

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

I N D I C E

1	INTRODUZIONE	3
2	STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	4
2.1	QUADRO NORMATIVO.....	4
2.2	ANALISI DEI DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA DISPONIBILI.....	9
2.2.1	Rete Endesa.....	10
2.2.2	Rete ARPA	11
2.2.3	Analisi dei Dati di Qualità dell'Aria	11
2.2.3.1	<i>Ossidi di Azoto</i>	12
2.2.3.2	<i>Biossido di Zolfo</i>	15
2.2.3.3	Polveri Fini – PM10	21
2.2.3.4	Ozono	25
2.2.4	Campagna di Biomonitoraggio	29
3	VALUTAZIONE DELLA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA	33
3.1	DOMINIO DI CALCOLO	34
3.2	DATI METEOROLOGICI UTILIZZATI.....	35
3.2.1	Altezza dello strato di miscelamento.....	35
3.2.2	Casi di brezza	36
3.3	CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI	37
3.4	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	38
3.5	FASE DI POST-PROCESSING.....	40
3.6	ANALISI DEI RISULTATI E CONFRONTO CON I LIMITI DI LEGGE.....	42
3.6.1	Ossidi di Azoto	42
3.6.2	Biossido di Zolfo	47
3.6.3	Polveri Totali Sospese	50
3.6.4	PM ₁₀	50
3.6.5	Risultati delle Simulazioni di specifiche situazioni	51
4	CONFRONTO CON SQA	60
5	CONCLUSIONI	62
6	BIBLIOGRAFIA	63

1 INTRODUZIONE

Nel presente documento sono esaminati gli elementi che concorrono all'identificazione ed alla quantificazione degli effetti delle emissioni in aria dell'impianto, allo scopo di pervenire alla formulazione di un giudizio di valutazione dell'impatto sulla componente "Atmosfera" ed al confronto dei conseguenti livelli di inquinamento con gli Standard di Qualità Ambientale (SQA).

La proposta impiantistica oggetto di valutazione, corrisponde alla "Situazione futura" di cui allo Studio di Impatto Ambientale relativo alla trasformazione in ciclo combinato della sezione 4, che prevede l'esercizio delle sezioni n. 1 e 2 alimentate a carbone e provviste di impianto di desolforazione, la sezione 3 dismessa e la sezione 4 trasformata in ciclo combinato. In tale configurazione la potenza elettrica lorda della Centrale è pari a circa 1136 MW, a fronte di una potenza termica di 2.280 MW.

Nel capitolo 2 viene presentato il quadro normativo vigente ed effettuata la caratterizzazione della zona dove l'impianto risulta ubicato, analizzando le informazioni disponibili relative allo stato della qualità dell'aria.

Nel capitolo 3 sono descritti il modello di calcolo utilizzato, i dati di input ed i risultati ottenuti, che vengono analizzati con riferimento ai limite di legge.

Nel capitolo 4 si riporta il confronto degli effetti dell'impianto sulla componente "Atmosfera" con gli SQA unitamente ad un giudizio sul grado di soddisfazione da parte del gestore dell'impianto.

Seguono le osservazioni conclusive (capitolo 5) ed i riferimenti bibliografici (capitolo 6), che nel testo sono richiamati tra parentesi quadre "[]".

2 STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La qualità dell'aria nel comprensorio di interesse è il risultato della sovrapposizione dei contributi alle concentrazioni degli inquinanti al suolo derivanti dalle emissioni delle sorgenti presenti e dai processi di trasformazione e dispersione atmosferica cui tali emissioni vanno incontro. Questi processi incidono in misura diversa in relazione alle caratteristiche chimico-fisiche ed alla distribuzione spaziale delle sorgenti.

L'approccio tenuto nel seguito per la valutazione degli effetti sulla qualità dell'aria dell'impianto si basa sull'analisi dello stato di fatto dell'ambiente atmosferico in relazione ai principali inquinanti così come risulta dai dati sperimentali e sulla valutazione del contributo derivante dall'assetto emissivo dell'impianti stesso.

2.1 QUADRO NORMATIVO

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: PM_{10} (frazione inalabile delle particelle sospese), Benzene e IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici).

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, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle ed il piombo e la *Direttiva 2000/69/CE* relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed 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 piombo, al monossido di carbonio ed al benzene, 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 macroscala, 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, Ossidi d'Azoto, Materiale Particolato (PM₁₀), Piombo, Benzene 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 *D.Lgs 183 del 21/05/2004* ha recepito la *Direttiva 2002/3/CE* relativa all'ozono nell'aria. Con tale Decreto vengono abrogate tutte le precedenti disposizioni concernenti l'ozono e vengono fissati i nuovi limiti.

Si segnala che, nonostante la recente emissione del testo unico sull'ambiente D.Lgs. n.152 del 3 aprile 2006, il quadro normativo rimane invariato in quanto il suddetto decreto non modifica i limiti di riferimento della qualità dell'aria.

