I dati orari della serie storica sono stati opportunamente elaborati per ottenere i parametri meteorologici nel forma richiesta per le simulazioni "long term".

In particolare sono state calcolate:

- le frequenze medie di accadimento del vento per classi di velocità e per classi di direzione di provenienza (6 classi di velocità e 16 classi di direzione);
- la distribuzione stagionale delle classi di stabilità atmosferica (classi di Pasquill);
- le temperature medie stagionali associate alle classi di stabilità atmosferica;
- le frequenze congiunte di accadimento stabilità atmosferica - velocità vento - direzione vento;
- l'altezza dello strato di mescolamento in funzione della stabilità atmosferica e della velocità del vento.

Le classi di stabilità atmosferica sono state determinate col metodo SRDT (Solar radiation/delta-T)<sup>1</sup> a partire dalle misure di radiazione solare. Per la valutazione delle classi di stabilità nel periodo notturno è richiesta la conoscenza delle temperatura a due differenti quote. Non essendo disponibile tale informazione, ponendosi in condizioni conservative, è sempre stata assunta la presenza di un gradiente verticale positivo per la temperatura.

L'altezza dello strato di mescolamento in condizioni di instabilità atmosferica e di neutralità è stata calcolata con la metodica NSW-EPA<sup>2</sup> che basa la quantificazione su una valutazione dell'altezza dello strato di mescolamento meccanico a partire dalla lunghezza di Monin-Obukhov in funzione della velocità del vento e della stabilità atmosferica.

Per le condizioni di stabilità atmosferica, come usuale nelle simulazioni climatologiche<sup>3</sup>, si è imposto uno strato di mescolamento illimitato (5000 m).

---

<sup>1</sup> US-EPA - Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modelling Applications - EPA-454/R-99-005, 2000

<sup>2</sup> NSW-EPA - Approved Methods and Guidance for the Modelling and Assessment of Air Pollutants in New South Wales - EPA 2001/57, 2001

<sup>3</sup> US-EPA - User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models - EPA-454/B-95-003a/b, 1995

Le quantificazioni delle concentrazioni attese al suolo degli inquinanti rilasciati dal camino della Centrale sono state realizzate utilizzando diversi apparati simulativi a crescente grado di raffinatezza e complessità, in modo da approfondire, con simulazioni mirate, le eventuali situazioni di criticità evidenziate preliminarmente tramite l'utilizzo di modelli simulativi meno complessi e più conservativi.

In primo luogo e su scala generale le simulazioni sono state effettuate con l'utilizzo integrato del modello ISC3 e del modello CALPUFF (modulo per le calme di vento) in modo da ottenere corrette quantificazioni sia in situazioni meteorologiche caratterizzate da presenza di vento (modello gaussiano ISC3), sia in condizioni di assenza di vento (modello a "puff" non stazionario CALPUFF).

Rispetto alla formulazione standard del modello ISC3 le simulazioni sono state effettuate tenendo conto della penetrazione parziale degli inquinanti aerodispersi oltre lo strato di mescolamento

Le simulazioni sono state effettuate sia in modalità "long term" sia in modalità "short term" in modo da valutare gli impatti sia sul lungo periodo (anno), sia sul breve periodo (ora) prendendo in questo caso a riferimento condizioni meteorologiche critiche.

Nell'area vasta le simulazioni hanno tenuto conto dell'effettivo andamento topografico del terreno mentre per le simulazioni nell'ambito locale si sono tenuti in considerazione, mediante opportune opzioni presenti nel programma di calcolo, gli effetti sui processi di trasporto e diffusione determinati dagli edifici circostanti la fonte di emissione.

Un dominio di simulazione di 40 x 40 km centrato sull'area di insediamento della Centrale è stato utilizzato per documentare nell'area vasta possibili scadimenti nella qualità dell'aria correlati all'esercizio della Centrale. Entro tale area le concentrazioni attese al suolo (1,5 m dal piano di campagna) sono state valutate ai vertici di un reticolo a maglie quadrate di 250 m di lato, per un totale di 25'921 punti di calcolo.

Inoltre per avere una rappresentazione di maggior dettaglio della situazione attesa nell'immediato intorno della Centrale le simulazioni "long term" condotte sull'area vasta sono state ripetute anche su un dominio più ristretto di 2.000 x 2.000 m (area locale) con il calcolo delle concentrazioni al suolo ai vertici di un reticolo a maglie quadrate di 50 m di lato (1'681 punti di calcolo)

Le simulazioni sono state condotte per i due principali inquinanti rilasciati dal camino (NO<sub>x</sub> e CO) assumendo emissioni corrispondenti ai valori limite (valori garantiti dai costruttori delle turbine a gas), come riportato nella seguente tabella unitamente alla caratteristiche geometriche di progetto del camino utilizzate nelle simulazioni.

<b>Caratteristiche geometriche del Camino</b>	
Altezza dal piano di campagna	60 m
Diametro interno	6,6 m
<b>Emissioni inquinanti<sup>4</sup></b>	
NO <sub>x</sub>	40 mg/Nm <sup>3</sup>
CO	30 mg/Nm <sup>3</sup>

<sup>4</sup> Concentrazioni riferite ai fumi secchi e rapportate ad un contenuto di ossigeno pari al 15%.

