

Allegato D. 6

Identificazione e
Quantificazione degli Effetti
delle Emissioni in Aria e
Confronto con gli Standard di
Qualità dell'Aria

PREMESSA

Il presente allegato riporta e commenta i risultati delle simulazioni condotte per valutare gli effetti delle emissioni in atmosfera della *Centrale Termoelettrica* di Candela (FG) sulla qualità dell'aria locale, per gli assetti per i quali la *Società Edison Spa* richiede l'autorizzazione.

Le valutazioni sono state condotte simulando, in particolare, le condizioni più gravose tecnicamente possibili, in termini di ore di funzionamento e di carico emissivo del singolo gruppo.

Ciò premesso, le simulazioni hanno evidenziato, per entrambi gli assetti impiantistici oggetto di richiesta di autorizzazione, il rispetto delle soglie fissate dalla normativa nazionale sulla qualità dell'aria.

Per l'analisi della qualità dell'aria attualmente presente nell'area circostante la *Centrale Termoelettrica* di proprietà di *Edison* a Candela sono stati utilizzati i dati disponibili relativi al triennio 2005 - 2007.

Lo studio è stato realizzato sulla base dell'analisi delle concentrazioni dei diversi inquinanti considerati, rilevati dalle due centraline di monitoraggio di qualità dell'aria. Edison ha stipulato una convenzione con ARPA Puglia per la gestione delle centraline; attualmente sono ancora gestite da *Edison Spa*, ma è in corso il passaggio della gestione ad ARPA. L'installazione delle centraline di monitoraggio è stata prescritta dal Ministero dell'Ambiente all'interno del *Decreto VIA n. 7013 del 20.03.02*.

L'analisi dello stato di qualità dell'aria è stato condotto considerando gli inquinanti emessi da impianti a combustione, alimentati a gas naturale; l'analisi si è quindi limitata allo studio delle concentrazioni di NO₂ e CO.

Nel seguito si riporta una sintetica presentazione della normativa nazionale vigente in materia di qualità dell'aria.

1.1

NORMATIVA SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

I primi standard di qualità dell'aria sono stati definiti in Italia dal *DPCM 28/03/1983* relativamente ad alcuni parametri, modificati quindi dal *DPR 203 del 24/05/1988* che, recependo alcune Direttive Europee, ha introdotto oltre a nuovi valori limite, i valori guida, intesi come "obiettivi di qualità" cui le politiche di settore devono tendere.

Con il successivo *Decreto del Ministro dell'Ambiente del 15/04/1994* (aggiornato con il *Decreto del Ministro dell'Ambiente del 25/11/1994*) sono stati introdotti i *livelli di attenzione* (situazione di inquinamento atmosferico che, se persistente, determina il rischio che si raggiunga lo stato di allarme) ed i *livelli di allarme* (situazione di inquinamento atmosferico suscettibile di determinare una condizione di rischio ambientale e sanitario), valido per gli inquinanti in aree urbane.

Tale decreto ha inoltre introdotto i valori obiettivo per alcuni nuovi inquinanti atmosferici non regolamentati con i precedenti decreti tra cui il PM₁₀ (frazione delle particelle sospese inalabile).

Il *D.Lgs 351 del 04/08/1999* ha recepito la *Direttiva 96/62/CEE* in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria, rimandando a decreti attuativi l'introduzione dei nuovi standard di qualità.

Infine il *D.M. 60 del 2 Aprile 2002* ha recepito rispettivamente la *Direttiva 1999/30/CE* concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, e il biossido di azoto, e la *Direttiva 2000/69/CE* relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il monossido di carbonio. Il

decreto ha abrogato le disposizioni della normativa precedente relative a: biossido di zolfo, biossido d'azoto, alle particelle sospese, al PM₁₀, al monossido di carbonio, ma l'entrata in vigore dei nuovi limiti avverrà gradualmente per completarsi nel gennaio 2010.

Il *DM 60/2002* ha introdotto, inoltre, i criteri per l'ubicazione ottimale dei punti di campionamento in siti fissi; per l'ubicazione su macroscale, ai fini della protezione umana, un punto di campionamento dovrebbe essere ubicato in modo tale da essere rappresentativo dell'aria in una zona circostante non inferiore a 200 m², in siti orientati al traffico, e non inferiore ad alcuni km², in siti di fondo urbano.

Per la protezione degli ecosistemi e della vegetazione i punti di campionamento dovrebbero essere ubicati a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate diverse dalle precedenti o da impianti industriali o autostrade; il punto di campionamento dovrebbe essere ubicato in modo da essere rappresentativo della qualità dell'aria ambiente di un'area circostante di almeno 1.000 km².

L'*Allegato IX del DM 60* riporta, infine, i criteri per determinare il numero minimo di punti di campionamento per la misurazione in siti fissi dei livelli di Biossido di Zolfo, Biossido d'Azoto, Materiale Particolato (PM₁₀) e Monossido di Carbonio nell'aria ambiente. Per la popolazione umana vengono dati dei criteri distinti per le fonti diffuse e per le fonti puntuali. Per queste ultime il punto di campionamento dovrebbe essere definito sulla base della densità delle emissioni, del possibile profilo di distribuzione dell'inquinamento dell'aria e della probabile esposizione della popolazione.