Infine, da una verifica con la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia è emerso che la stessa non ha ancora redatto un Piano di Risanamento e di Tutela della Qualità dell'Aria, sebbene si stia predisponendo a farlo.

Nella tabella 2/1 sono riportati i riferimenti di legge attualmente vigenti e la data della loro abrogazione prevista dal D.M. 60 del 2 Aprile 2002.

Nelle Tabelle 2/2, 2/3, 2/4 e 2/5 sono riportati i valori normativi attualmente vigenti; i nuovi limiti sono riportati nella Tabella 2/6 unitamente ai criteri per la protezione degli ecosistemi o della vegetazione contenuti nell'*Allegato IX del DM 60*. Infine, in Tabella

2/7 è riportato il numero minimo di punti di campionamento per la protezione degli ecosistemi e della vegetazione.

Sostanza	Valore Limite Vigente	Entrata in vigore dei limiti del DM 60/2002
Biossido di Zolfo (SO ₂)	DM 60/2002	
Biossido di Azoto (NO ₂)	DM 60/2002 (applicazione graduale)	01/01/2010
Particelle Totali Sospese PM ₁₀	DPCM 30/1983	Il DM 60/2002 prevede limiti esclusivamente per il PM ₁₀
Piombo (Pb)	Fase I DM 60/2002	Fase II DM 60/2002: 01/01/2010
Monossido di Carbonio (CO)	DM 60/2002	
Benzene	DPCM 30/1983 (prevede un limite sugli idrocarburi totali)	01/01/2010

Tabella 2/1 Riferimenti Normativi e Data della Abrogazione dei Limiti da Essi Fissati come Previsto dal DM 60 del 2 Aprile 2002.

Sostanza	Standard - Valore Limite di Qualità dell'Aria	Normativa
Biossido di Zolfo (SO ₂)	125 µg/m ³ • concentrazione su 24 ore da non superare più di 3 volte all'anno	DM 60/2002
	350 µg/m ³ • concentrazione oraria da non superare più di 24 volte all'anno	
Particelle Totali Sospese	150 µg/m ³ • media aritmetica annuale (1 aprile - 31 marzo) delle concentrazioni medie di 24 ore	DPCM 30/1983
	300 µg/m ³ • 95°percentile annuale delle concentrazioni medie di 24 ore	
PM ₁₀	40 µg/m ³ • concentrazione media annuale	DM 60/2002 – FASE I
	50 µg/m ³ • concentrazione su 24 ore da non superare più di 35 volte all'anno	
Biossido di Azoto (NO ₂)	200 µg/m ³ • Concentrazione oraria da non superare più di 18 volte all'anno	DM 60/2002 (dal 2010)
	40 µg/m ³ • Concentrazione media annuale	
	400 µg/m ³ • Livello di allarme (definito per 3 ore consecutive in un'area uguale o superiore a 100 km ² o l'intero agglomerato se inferiore a 100 km ²)	
Monossido di Carbonio (CO)	10 mg/m ³ • media massima giornaliera su 8 ore	DM 60/2002
Piombo (Pb)	0,5 µg/m ³ • concentrazione media annuale	DM 60/2002
Fluoro (F)	20 µg/m ³ • concentrazione media di 24 ore dalle 0 alle 24 ore	DPCM 30/1983
	10 µg/m ³ • media mensile delle concentrazioni medie di 24 ore	
HC Totali* (escluso metano)	200 µg/m ³ • concentrazione media di 3 ore consecutive in periodi del giorno secondo parere dell'Autorità Regionale	DPCM 30/1983

Note: per valori limite di qualità dell'aria si intendono i limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e i limiti massimi di esposizione, relativi ad inquinanti nell'ambiente esterno, destinati a proteggere in particolare la salute umana.

* da adottarsi in caso di superamento significativo dello standard dell'ozono

Tabella 2/2 Standard di Qualità dell'Aria (escluso Ozono)

Sostanza	Livelli di Attenzione	Livelli di Allarme	Parametro Statistico	Normativa
Particelle Totali Sospese	90 µg/m ³	180 µg/m ³	• Media giornaliera	DGR (Lombardia) 11/10/2000 n. 7/1529
PM ₁₀	50 µg/m ³ ⁽¹⁾	75 µg/m ³ ⁽²⁾	• Media giornaliera per 7 giorni consecutivi	⁽¹⁾ DGR (Lombardia) 28/10/2002 n. 7/10863 ⁽²⁾ DGR (Lombardia) 11/10/2000 n. 7/1529
Ozono (O ₃)	180** µg/m ³	240 µg/m ³	• Media oraria	D.Lgs. 183/2004
SO ₂	130 µg/m ³ ⁽¹⁾	500* µg/m ³ ⁽²⁾	• Valore misurato su 3 ore consecutive	⁽¹⁾ DGR (Lombardia) 28/10/2002 n. 7/10863 ⁽²⁾ DM 60/2002