Nelle simulazioni "long term" si è inoltre imposto un coefficiente di utilizzo di 8000 ore/anno

Sulla base dei bilanci termici eseguiti in sede di progettazione per condizioni operative nominali a diverse temperature ambiente e della conseguente composizione dei fumi, sono stati calcolati i parametri emissivi da utilizzare nei modelli per ogni condizione di stabilità atmosferica e, quindi per la temperatura ambiente associata a questa ultima. Tali dati sono esplicitati, suddivisi per stagione, nella seguente tabella

Stabilità atmosferica	Portata fumi (m³/s)	Velocità fumi (m/s)	Emissioni (g/s)	
			NO <sub>x</sub>	CO
INVERNO				
Instabilità	655,20	19,15	23,55	17,66
Neutralità	673,25	19,68	34,02	18,01
Stabilità	689,57	20,16	24,43	18,92
PRIMAVERA				
Instabilità	623,95	18,24	22,75	17,06
Neutralità	647,56	18,93	23,760	17,52
Stabilità	668,05	19,53	23,89	17,92
ESTATE				
Instabilità	587,84	17,18	21,83	16,37
Neutralità	617,35	18,05	22,58	16,94
Stabilità	644,09	18,83	23,27	17,45
AUTUNNO				
Instabilità	618,74	18,09	22,62	16,97
Neutralità	643,74	18,82	23,26	17,45
Stabilità	663,88	19,40	23,78	17,83

In sede di integrazione del SIA è stata effettuata una simulazione finalizzata alla valutazione degli incrementi che le concentrazioni orarie di NO<sub>x</sub> avrebbero subito nel corso del 2003 se fosse stata presente la centrale. Nella simulazione "short term" è stata utilizzata la sequenza di dati meteorologici orari per tutto il 2003 forniti da ARPAC/CRIA a fronte delle emissioni attese per la centrale come sopra riportate, le risultanze della simulazione sono state la sequenza oraria delle concentrazioni (incrementi) di NO<sub>x</sub> attesi a seguito dell'esercizio della centrale.

La completa sequenza di dati orari necessari al modello è stata ricostruita quantificando:

- le classi di stabilità col metodo SRDT (Solar radiation/delta-T);

- l'altezza dello strato di mescolamento in condizioni di instabilità e di neutralità con la metodica NSW-EPA, mentre per condizioni di stabilità è stato assunto uno strato di mescolamento illimitato (5000 m).

Inoltre essendo disponibili solo dati di temperatura giornaliera, alle varie classi di stabilità, come suggerito da US-EPA<sup>5</sup>, è stata associata una temperatura ambiente corrispondente:

- alla massima temperatura giornaliera per condizioni di instabilità atmosferica;
- alla temperatura giornaliera media per le condizioni di neutralità atmosferica;
- alla temperatura giornaliera minima per le condizioni di stabilità atmosferica.

Le simulazioni in questo caso sono state effettuate utilizzando l'algoritmo di modellazione del comportamento di in pennacchio in presenza di orografia complessa adottato dal modello AERMOD.

Ciò in considerazione:

- delle note problematiche legate all'utilizzo del modello simulativo ISC3 in situazioni caratterizzate da un andamento orografico complesso;
- del fatto che dal novembre 2005 US-EPA ha incluso il modello AERMOD tra quelli raccomandati in sostituzione di ISC3.

E' noto che il modello ISC3 applicato ad ambiti territoriali ad orografia complessa, quale quello circostante la Centrale Luminosa, può portare a sopravvalutazioni delle concentrazioni al suolo in corrispondenza di rilievi. Tali valutazioni possono sovente risultare eccessive e non realistiche<sup>6</sup>. Anche per ovviare a tale limitazione è stato sviluppato il modello AERMOD quale evoluzione migliorativa del modello ISC3, con un processo di implementazione modellistica, prove e confronti durato circa 10 anni.

Infine per le tre situazioni caratterizzate dalle più alte concentrazioni è stato applicato il sistema modellistico CALMET/CALPUFF. Una tale linea modellistica è infatti in grado di assicurare una affidabile valutazione delle concentrazioni attese, anche attraverso un'accurata quantificazione della distribuzione dei campi di vento, specialmente in un'area ad orografia complessa quale quella d'ubicazione della Centrale. Le simulazioni sono state condotte per tre casi critici, caratterizzati da alte concentrazioni in corrispondenza di un rilievo posto a circa 7 km dalla centrale in direzione NW e quindi in una direzione interessata da venti da non trascurabile frequenza. Scopo di tale attività è stato quello di verificare se l'utilizzo di un più raffinato sistema modellistico, nonché più appropriato alle caratteristiche orografiche dell'area, comporti significative variazioni nelle concentrazioni con particolare riferimento alle condizioni meteorologiche critiche verificatesi in tre giornate del 2003.

Di seguito si riportano l'elenco dei dati meteorologici da fornire ai modelli per le varie tipologie di simulazioni.

### **Simulazioni "long term"**

- frequenza delle classi di stabilità atmosferica (dati stagionali e annuali);

---

<sup>5</sup> US-EPA - User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models - EPA-454/b.88-003a/b, 1995.