Il *Decreto Ministeriale n°60 del 02/04/2002* stabilisce per Biossido di Zolfo, Biossido Azoto, PM 10 e Monossido di Carbonio

- I valori limite, vale a dire le concentrazioni atmosferiche fissate in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana e sull'ambiente;
- Le soglie di allarme, ossia la concentrazione atmosferica oltre la quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto la quale si deve immediatamente intervenire;
- Il margine di tolleranza, cioè la percentuale del valore limite nella cui misura tale valore può essere superato e le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo;
- Il termine entro il quale il valore limite deve essere raggiunto;
- I periodi di mediazione, cioè il periodo di tempo durante il quale i dati raccolti sono utilizzati per calcolare il valore riportato.

Si precisa che il *D.Lgs 152 del 2006* non modifica quanto stabilito dai suddetti decreti in materia di qualità dell'aria.

Vengono riportati nelle successive tabelle i principali parametri di valutazione della qualità dell'aria; i valori limite sono espressi in µg/m³ (ad eccezione del

Monossido di Carbonio espresso come mg/m^3) e il volume deve essere normalizzato ad una temperatura di 293 °K e ad una pressione di 101,3 kPa.

Tabella 1.1a Valori limite e soglia di allarme per il Biossido di Azoto

	Periodo di mediazione	Valore Limite [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Margine di Tolleranza	Data raggiungimento del valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂ da non superare più di 18 volte per anno civile	50 % all'entrata in vigore della presente direttiva, con una riduzione il 1° gennaio 2001 ed ogni 12 mesi successivi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂	50 % all'entrata in vigore della presente direttiva, con una riduzione il 1° gennaio 2001 ed ogni 12 mesi successivi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010
Soglia di Allarme	Tre ore consecutive	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	nessuno	

Tabella 1.1b Valori limite per il Monossido di Carbonio

	Periodo di mediazione	Valore Limite [mg/m^3]	Margine di Tolleranza	Data raggiungimento del valore limite
Valore limite per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m^3		1° gennaio 2005

1.2

RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Nell'area in esame il monitoraggio della qualità dell'aria avviene attraverso due centraline di misura, gestite dalla *Società Edison Spa* e installate in coerenza con le prescrizioni del Decreto di Compatibilità ambientale.

Le misurazioni degli inquinanti per il monitoraggio della qualità dell'aria vengono rilevate sia presso la centralina Comes che presso la centralina Scuola. Come si deduce dalla *Figura 1.2a*, Comes, posizionata a 4,7 Km dalla Centrale in direzione Sud-SudEst, è collocata in contesto rurale nelle vicinanze della strada a scorrimento veloce SR1 e della strada statale SS655, mentre Scuola, è posizionata in ambiente urbano, nella parte sud orientale dell'abitato di Candela.

Nella successiva *Tabella 1.2a* sono riportati gli inquinanti monitorati dalle due centraline.

Tabella 1.2a

Inquinanti Monitorati dalle Stazioni di Monitoraggio di Comes e Scuola.

Centralina	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	O ₃	SO ₂	CO
Comes	X	X	X	X		X
Scuola	X	X	X	X	X	X

Entrambe le centraline, Comes e Scuola, dispongono dei sensori per l'analisi della qualità dell'aria relativamente ai seguenti inquinanti: NO₂, NO_x, PM₁₀, O₃ e CO. Per le rilevazioni di SO₂, il sensore è presente soltanto nella stazione di monitoraggio Scuola.

Nella successiva *Tabella 1.2b* sono presentate le percentuali di validità dei dati nel periodo 2005 – 2007 per le centraline di Comes e Scuola relativi agli inquinanti oggetto del presente studio.

Tabella 1.2b

Rendimento Percentuale per gli Inquinanti Monitorati. Periodo 2005 – 2007.

Anno	Centralina	NO ₂ [%]	CO [%]
2005	Comes	85,3*	92,1
	Scuola	88,7*	88,2*
2006	Comes	95,1	97,4
	Scuola	97,6	98,9
2007	Comes	97,8	95,1
	Scuola	97,9	95,7

* Valore di rendimento inferiore al 90%, previsto dal DM 60/2002.

I rendimenti dei sensori di rilevamento di NO₂ e CO sono superiori al 90% nel 2006 e 2007 per entrambe le centraline, mentre nel 2005, primo anno completo di rilevazioni, sono inferiori al limite per entrambi gli inquinanti nella centralina Scuola e solo per il CO nella centralina Comes. I valori accompagnati da un asterisco nella precedente *Tabella*, per quanto inferiori al valore previsto dal DM 60/02, sono però prossimi al 90% dei dati validi.

1.3

STATO DI QUALITÀ DELL'ARIA

Di seguito vengono presentate le elaborazioni effettuate sulla base dei dati disponibili per le centraline di Comes e di Scuola.

Per singolo inquinante è stato effettuato un confronto con i limiti previsti dalla normativa vigente. La serie di dati copre il periodo 2005 – 2007.