<sup>6</sup> W.D. Peters, R.B. Wilson, A.J. Cimarelli, S.G. Perry, J.C. Weil, A. Venkatran - Comparison of regulatory Design Concentration, AERMOD versu ISC3 and CTDMPLUS - April 1999

UU-EPA - AERMOD: Latest features and Evaluation Results - EPA-434/R-03-003. June 2003.

- distribuzione delle frequenze del vento per classi di velocità e direzione per ciascuna classe di stabilità atmosferica (dati stagionali e mensili);
- altezza a cui è misurato il vento;
- temperatura aria per le classi di stabilità atmosferica (dati stagionali ed annuali);
- altezza dello strato di mescolamento per classe di stabilità atmosferica e velocità del vento (dati stagionali ed annuali);
- frequenze cumulate della persistenza delle calme di vento (dati stagionali ed annuali utilizzati dal modello CALPUFF - modulo per le calme di vento);

**Simulazioni "short term"**

Sequenza di dati orari relativi al periodo oggetto di simulazione relativi a:

- velocità del vento;
- direzione del vento;
- altezza a cui è misurato il vento;
- temperatura aria;
- classe di stabilità atmosferica;
- altezza dello strato di mescolamento.

Di seguito si riportano le modalità adottate per l'utilizzo integrato dei modelli ISC3 e CALPUFF (modulo per le calme di vento), nonché le modalità e gli algoritmi di calcolo utilizzati per rendere omogenee le simulazioni.

Il modello ISC3, come tutti i modelli gaussiani non è in grado di trattare situazioni di calma di vento. Per ovviare a questo inconveniente, seguendo le prescrizioni US-EPA<sup>7</sup>, le calme di vento sono assimilate a venti con la minima intensità trattata dal modello (1 m/s alla quota del rilascio).

Tuttavia condizioni di stagnazione protratte per lunghi periodi possono provocare elevate concentrazioni di cui le simulazioni con ISC3 non rendono conto.

Per ovviare a ciò è stato implementato l'utilizzo congiunto del modello ISC3 e del modulo per le calme di vento del modello CALPUFF.

Al fine di ottenere una migliore valutazione delle concentrazioni degli inquinanti aerodispersi in tutte le condizioni meteorologiche ed ovviare alla incapacità del modello ISC3 di trattare situazioni di calma di vento, tali situazioni vengono trattate dal modello CALPUFF (modello a "puff" non stazionario) realizzando un impiego integrato delle due risorse simulate.

I venti con velocità compresa tra 0.5 e 1.0 m/s, o il 50% dei venti registrati come "calme di vento" vengono assimilati a venti di 1.0 m/s (assegnando alla "calme di vento" la stessa distribuzione delle direzioni della classe di velocità in cui vanno in tal modo a ricadere) e vengono trattati dal modello ISC3.

I venti con velocità minore di 0.5 m/s o il 50% delle "calme di vento" vengono assimilati a vento con velocità nulla e vengono trattati con il modulo per le calme di vento del modello CALPUFF.

Combinando le risultanze dei due modelli si ottengono infine, per ogni ricettore, le concentrazioni attese (valori medi stagionali e annuali, sequenza delle concentrazioni orarie).

Per rendere omogenee le simulazioni il modello ISC3 utilizza i seguenti algoritmi di calcolo, utilizzati anche dal modello CALPUFF:

---

<sup>7</sup> US-EPA - Guideline on Air Quality Models - 40 CFR, Chapter I, part 51, Appendix W, 2001

- salita degli effluenti trattati utilizzando le equazioni di Briggs del 1975<sup>8</sup>;
- penetrazione parziale oltre lo strato di mescolamento secondo lo schema proposto da Manins<sup>9</sup>:

Il trattamento del terreno è effettuato nel modello ISC3 utilizzando l'algoritmo COMPLEX 1. Nel modello CALPUFF per il trattamento del terreno viene attivata l'opzione che, nelle situazioni di calma di vento, è comparabile all'algoritmo implementato in ISC3.

Di seguito si riporta una sintetica descrizione dell'algoritmo utilizzato da AERMOD per trattare i comportamenti di un pennacchio in presenza di orografia complessa. AERMOD modella il pennacchio di dispersione in atmosfera come una combinazione di due casi limite: un pennacchio orizzontale e un pennacchio che segue l'andamento del terreno. La concentrazione in corrispondenza dei ricettori è quindi calcolata come somma pesata delle concentrazioni associate con queste due tipologie di pennacchio:

$$C_T = f C_H + (1-f) C_F$$

dove  $C_T$  è la concentrazione totale,  $C_H$  è la concentrazione del pennacchio orizzontale,  $C_F$  è la concentrazione del pennacchio che segue l'andamento del terreno e  $f$  è il fattore di ripartizione.

Il fattore di ripartizione  $f$  è pari a:

$$f = 0.5 (1 + \Phi_p)$$

$$\Phi_p = M_b / (M_a + M_b)$$

dove  $M_b$  ed  $M_a$  sono rispettivamente la massa del pennacchio orizzontale sotto e sopra la quota  $H_c$  a sua volta funzione della velocità del vento, della frequenza di Brunt-Vaisala e della quota del terreno in corrispondenza del ricettore.

L'utilizzo di CALPUFF per la verifica di tre casi critici ha comportato il preventivo utilizzo del preprocessore meteorologico CALMET al fine di quantificare su una griglia tridimensionale estesa a tutto il dominio della simulazione la sequenza temporale dei parametri meteorologici di governo e controllo dei processi di trasporto e diffusione degli inquinanti aerodispersi.

CALMET è stato applicato sul dominio di 50x50 km con un reticolo di 500 m di lato. Tale risoluzione ha consentito la ricostruzione delle brezze monte-valle e degli incanalamenti dovuti alla strutture orografiche.

La struttura verticale dell'atmosfera è stata replicata mediante l'utilizzo di 10 livelli verticali, dal livello del suolo fino a raggiungere i 3500 m, consentendo così la simulazione delle condizioni sinottiche generali verificatesi nell'area nei periodi di tempo considerati.

La costruzione dei campi di vento tri- e bi-dimensionali ha richiesto l'integrazione delle misure al suolo, già utilizzate nelle altre simulazioni, con quattro profili verticali del modello a scala globale ECMWF di Reading e di due stazioni al suolo del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare.

L'insieme dei dati meteorologici così ricostruiti è stato applicato al modello lagrangiano a "puff" non stazionario CALPUFF che simula i processi di trasporto e dispersione cui sono

---

<sup>8</sup> G.A. Briggs . Plume rise prediction - Lectures on Air Pollution and Environmental Impact Analysis - A.M.S., Boston, 1975

<sup>9</sup> J.S. Scire, D.G. Strimaitis, R.J. Yamartino - A User Guide for the CALPUFF Dispersion Model (Version 5) - Earth Tech, Inc., 2000

sottoposte le emissioni continue di sbuffi (puff) d'inquinante rilasciate in atmosfera da una o più sorgenti.

Al variare della direzione ed intensità del vento nel tempo e nello spazio la traiettoria di ogni puff cambia in modo da seguire la nuova direzione del vento in quel punto del dominio tridimensionale. La dispersione della massa inquinante, rappresentata dalle componenti della turbolenza atmosferica ( $\sigma_{yt}$  e  $\sigma_{zt}$ ), è valutata mediante parametri di turbolenza ( $\sigma_v$  e  $\sigma_w$ ) calcolati tramite i campi di CALMET delle variabili micrometeorologiche ( $L$ ,  $u^*$ ,  $w^*$ , ecc.). CALPUFF è stato applicato su un sottodominio 20x30 km centrato sul dominio utilizzato da CALMET e le concentrazioni al suolo sono state calcolate su una griglia regolare di passo 250 m



**D.15-2 Identificazione degli effetti sul microclima**

I potenziali effetti sul microclima locale sono individuabili:

- nell'alterazione della temperatura dell'aria a seguito dei rilasci termici del camino e dei condensatori ad aria della centrale;
- nell'alterazione dell'umidità atmosferica in conseguenza del vapore presente nei fumi del camino con possibile formazione di nebbie.

Al fine di verificare le conseguenze dei rilasci termici della centrale (fumi dal camino ed aria di raffreddamento da condensatori ed aerotermini) si è proceduto alla quantificazione dell'incremento della temperatura ambiente conseguente a tali rilasci utilizzando i modelli ISC3 e CALPUFF (modulo per le calme di vento) per quantificare il trasporto delle emissioni e quindi, in corrispondenza dei ricettori, facendo ricorso al bilancio di energia, quantificare l'incrementi di temperatura, secondo la metodologia di calcolo riportata al termine del presente allegato.

Tale approccio si basa sull'ipotesi conservativa che durante la fase di trasporto e diffusione in atmosfera le emissioni conservino le caratteristiche termodinamiche presenti al rilascio.

Una prima quantificazione ha riguardato l'incremento medio annuo della temperatura nell'area, vasta e locale, circostante l'impianto a fronte delle emissioni termiche del camino e dei condensatori.

I dati relativi alla geometria ed ai rilasci del camino e quelli medi relativi alle emissioni sono di seguito riportati:

- Altezza camino: 60 m
- Diametro interno camino: 6.6 m
- Portata volumetrica: 649,66 m<sup>3</sup>/s
- Temperatura fumi al rilascio: 80 °C
- Velocità verticale al rilascio: 18.99 m/s

La temperatura dell'aria in uscita dai condensatori è stata assunta subire un incremento di 30 °C rispetto alla temperatura dell'aria ambiente.

I dati relativi alla geometria ed ai rilasci dei condensatori e degli aerotermini utilizzati nelle simulazioni sono di seguito riportati:

**Condensatore principale**

- Altezza rilascio: 27 m
- Diametro ventilatori: 7 m
- Portata volumetrica (per singolo ventilatore): 746 m<sup>3</sup>/s
- Temperatura al rilascio: Ta + 30 °C
- Velocità verticale al rilascio: 19.38 m/s
- Numero ventilatori: 16

**Aerotermini motori ausiliari**

- Altezza rilascio: 7 m
- Diametro ventilatori: 4 m
- Portata volumetrica (per singolo ventilatore): 192 m<sup>3</sup>/s
- Temperatura al rilascio: Ta + 30 °C
- Velocità verticale al rilascio: 15.28 m/s
- Numero ventilatori: 12

Le simulazioni sono state effettuate tenendo conto dell'effettivo andamento del terreno.