Ossidi di Azoto

In termini di inquinamento atmosferico gli ossidi di azoto che destano più preoccupazione sono il monossido di azoto (NO) e il biossido di azoto (NO₂). Il monossido di azoto si forma per reazione dell'ossigeno con l'azoto nel corso di qualsiasi processo di combustione che avvenga in aria e ad elevata

temperatura; l'ulteriore ossidazione dell' NO produce anche tracce di biossido di azoto, che in genere non supera il 5% degli NO_x totali emessi.

La formazione di biossido di azoto, la specie di prevalente interesse per i possibili effetti sulla salute umana e che svolge un importante ruolo nel processo di formazione dell'ozono, avviene per ossidazione in atmosfera del monossido di azoto.

La concentrazione in aria di NO₂, oltre ad essere funzione della componente meteorologica, dipende dalla velocità di emissione di NO, dalla velocità di trasformazione di NO in NO₂ e dalla velocità di conversione di NO₂ in altre specie ossidate (nitrati).

Le emissioni naturali di NO comprendono i fulmini, gli incendi e le emissioni vulcaniche e dal suolo; le emissioni antropogeniche sono principalmente dovute ai trasporti, all'uso di combustibili per la produzione di elettricità e di calore e, in misura minore, alle attività industriali.

Nella successiva *Tabella 1.3a* sono presentati i valori di medie annue registrati dalle due centraline, per il periodo 2005 – 2007.

Tabella 1.3a

NO₂ - Concentrazioni Medie Annue Rilevate alle Centraline

Centralina	Concentrazione Media Anno ⁽¹⁾		
	[µg/m ³]		
	2005	2006	2007
Comes	17,2	14,7	12,9
Scuola	8,9	7,6	6,1

Note: Rif: D.M. 60/02.
⁽¹⁾ Limite per la protezione della salute umana: 40 µg/m³ (2010) - tempo di mediazione anno civile.

Non si registrano concentrazioni medie annue superiori al limite di legge pari a 40 mg/m³. Per ambedue le centraline si individua un trend decrescente inerente la concentrazione media annua.

A completamento dell'analisi, nella successiva *Tabella 1.3b* viene presentato un riepilogo del numero di superi dei limiti previsti dalla normativa e il valore del 99,8° percentile delle concentrazioni di biossido d'azoto (valore di protezione della salute umana calcolato come media oraria: 200 µg/m³ da non superarsi per più di 18 volte).

Tabella 1.3b

NO₂ – Superi della Concentrazione Limite Oraria di 200 µg/m³ e 99,8° Percentile delle Concentrazioni Medie Orarie

Centralina	Superi ⁽¹⁾			99,8° Percentile		
				[µg/m ³]		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007
Comes	0	0	0	133,3	74,2	73,6
Scuola	0	0	0	41,7	41,7	32,4

Note: Rif: D.M. 60/02.
⁽¹⁾ N° superamenti del limite orario per la protezione della salute umana: 200 µg/m³ (2010), come NO₂ da non superare per più di 18 volte nell'anno civile- tempo di mediazione 1 ora. Rappresenta il 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie.

Per ambedue le centraline non si sono registrati superi per il triennio 2005 – 2007 e si registra una diminuzione nel valore del 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie.

Alla luce della sua collocazione (*Figura 1.2a*) in prossimità di una strada a scorrimento veloce, non sorprende che presso la centralina Comes si siano misurate concentrazioni di NO₂ tendenzialmente superiori a quelle di Scuola, poiché proprio il traffico automobilistico rappresenta una delle principali fonti di emissione di ossidi di azoto.

Monossido di Carbonio

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore, infiammabile, e molto tossico; viene emesso da fonti naturali ed antropiche (tra queste, a livello globale, il 90% deriva dal traffico veicolare).

E' un inquinante primario ad alto gradiente spaziale, ossia la sua concentrazione varia rapidamente nello spazio e di conseguenza si rileva una forte riduzione dell'inquinante anche a breve distanza dalla fonte di emissione.

L'origine antropica del monossido di carbonio è fortemente legata alla combustione incompleta per difetto di aria (cioè per mancanza di ossigeno) degli idrocarburi presenti in carburanti e combustibili: per tale ragione le emissioni di CO sono maggiori in un veicolo con motore al minimo o in fase di decelerazione, diminuiscono alla velocità media di 60-110 Km/h, per poi aumentare nuovamente alle alte velocità.

Già da diversi anni il monossido di carbonio non è più un inquinante critico poiché le sue concentrazioni in aria ambiente sono molto basse. Esso comunque continua ad essere rilevato in modo sistematico.

Il valore limite previsto dal *DM 60/2002* per la protezione della salute umana è pari a 10 mg/m³ inteso come massima giornaliera delle medie mobili di 8 ore.

Nella successiva *Tabella 1.3c* si riportano i valori massimi di tale parametro riscontrati negli anni 2005-2007 nelle centraline considerate.

Tabella 1.3c

Massima Giornaliera delle Medie Mobili di 8 ore di CO, 2005 - 2007

Centralina	Max Concentrazione Media Mobile sulle 8 Ore ⁽¹⁾		
	[mg/m ³]		
	2005	2006	2007
Comes	2,34	1,85	1,3
Scuola	2,21	1,80	0,7

Note: Rif: D.M. 60/02.