A fronte di una temperatura media annua di 15.3 °C, i risultati ottenuti comportano per l'area vasta (40 x 40 km centrati sull'impianto) un incremento medio annuo pari a 0.0037 °C.

Su un'area di 20 x 20 km, sempre centrata sull'impianto, l'incremento medio annuo della temperatura ambiente atteso a seguito dell'esercizio della centrale risulta pari a 0.0046 °C.

Infine sull'area locale (5 x 2 km) le simulazioni indicano un incremento medio annuo della temperatura pari a 0.0013 °C.

Sulla base di tali risultati è quindi da escludere qualsiasi alterazione al preesistente microclima locale al riguardo della temperatura.

Tale conclusione è ulteriormente confermata dalle simulazioni "short term" eseguite a fronte delle condizioni meteorologiche e diffusive più gravose per i rilasci della centrale, individuate come segue nell'analisi condotta per quantificare gli effetti dei rilasci di inquinanti dal camino:

- classe di stabilità: F
- temperatura aria ambiente: 12.6 °C
- velocità vento: 0.77 m/s
- direzione vento: 282 °N
- altezza dello strato di mescolamento: 5000 m

Il rilascio dal camino della centrale è caratterizzato per queste condizioni meteorologiche dai seguenti parametri:

- portata volumetrica: 631.55 m<sup>3</sup>/s
- temperatura fumi al rilascio: 80 °C
- velocità verticale al rilascio: 18.46.

Le simulazioni in questo caso sono state effettuate utilizzando gli algoritmi di valutazione degli effetti degli edifici circostanti i rilasci (building downwash).

I risultati ottenuti indicano che in condizioni meteorologiche critiche l'incremento orario della temperatura ambiente mediato sull'area locale (5 x 2 km), atteso in conseguenza dell'esercizio della centrale, è pari a 0.0067 °C.

Anche sul breve periodo risulta quindi da escludere qualsiasi alterazione alla temperatura ambiente dell'area circostante l'impianto.

Sulla base dei risultati ottenuti appare evidente l'assenza di qualsiasi apprezzabile alterazione della temperatura ambiente conseguente all'esercizio della centrale. Gli incrementi attesi risultano infatti sempre ben al di sotto di qualsiasi soglia di apprezzabilità e privi di qualsiasi conseguenza.

Al fine di quantificare le variazioni subite dall'umidità atmosferica e verificare le conseguenze sul microclima, anche con riferimento alla possibile formazione di nebbie, si è proceduto a valutare:

- A) l'incremento medio annuo di umidità atteso al suolo su tutta l'area vasta;
- B) l'incremento medio orario atteso al suolo nell'area locale in condizioni di massime ricadute al suolo e di incipiente formazione di nebbia (condizioni critiche)

Tali valutazioni sono state eseguite sulla base dei dati di progetto e delle simulazioni effettuate per quantificare gli effetti dei rilasci inquinanti dal camino della centrale

Per entrambe le situazioni analizzate i dati di progetto utilizzati sono i seguenti:

- portata fumi: 1,800,000 Nm<sup>3</sup>/h (in normali condizioni di temperatura ed umidità ambiente)
- temperatura fumi: 80 °C
- umidità fumi: 7.4% in volume
- emissioni NO<sub>x</sub>: 105 kg/h.

Le condizioni meteorologiche prese a riferimento per la valutazione della variazione dell'umidità media annua attesa al suolo nell'area vasta sono stati i seguenti valori medi annui:

- temperatura aria: 15.3 °C
- umidità relativa: 78%
- Pressione atmosferica: 1000 hPa

Sulla base di tali dati, con riferimento all'area vasta (40 x 40 km centrati sull'impianto termoelettrico), è stato calcolato il valore medio relativo dell'umidità assoluta annua attuale (ossia in assenza di centrale) e la variazione conseguente all'esercizio della centrale tenendo conto dell'incremento della temperatura ambiente, ancora conseguenza dell'esercizio della centrale.

Le modalità di calcolo sono riportate al termine del presente allegato.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

- Umidità assoluta media annua al suolo dell'area vasta in assenza della centrale: 6.4981 g/m<sup>3</sup>;
- Incremento dell'umidità media annua al suolo dell'area vasta in conseguenza dell'esercizio della centrale: 0.00016 g/m<sup>3</sup>.

L'incremento di umidità in termini assoluti è pari allo 0.0025% del valore di umidità attuale.

L'umidità relativa, a motivo dell'incremento di temperatura e del conseguente innalzamento della concentrazione di umidità alla saturazione, è attesa scendere dal valore medio attuale di 78% al valore di 77,98%.

Le variazioni indotte dall'esercizio della centrale alla umidità atmosferica risultano estremamente contenute e prive di qualsiasi significatività

La quantificazione dell'incremento dell'umidità al suolo in condizioni critiche e di incipiente formazione di nebbia è stata effettuata prendendo in considerazione i valori di umidità mediati sul dominio delle simulazioni dell'area locale (2 x 5 km).

E' infatti da notare che affinché l'incremento dell'umidità ambientale abbia eventualmente significativi effetti sulla formazione delle nebbie è necessario che tali incrementi abbiano una sufficiente estensione areale. In ragione di ciò si è ritenuto che i valori mediati sull'area locale siano indicatori rappresentativi della effettive conseguenze dell'esercizio della centrale sulla formazione delle nebbie.

Nell'area locale si manifestano le massime variazioni indotte nell'atmosfera dall'esercizio della centrale, se valutate in termini di media areale. Tale area è quindi quella in cui l'esercizio della Centrale può maggiormente influenzare la formazione di nebbie.

Le condizioni meteorologiche critiche al riguardo delle concentrazioni al suolo sono le seguenti:

- classe di stabilità atmosferica: F
- temperatura ambiente: 12.6 °C
- velocità vento: 0.77 m/s
- direzione vento: 282 °N
- altezza dello strato di mescolamento: 5'000 m.

Al fine di rappresentare condizioni di incipiente formazione di nebbia si è assunta inoltre una umidità relativa pari al 99.99%, senza per altro verificare la coerenza interna di tale insieme di condizioni meteorologiche.

Sulla base di tali dati è stato calcolato il valore medio areale dell'umidità assoluta annua attuale (ossia in assenza di centrale) ed il relativo incremento conseguente all'esercizio della centrale (le modalità di calcolo di tali grandezze sono riportate al termine del presente allegato).

I risultati ottenuti sono i seguenti:

- Umidità assoluta media oraria al suolo dell'area locale in assenza della centrale: 7.0452 g/m<sup>3</sup>, rispetto ad una concentrazione alla saturazione di 7.0459 g/m<sup>3</sup>.
- Incremento dell'umidità media oraria al suolo dell'area locale in conseguenza dell'esercizio della centrale: 0.0039 g/m<sup>3</sup>.
- Concentrazione alla saturazione attesa in conseguenza dell'incremento di temperatura indotto dall'esercizio della centrale: 7.0500 g/m<sup>3</sup>.

L'umidità raggiunge quindi il valore di 7.0491 g/m<sup>3</sup>, inferiore al valore di saturazione non dando luogo a formazione di nebbie.

L'incremento di umidità atteso è pari allo 0.055% del valore di umidità attuale.

L'umidità relativa locale dal valore di 99.99% è destinato a scendere al valore di 99.987%

Anche nella situazione ambientale analizzata, rappresentativa delle condizioni diffusive più critiche e che hanno una media di accadimento di un'ora all'anno, le emissioni della centrale non portano alla formazione di nebbie, ma anzi il valore dell'umidità relativa tende a scendere seppure di una quantità di nessun significato.

L'analisi condotta esclude quindi che l'esercizio della centrale possa provocare aumenti nella presenza di nebbie nell'intorno della centrale ed, in generale, portare ad alterazioni del microclima locale di una qualche minima significatività.

### METODOLOGIA DI CALCOLO DELL'INCREMENTO DELLA TEMPERATURA AMBIENTE CONSEGUENTE AD EMISSIONI TERMICHE IN ATMOSFERA

Il possibile aumento della temperatura ambiente conseguente a rilasci termici (nel caso specifico i fumi del camino e l'aria di raffreddamento dei condensatori ad aria della centrale Luminosa) è quantificabile utilizzando i modelli matematici di trasporto e diffusione in atmosfera di rilasci (quali ISC3 e CALPUFF) ed operando, in corrispondenza dei ricettori, un opportuno bilancio di energia sulla base dei risultati delle simulazioni.

Tale approccio si basa sull'ipotesi conservativa che nel trasporto e diffusione in atmosfera le emissioni conservino le caratteristiche termodinamiche presenti al rilascio.

Se nei citati modelli, quale dato di input del flusso di massa delle emissioni (g/s) viene introdotta la portata volumica (m<sup>3</sup>/s) le risultanze ottenute rappresentano il volume del rilascio per unità di volume in corrispondenza dei ricettori, ossia

$$V_{Ri} = C_{Ri}$$

dove:

$V_{Ri}$  = volume del rilascio  $i$  presente nell'unità di volume in corrispondenza del ricettore R (m<sup>3</sup><sub>rilascio</sub>/m<sup>3</sup>)

$C_{Ri}$  = risultanze del modello in corrispondenza del ricettore R nell'ipotesi di dati input come sopra riportati (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)

La corrispondente massa per unità di volume del rilascio in corrispondenza del ricettore R è quindi pari a:

$$M_{Ri} = C_{Ri} \rho_i$$

dove:

$M_{Ri}$  = massa per unità di volume del rilascio  $i$  in corrispondenza del ricettore R (g/m<sup>3</sup>)

$\rho_i$  = densità dell'emissione  $i$  alla temperatura del rilascio (g/m<sup>3</sup>)

Il volume occupato dall'aria ambiente per unità di volume, in corrispondenza del ricettore R ed in presenza di  $n$  rilasci, risulta pertanto:

$$V_{Ra} = 1 - \sum^n C_{Ri}$$

dove:

$V_{Ra}$  = volume aria ambiente presente nell'unità di volume al ricettore R

La corrispondente massa è pari a:

$$M_{Ra} = \rho_a (1 - \sum^n C_{Ri})$$

dove:

$M_{Ra}$  = massa dell'aria ambiente nell'unità di volume presente in corrispondenza del ricettore R (g/m<sup>3</sup>)