⁽¹⁾ Limite previsto dal DM 60/2002: 10 mg/m³

Tutti i valori riscontrati sono ampiamente al disotto del limite di 10 mg/m³ previsto dal *DM 60/2002* per la protezione della salute umana inteso come massima giornaliera delle medie mobili sulle 8 ore. Il massimo valore della

media giornaliera presenta inoltre un trend decrescente sia presso Comes che presso Scuola.

Nel presente paragrafo si riportano i risultati, in termini di ricadute al suolo, ottenuti dallo studio di dispersione degli inquinanti in atmosfera (NO_x e CO) emessi dalla *Centrale Termoelettrica* di Candela, eseguito mediante il sistema di modelli CALMET – CALPUFF.

Tali risultati sono di seguito presentati coerentemente con gli indici statistici, indicati dalla normativa vigente, per i quali sono stabiliti i valori limite dal *D.M. 60 del 2002*.

Per una descrizione dettagliata degli input geomorfologici e meteorologici utilizzati e delle caratteristiche tecniche del codice di calcolo adottato si rimanda a quanto riportato all'*Allegato D5*.

2.1

SCENARI EMISSIVI

Ai fini dello studio sono stati quantificati gli impatti della *Centrale* sulla qualità dell'aria, relativamente a NO_x e CO; si è poi provveduto a presentare i risultati coerentemente con gli indici statistici, indicati dalla normativa vigente, per i quali sono stabiliti dal *D.M. 60 del 2002* i valori limite.

La *Centrale* di Candela è costituita da un gruppo turbogas con una turbina a vapore, dotata di un camino a valle del generatore di vapore a recupero (GVR). La sorgente emissiva puntuale della *Centrale* simulata è rappresentata quindi esclusivamente dal gruppo turbogas (di seguito TG).

Nello studio sono stati simulati i due seguenti scenari emissivi:

- *Scenario alla massima capacità produttiva*: rappresentativo dell'impianto al massimo carico inquinante;
- *Scenario reale*: rappresentativo dell'impianto in condizioni di reale esercizio.

Scenario alla massima capacità produttiva

Nello studio è stato simulato lo scenario emissivo rappresentativo dell'impianto alla massima capacità produttiva, come riportato dalla *Scheda B.7.2 dell'Autorizzazione Integrata Ambientale*.

La concentrazione nei fumi di NO_x e CO è stata rispettivamente considerata pari a 50 mg/Nm³ e 30 mg/Nm³ (fumi anidri a 15% di O₂) per tutte le 8.160 ore di esercizio annuo, previsto come funzionamento massimo della *Centrale*. In *Tabella 2.1a* sono indicati ubicazione e caratteristiche della sorgente emissiva simulata.

Tabella 2.1a Scenario Massima Capacità - Ubicazione e Caratteristiche Emissive TG

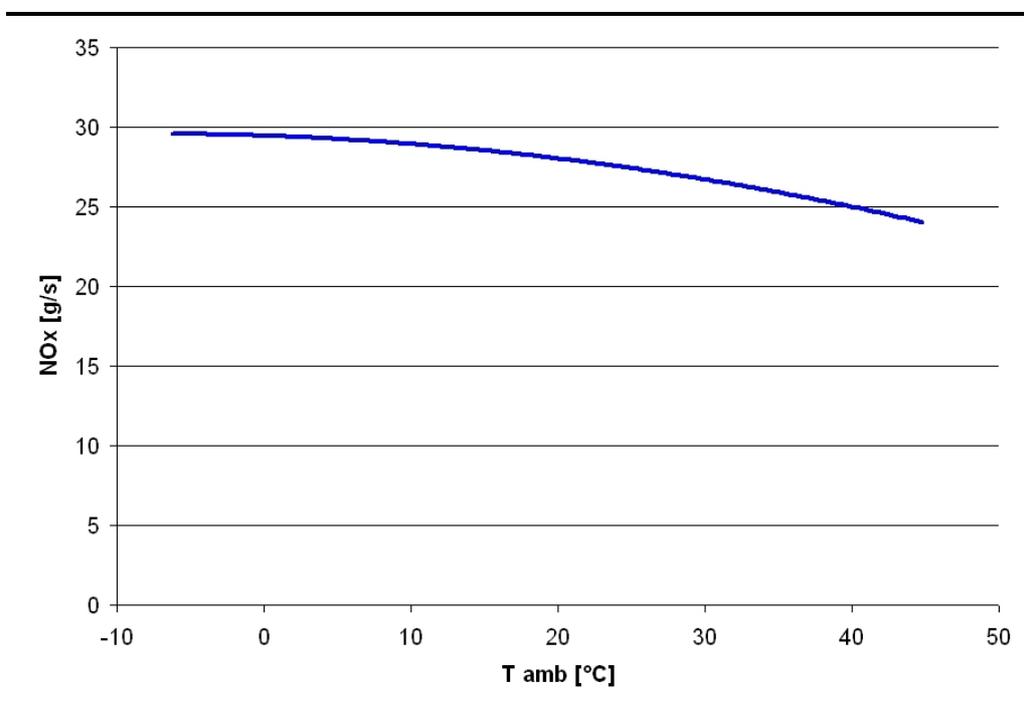
Sorgente	X UTM 33N [m]	Y UTM 33N [m]	Totale ore di funzionamento [h]	Altezza [m]	Diametro [m]	Velocità [m/s]	Temperatura [K]
TG	539916	4561228	8160	48	7,4	~ 15 *	~ 97 *