$\rho_a$  = densità dell'aria ambiente alla temperatura ambiente

Applicando il bilancio di energia termica in termini di temperatura si ha:

$$M_R T_R = M_{Ra} T_a + \sum^n M_{Ri} T_i$$

dove:

$M_R$  = massa per unità di volume presente nell'unità di volume in corrispondenza del ricettore R =  $M_{Ra} + \sum^n M_{Ri}$  (g/m<sup>3</sup>)

$T_R$  = temperatura assoluta attesa in corrispondenza del ricettore R (°K)

$T_a$  = temperatura assoluta dell'aria ambiente (°K)

$T_i$  = temperatura assoluta dell'emissione  $i$  al rilascio (°K)

Sostituendo nel bilancio termico le formulazioni sopra riportate relative alla masse dell'aria ambiente e delle emissioni e nell'ulteriore ipotesi che le densità dei rilasci e dell'aria ambiente, a parità di pressione e temperatura, siano uguali (fatto certamente vero per quanto riguarda l'aria ambiente e i rilasci dai condensatori), ossia:

$$\rho_a = \rho_o T_o / T_a$$

$$\rho_i = \rho_o T_o / T_i$$

dove:

$\rho_o$  = densità rilasci/aria ambiente alla temperatura di riferimento  $T_o$  (273.15 °K)

si ottiene che l'incremento della temperatura ambiente conseguente ai rilasci è pari a:

$$\Delta T = T_R - T_a = T_a \left( \sum^n C_{Ri} - T_a \sum^n C_{Ri} / T_i \right) / \left( 1 + T_a \sum^n C_{Ri} / T_i - \sum^n C_{Ri} \right)$$

Con tale formulazione, sulla base dei risultati delle simulazioni ( $C_{Ri}$ ), delle temperature delle emissioni al rilascio ( $T_i$ ) e della temperatura dell'aria ambiente indisturbata ( $T_a$ ) è quindi possibile calcolare l'incremento atteso per la temperatura ( $\Delta T$ ) ed il valore della stessa in gradi Celsius ( $T_a + \Delta T - 273.15$ )

## METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE VARIAZIONI DELL'UMIDITA' ATMOSFERICA IN CONSEGUENZA DELLE EMISSIONI DAL CAMINO DELLA CENTRALE

### **VARIAZIONI DELL'UMIDITA' ATMOSFERICA IN CONSEGUENZA DELLE EMISSIONI DAL CAMINO DELLA CENTRALE**

#### Dati progetto

Portata fumi	$QF_o = 1,800,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$	(in normali condizioni di umidità e $T_A = 15^\circ\text{C}$ )
Temperatura fumi;	$TF = 80^\circ\text{C}$	
Umidità fumi:	$UF = 7.4\% \text{ in volume}$	
Emissioni NOx:	$QNO_x = 105 \text{ kg/h}$	

Portata fumi alla temperatura di emissione:

$$\begin{aligned}
 QF &= QF_o * K_e/K_o = 2,327,183 \text{ m}^3/\text{h} \\
 K_e &= \text{Temperatura assoluta fumi} = 273.15 + TF = 353.15^\circ\text{K} \\
 K_o &= 273.15^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

Portata vapore acqueo (umidità)

$$QV = QF * UF/100 = 172,212 \text{ m}^3/\text{h}$$

Densità vapore acqueo all'emissione

$$\begin{aligned}
 DV &= PM * Pa/(R * K_e) = 0.6130 \text{ kg/m}^3 \\
 PM &= \text{Peso molecolare} = 18 \\
 Pa &= \text{Pressione atmosferica} = 100 \text{ kPa} \\
 R &= \text{Costante universale gas} = 8.3144 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}
 \end{aligned}$$

Portata di massa del vapore acqueo

$$QmV = QV * DV = 105,571 \text{ kg/h}$$

Rapporto emissioni vapore acqueo/NOx

$$RE = QmV/QNO_x = 1005.438$$

#### **CALCOLO VARIAZIONE MEDIA ANNUA UMIDITA' AL SUOLO NELL'AREA VASTA**

Incremento conc. NOx annue medie sull'area vasta attese al suolo =  $CmNO_x = 0.1612 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$  (risultato sim.)

**Incremento annuo atteso al suolo per l'umidità atmosferica mediato sull'area vasta**

$$\begin{aligned}
 \Delta H &= CmNO_x * RE = 162.1 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3 \\
 &= 0.00016 \text{ g}/\text{m}^3
 \end{aligned}$$

#### Dati meteo

Valori medi annui

Temperatura aria	$T_A = 15.3^\circ\text{C}$	(pag. 6 - SIA - Quadro di riferimento Ambientale)
Umidità relativa	$UR_o = 78\%$	(pag. 7 - SIA - Quadro di riferimento Ambientale)
Pressione atmosferica	$P_A = 1000 \text{ hPa}$	

Incremento temperatura aria per rilasci termici della centrale

$$\Delta T = 0.0037^\circ\text{C}$$

Tasso di variazione dell'umidità alla saturazione con  $T_A$

$$f = 0.8333 \text{ g}/\text{kg}^\circ\text{C}$$

**Situazione ante operam**

Dal diagramma termodinamico di Herloffson si ricava che per una temperatura di 15.3 °C ed una pressione di 1000 hPa la concentrazione di umidità alla saturazione è:  $HSmo = 11.1 \text{ g/kg}$