(*) Variabili in funzione della temperatura ambiente

Al fine di non sottostimare in alcuna situazione di esercizio le emissioni di NO_x e CO della *Centrale*, determinate sia dalla concentrazione di inquinanti che dalla portata volumetrica dei fumi in uscita dal camino, quest'ultima è stata calcolata su base oraria in funzione delle caratteristiche tecniche della turbina qui installata e della temperatura ambiente registrata presso il sito di *Centrale* (stazioni di monitoraggio meteorologico di Comes, Orta Nova). Operando in tal maniera si è quindi evitato di sottostimare le emissioni della *Centrale* nel periodo invernale, durante il quale la portata volumetrica dei fumi di combustione risulta maggiore, anche del 10%, rispetto ai periodi dell'anno caratterizzati da temperature maggiori.

A titolo esemplificativo di seguito in *Figura 2.1a* si riporta la curva, che interpolando i valori di portata massiva di NO_x (espressi in g/s) del turbogas, in funzione della temperatura ambiente, mostra la variazione del carico inquinante al variare della temperatura registrata nel sito.

Figura 2.1a Scenario Massima Capacità - Rateo Emissivo di NO_x del TG in Funzione della Temperatura Ambiente



Scenario reale

In *Tabella 2.1b* sono indicati ubicazione e caratteristiche fisiche delle sorgenti emissive simulate, oltre alle ore di funzionamento dell'impianto nell'anno 2007.

Tabella 2.1b Scenario Reale - Ubicazione e Caratteristiche Emissive TG

Sorgente	X UTM 33N [m]	Y UTM 33N [m]	Totale ore di funzionamento	Altezza [m]	Diametro [m]	Velocità [m/s]	Temperatura [°C]
TG	539916	4561228	7438	48	7,4	14,3	97,4

In *Tabella 2.1c* si riportano inoltre il rateo emissivo degli inquinanti oggetto dello studio, necessari come input al modello CALPUFF.

La portata massiva degli inquinanti considerati, rappresentativa dell'esercizio reale della *Centrale*, è stata calcolata dividendo il totale delle emissioni reali nell'anno 2007 (tonnellate di NO_x e CO) per le ore di effettivo esercizio.

Tabella 2.1c Scenario Reale - Ratei Emissivi TG

Sorgente	NO _x [g/s]	CO [g/s]
TG	11,3	0,5

Effetto Edificio Indotto dalle Strutture dell'Impianto

Il fenomeno, noto con il nome di "effetto edificio" oppure "building downwash", è rilevante in quanto è possibile che il pennacchio dei fumi emessi dal camino venga richiamato al suolo dalle turbolenze indotte dalla forza del vento sugli ostacoli, con una conseguente elevata concentrazione di inquinanti presso il suolo.

Se il pennacchio emesso subisce l'influenza idrodinamica dell'edificio vengono inseriti nel modello dei fattori correttivi che modificano i parametri di dispersione e innalzamento del pennacchio.

I risultati di molti esperimenti in galleria a vento hanno mostrato con precisione quale tipo di perturbazione ha luogo in presenza di edifici.

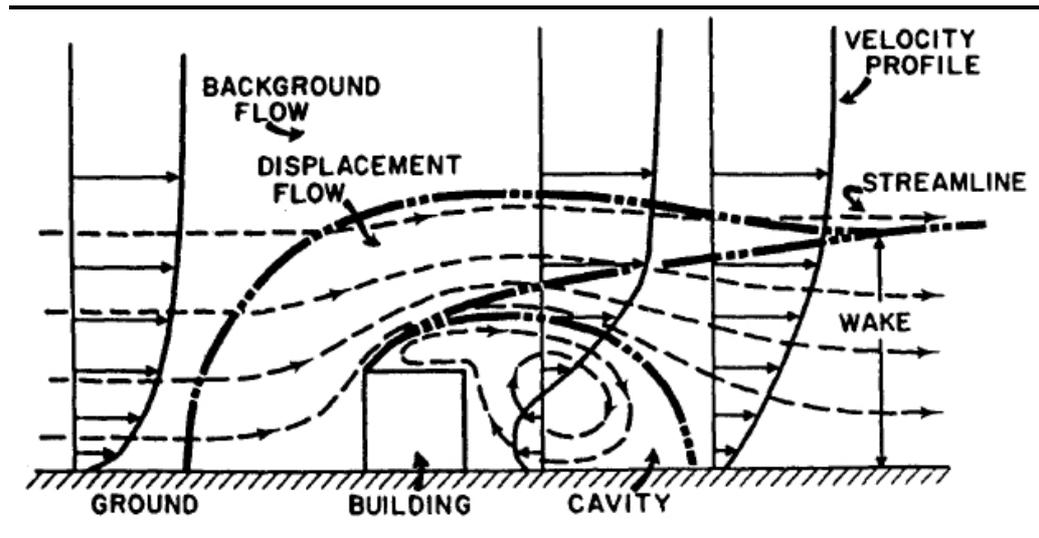
Se, per semplicità, si considera un edificio a forma di parallelepipedo, una visione complessiva di quello che si verifica è riassunta nella *Figura 2.1b*. Per prima cosa si deve sottolineare che, sopravvento all'edificio, il profilo verticale della velocità media del vento presenta normalmente il tipico andamento circa logaritmico con la quota.