Densità vapore acqueo a 15. °C

$$DVao = PM * Pa / (R * Kao) = 0.7505 \text{ kg/m}^3$$

$$Kao = \text{temperatura assoluta aria ambiente} = 288.450 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Concentrazione umidità alla saturazione

$$HSo = HSmo * DVao = 8.3309404 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Umidità assoluta media annua } HAo = HSe * URo / 100 = 6.4981 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Umidità relativa media annua } URo = 78.00 \%$$

**Situazione post operam**

$$HSme = HSmo + f * \Delta T = 11.103083 \text{ g/kg}$$

Densità vapore acqueo a 15.+  $\Delta T$  °C

$$DVae = PM * Pa / (R * Kae) = 0.7505 \text{ kg/m}^3$$

$$Kae = \text{temperatura assoluta aria ambiente} = 288.4537 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Concentrazione umidità alla saturazione

$$HSe = HSme * DVe = 8.3331475 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Umidità assoluta media annua } HAe = HAo + \Delta H = 6.4983 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Umidità relativa media annua } URe = HAe * 100 / HSe = 77.98 \%$$

**CALCOLO VARIAZIONE MEDIA ORARIA UMIDITA' AL SUOLO NELL'AREA LOCALE IN CONDIZIONI CRITICHE**

Incremento orario medio concentrazioni NOx al suolo =  $CmNOx = 3.8509 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  (risultato simulazioni)

alla temperatura ambiente  $T_A = 12.6 \text{ } ^\circ\text{C}$  (pag. 25 - SIA - Quadro di riferimento Ambientale)

Umidità relativa  $URo = 99.99 \%$  (assunzione per condizioni di nebbia incipiente)

**Incremento orario umidità al suolo medio su area locale**

$$\Delta H = 3,871.8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

$$= 0.0039 \text{ g/m}^3$$

Incremento temperatura aria per rilasci termici della centrale  $\Delta T = 0.0067 \text{ } ^\circ\text{C}$

Tasso di variazione dell'umidità alla saturazione con  $T_A$   $f = 0.8333 \text{ g/kg}^\circ\text{C}$

**Situazione ante operam**

Dal diagramma termodinamico di Herloffson si ricava che per una temperatura di 12.6 °C ed una pressione di 1000 hPa la concentrazione di umidità alla saturazione è:  $HSmo = 9.3 \text{ g/kg}$

Densità vapore acqueo a 12.6 °C

$$DVao = PM * Pa / (R * Kao) = 0.75763 \text{ kg/m}^3$$

$$Kao = \text{temperatura assoluta aria ambiente} = 285.750 \text{ } ^\circ\text{K}$$



Concentrazione umidità alla saturazione

$$H_{So} = H_{Smo} * DV_{ao} = 7.0459 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Umidità assoluta } H_{Ao} = H_S * UR/100 = 7.0452 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Umidità relativa } U_{ro} = 99.99 \%$$

Situazione post operam

$$H_{Sme} = H_{smo} + f * \Delta T = 9.3055831 \text{ g/kg}$$

Densità vapore acqueo a  $15 + \Delta T$  °C

$$DV_{ae} = PM * Pa / (R * K_{ae}) = 0.75761 \text{ kg/m}^3$$

$$K_{ae} = \text{temperatura assoluta aria ambiente} = 285.7567 \text{ °K}$$

Concentrazione umidità alla saturazione

$$H_{Se} = H_{Sme} * DV_{ae} = 7.0500 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Umidità assoluta media annua } H_{Ae} = H_{Ao} + \Delta H = 7.0491 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Umidità relativa media annua } U_{Re} = H_{Ae} * 100 / H_{Se} = 99.987 \%$$

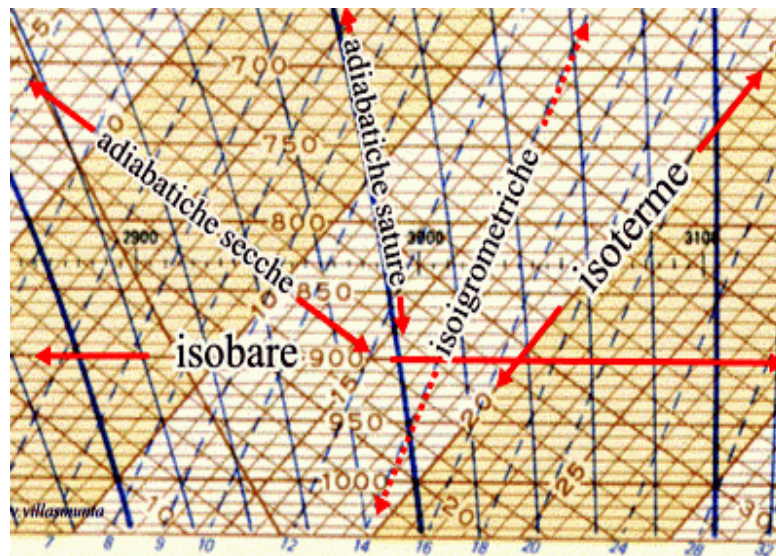


DIAGRAMMA TERMODYNAMICO DI HERLOFFSON