L'orientamento dell'edificio sia tale per cui due facce del parallelepipedo siano perpendicolari al vento medio, una sopravvento e l'altra sottovento. Quello che si viene a creare è (Hanna e al., 1982):

- una *zona di stagnazione* in corrispondenza della faccia sopravvento dell'edificio che si estende dal suolo a circa 2/3 dell'altezza dell'edificio stesso;

- una *zona di ricircolazione* posta sulla sommità del parallelepipedo ed in corrispondenza delle facce laterali parallele alla direzione del vento;
- una zona immediatamente a valle della faccia sottovento che rappresenta una *cavità turbolenta* causata dalla scia dell'edificio dove si instaura una circolazione vorticoso in media stagnate;
- una *zona di scia turbolenta* dove sono localizzate le principali perturbazioni al flusso che però comincia a sottrarsi alla cavità e ricomincia a disporre sempre più in una situazione simile a quella imperturbata.

Figura 2.1b *Perturbazione del Flusso delle Masse d'Aria in Presenza di un Edificio (Fonte, APAT)*



Scopo della seguente analisi è di verificare se sussistono le condizioni per implementare l'opzione "building downwash" nell'esecuzione del codice di calcolo.

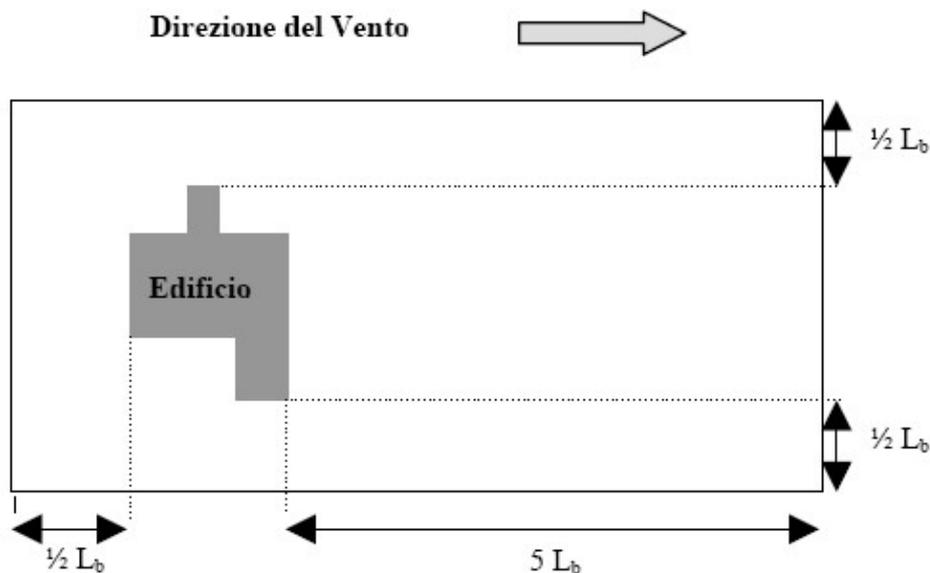
Al fine di valutare se un edificio è sufficientemente vicino ad una ciminiera tanto da generare *effetti di scia* si utilizza la relazione:

$$D \leq 5L_b \quad (2.1a)$$

dove D è la distanza che intercorre tra l'edificio e la ciminiera, mentre L_b è la minima tra l'altezza dell'edificio e la sua proiezione trasversale alla direzione del vento.

In definitiva si può escludere che un edificio possa generare effetto *building downwash* se la ciminiera non ricade all'interno del rettangolo costruito come proposto in Figura 2.1c attorno all'edificio (APAT, "La Micrometeorologia e la Dispersione degli Inquinanti").

Figura 2.1c Definizione del Rettangolo Critico di Influenza di un Edificio.



Se la condizione sopra proposta alla 2.1a non è verificata è impossibile escludere la presenza di possibili *effetti di scia*; per poterne quindi valutarne l'influenza si procede al calcolo dell'innalzamento del pennacchio all'equilibrio, usando differenti formulazioni e seconda delle condizioni di stabilità dell'atmosfera.

Una ciminiera posta all'interno del rettangolo critico non è praticamente influenzata dalla presenza dell'edificio se è soddisfatta la disequazione seguente:

$$H_e > H + 1,5L_b \quad (2.1b)$$

H_e = innalzamento del pennacchio all'equilibrio

H = altezza dell'edificio

L_b = è la minima tra l'altezza dell'edificio e la sua proiezione trasversale alla direzione del vento.

In caso contrario, il pennacchio emesso subisce l'influenza idrodinamica dell'edificio che viene normalmente modellizzato, soprattutto nei modelli Gaussiani a Plume, inserendo dei fattori correttivi che modificano i parametri di dispersione e innalzamento del pennacchio.

In ogni caso, si ammette che per camini medi l'effetto edificio sia trascurabile per velocità di uscita superiori a 5 volte la velocità del vento, mentre per grandi camini l'effetto è spesso trascurabile già per velocità di uscita pari a 1,5 volte la velocità del vento. Il valore esatto della minima velocità di uscita tale da garantire il non manifestarsi della condizione di downwash dipende dalle condizioni specifiche del sito, ma per un camino di grandi dimensioni un valore 2 volte la velocità del vento appare ragionevole (si veda *Guideline for*

Sulla base delle planimetrie e dei prospetti (Figure 2.1d - 2.1e) della Centrale, gli edifici che possono indurre un effetto "building downwash" sono:

- l'edificio turbine $h = 31,6$ m;
- l'edificio aerotermini $h = 25,5$ m.

Per poter escludere l'influenza dei suddetti edifici sul pennacchio emesso dal camino del GVR, quest'ultimo, applicando l'equazione 2.1a, dovrebbe trovarsi ad una distanza minima dagli edifici pari ad almeno cinque volte l'altezza degli edifici stessi.

Questo poiché le diverse proiezioni degli edifici trasversali alla direzione del vento sono per tutti i versi considerati più lunghe della quota dell'edificio, e quindi non sono utilizzati nell'applicazione della Equazione 2.1a.

Infatti, il camino GVR per non risentire dell'effetto scia dovrebbe distare almeno $5 \times 31,6 = 158$ m dall'edificio turbine e $5 \times 25,5 = 127,5$ m dall'edificio che ospita gli aerotermini; ciò non si realizza poiché in realtà il camino si trova in prossimità di entrambi (Figure 2.1d - 2.1e).

Lo step successivo ha impiegato l'Equazione 2.1b, la quale verifica se l'altezza effettiva del pennacchio (conservativamente fatta corrispondere alla sola altezza del camino) è superiore all'altezza degli edifici sommata ad una volta e mezza la minima tra l'altezza dell'edificio e la sua proiezione trasversale alla direzione del vento.

L'effetto "building downwash" si può quindi escludere qualora l'altezza del pennacchio sia maggiore di 2,5 volte l'altezza degli edifici. Considerando il basso dei due, la quota da superare è di $2,5 \times 25,5 = 63,5$ m.

Essendo il camino GVR alto 48 m, si sono inseriti in input al modello i dati geometrici relativi a entrambi gli edifici, in modo che possa valutare le perturbazioni create alla normale dispersione del pennacchio.

2.2

RISULTATI

Nei seguenti paragrafi sono riportati i risultati del codice di simulazione in termini di concentrazioni a livello del suolo di NO_x e CO.

Gli output generati dal modello sotto forma di matrici di valori georeferenziati sono stati elaborati con il software ARCMAP 9.1 (ESRI).

Il risultato di tale operazione è mostrato nelle successive Figure le quali riportano rispettivamente le mappe di isoconcentrazione al suolo per i diversi inquinanti considerati.

2.2.1

Ossidi di Azoto

Si precisa che nel presente studio si è scelto di simulare la dispersione in atmosfera degli ossidi di azoto nella loro totalità, per poi confrontare gli output del modello con i limiti imposti dal D.M. 60 del 2002 per il biossido di

azoto; tale approccio è conservativo poiché solo una parte degli NO_x emessi in atmosfera, principalmente in forma di monossido di azoto, si ossidano ulteriormente in NO₂.

L'efficacia di tale conversione dipende infatti da numerosi fattori, l'intensità della radiazione solare, la temperatura e la presenza di altri inquinanti quali l'ozono e alcuni idrocarburi.

I risultati delle modellazioni effettuate per gli NO_x sono riportati nelle seguenti *Figure*:

- *Figura 2.2.1a*: Scenario Massima Capacità Produttiva, Concentrazioni Medie Annue di NO_x [$\mu\text{g}/\text{m}^3$];
- *Figura 2.2.1b*: , Scenario Massima Capacità Produttiva, 99,8° Percentile delle Concentrazioni Medie Orarie di NO_x [$\mu\text{g}/\text{m}^3$];
- *Figura 2.2.1c*: Scenario Reale, Concentrazioni Medie Annue di NO_x [$\mu\text{g}/\text{m}^3$];
- *Figura 2.2.1d*: Scenario Reale, 99,8° Percentile delle Concentrazioni Medie Orarie di NO_x [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Nella *Tabella 2.2.1a* sono riportati, per entrambi gli scenari, i massimi valori registrati nel dominio di calcolo degli indici statistici riportati nelle *Figure* sopra citate.

Tabella 2.2.1a

NO_x - Massime Concentrazioni Calcolate dal Modello sul Dominio di Calcolo

Indice Statistico	Limite Normativo D.M. 60/02 per NO ₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Scenario Max Capacità Produttiva [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Scenario Reale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Concentrazione Media Annuale ⁽¹⁾	40	0,75	0,29
99,8° Percentile delle Concentrazioni Medie Orarie ⁽¹⁾	200	37,5	13,2

⁽¹⁾ Parametro indicato nel DM 60/2002 per la protezione della salute umana

Come si evince da un'analisi delle mappe e dei valori riportati nelle *Table* precedenti, le ricadute della Centrale *Edison* di Candela sono sempre al di sotto dei limiti imposti dalla normativa vigente sia nello scenario reale che in quello alla massima capacità produttiva.

Le aree interessate dalle maggiori ricadute si distribuiscono principalmente verso Est e verso Ovest. I massimi della media annua ricadono a est della Centrale a circa 8 km, mentre i massimi valori del 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie ricadono a ovest a circa 5 km.

In *Tabella 2.2.1b* si riportano i valori stimati dal modello presso le centraline di qualità dell'aria analizzate nel precedente §1.2.

Tabella 2.2.1b

NO_x - Concentrazione Media Annua e 99,8° Percentile delle Concentrazioni Medie Orarie Stimate dal Modello CALPUFF alle Centraline

Centralina	Scenario Max Capacità Produttiva		Scenario Reale	
	Media Annua [µg/m ³]	99,8° Percentile [µg/m ³]	Media Annua [µg/m ³]	99,8° Percentile [µg/m ³]
Comes	0,08	4,0	0,03	1,6
Scuola	0,15	6,1	0,06	2,6

Dai dati in *Tabella* appare come il contributo della *Centrale* alle centraline di qualità dell'aria, pur nelle condizioni conservative adottate per le simulazioni, sia modesto; il massimo valore del 99,8° percentile nello scenario alla massima capacità produttiva è infatti pari a 6,1 µg/m³ contro un limite di 200 µg/m³ e la massima concentrazione media annua è pari a 0,15 µg/m³ contro un valore limite di 40 µg/m³ per la protezione della salute umana.

2.2.2

Monossido di Carbonio

I risultati delle modellazioni effettuate per il CO sono riportati nelle seguenti *Figure*:

- *Figura 2.2.2a*: Scenario Massima Capacità Produttiva, Massimo delle Concentrazioni Medie Mobili sulle 8 Ore [µg/m³];
- *Figura 2.2.2b*: Scenario Reale, Massimo delle Concentrazioni Medie Mobili sulle 8 Ore [µg/m³];

Nella *Tabella 2.2.2a* seguente si riportano i valori massimi della media mobile sulle 8 ore di CO riscontrati nel dominio di calcolo.

Tabella 2.2.2a

CO, Massima Concentrazione Media Mobile su 8 Ore nei due Scenari Considerati

Indice Statistico	Limite Normativo D.M. 60/02 per CO	Scenario Max Capacità Produttiva	Scenario Reale
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
Massima media mobile su 8 ore di CO	10000	17,13	0,56

Il massimo valore sul dominio della media mobile calcolata su 8 ore di CO risulta inferiore di tre ordini di grandezza al limite normativo e si verifica a Nord Ovest dei punti di emissione.

In *Tabella 2.2.2b* si riportano i valori stimati dal modello presso le centraline di qualità dell'aria analizzate nel precedente §1.2.

Tabella 2.2.2b

CO - Massima Concentrazione Media Mobile sulle 8 Ore Calcolate dal Modello CALPUFF presso le Centraline di Qualità dell'Aria

Centralina	Scenario Max Capacità Produttiva [µg/m³]	Scenario Reale [µg/m³]
Comes	1,5	0,05
Scuola	3,1	0,11

Il limite previsto dal DM 60/2002 come massima media mobile sulle 8 ore è pari a 10000 µg/m³

Le massime concentrazioni medie sulle 8 ore stimate dal modello per entrambi gli scenari alle centraline sono sempre ampiamente inferiori al limite previsto dal DM 60/2002 per questo parametro.

Le simulazioni effettuate, pur nelle condizioni conservative in cui sono state eseguite, hanno permesso di evidenziare che non si verifica alcun superamento dei limiti di legge stabiliti dal *D.M. 60 del 2002* per tutti gli inquinanti considerati su tutto il dominio di calcolo.

Si precisa che la scelta di simulare la dispersione in atmosfera degli ossidi di azoto nella loro totalità, per poi confrontare gli output del modello con i limiti imposti dal *D.M. 60 del 2002* per il biossido di azoto, è conservativa poiché solo una parte degli NO_x emessi in atmosfera, principalmente in forma di monossido di azoto, si ossidano ulteriormente in NO_2 . L'efficacia di tale conversione dipende da numerosi fattori: l'intensità della radiazione solare, la temperatura e la presenza di altri inquinanti quali l'ozono e alcuni idrocarburi.

Per quanto riguarda gli NO_x i valori massimi per la concentrazione media annua stimati dal modello sul dominio di calcolo sono pari a 0,29 e 0,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per lo *scenario reale* e alla *massima capacità produttiva* rispettivamente a fronte di un limite di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dal *DM 60/2002*. Il 99,8° Percentile delle concentrazioni medie orarie massimo sul dominio di calcolo stimato dal modello è 13,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per lo *scenario reale* e 37,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per lo *scenario alla massima capacità produttiva*; entrambi i valori sono ampiamente al disotto del limite di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ imposto dal *DM 60/2002*.

Nessuna criticità è stata evidenziata per il CO. I valori massimi stimati sul dominio di calcolo sono infatti di alcuni ordini di grandezza sotto al limite di 10 mg/m^3 indicato dal *DM 60/2002* per la protezione della salute umana.