Note:

* ai sensi del DM 60/2002 la misura deve riferirsi ad un'area uguale o superiore a 100 km² o all'intero agglomerato se inferiore a 100 km²

Tabella 2/3 Livelli di Attenzione e Allarme nelle Aree Urbane (i valori relativi alla normativa della regione Lombardia sono riportati come valori indicativi di riferimento)

Sostanza	Limite di Qualità dell'Aria per la Protezione della Salute	Normativa
Ozono (O ₃)	120* µg/m ³ • media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	D.Lgs. 183/2004
Ozono (O ₃)	180** µg/m ³ 240*** µg/m ³ • media oraria	D.Lgs. 183/2004
Ozono (O ₃)	40**** µg/m ³ • concentrazione annuale	D.Lgs. 183/2004

Note

* Protezione della salute umana

** Soglia di Informazione

*** Soglia di Allarme

**** Protezione dei beni materiali

Tabella 2/4 Livelli di Concentrazione di Ozono

Obiettivi	Valori Bersaglio al 2010	Obiettivi a Lungo Termine	Normativa
Protezione della salute	120 µg/m ³	media massima giornaliera su 8 ore da non superare per più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni	120 µg/m ³ media massima giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno civile
Protezione della vegetazione	18.000 µg/(m ³ h)	(AOT40* calcolato sulla base di un'ora tra maggio e luglio)	6.000 µg/(m ³ h) AOT40* calcolato sulla base di un'ora tra maggio e luglio

Note: * AOT40: somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (uguale a 40 parti per miliardo) e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori di 1 ora rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa Centrale

Tabella 2/5 Valori Bersaglio e Obiettivi a Lungo Termine per l'Ozono

Sostanza	Valore limite di Qualità dell'Aria	Entrata in Vigore	
NO ₂	200 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> Concentrazione oraria da non superare più di 18 volte all'anno 	01/01/2010
	40 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> Concentrazione media annuale 	01/01/2010
	400 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> Livello di allarme (definito per 3 ore consecutive in un'area uguale o superiore a 100 km² o l'intero agglomerato se inferiore a 100 km²) 	01/01/2010
NO _x	30 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> Concentrazione annuale per la protezione della vegetazione (NO+NO₂) (da rispettare a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da altre aree edificate o impianti industriali o autostrade) 	19/07/2001
SO ₂	125 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> concentrazione su 24 ore da non superare più di 3 volte all'anno 	01/01/2005
	350 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> concentrazione oraria da non superare più di 24 volte al anno 	01/01/2005
	500 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> livello di allarme (definito per 3 ore consecutive in un'area uguale o superiore a 100 km² o all'intero agglomerato se inferiore a 100 km²) 	01/01/2005
	20 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> Valore limite per la protezione degli ecosistemi (concentrazione media annuale) 	19/07/2001
PM ₁₀ FASE I	40 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> Concentrazione media annuale 	01/01/2005
	50 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> Concentrazione su 24 ore da non superare più di 35 volte all'anno 	01/01/2005
PM ₁₀ FASE II*	20 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> Concentrazione media annuale 	01/01/2010
	50 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> Concentrazione su 24 ore da non superare più di 7 volte all'anno 	01/01/2010
Pb	0,5 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> Concentrazione media annuale 	01/01/2005 (01/01/2010 presso le aree industriali)
Benzene	5 µg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> Concentrazione media annuale 	01/01/2010
CO	10 mg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> Media massima giornaliera su 8 ore 	01/01/2005

(1) * Valori limite indicativi da rivedere con successivo decreto

Tabella 2/6 Valori Limite di Qualità dell'Aria del DM 60 del 2 Aprile 2002 (Recepimento Direttiva 99/30/CE del 22/04/1999 e Direttiva 00/69/CE del 16/11/2000)

Se i livelli superano la soglia di valutazione superiore	Se i livelli si situano tra le soglie di valutazione superiore ed inferiore
1 punto di campionamento per 20.000 km ²	1 punto di campionamento per 40.000 km ²

Tabella 2/7 Numero Minimo di Punti di Campionamento per la Protezione degli Ecosistemi o della Vegetazione (Allegato IX del DM 60/2002).

2.2 ANALISI DEI DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA DISPONIBILI

Lo stato attuale della qualità dell'aria nel comprensorio d'interesse è ben descritto dai rilevamenti effettuati nelle stazioni descritte nel seguito, facenti parte di due differenti Reti di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA):

- Rete Endesa;
- Rete ARPA.

In figura 2/1 sono indicate le postazioni di misura per il rilevamento degli inquinanti atmosferici considerate nel presente studio, unitamente ai confini del dominio di indagine considerato nel presente studio.

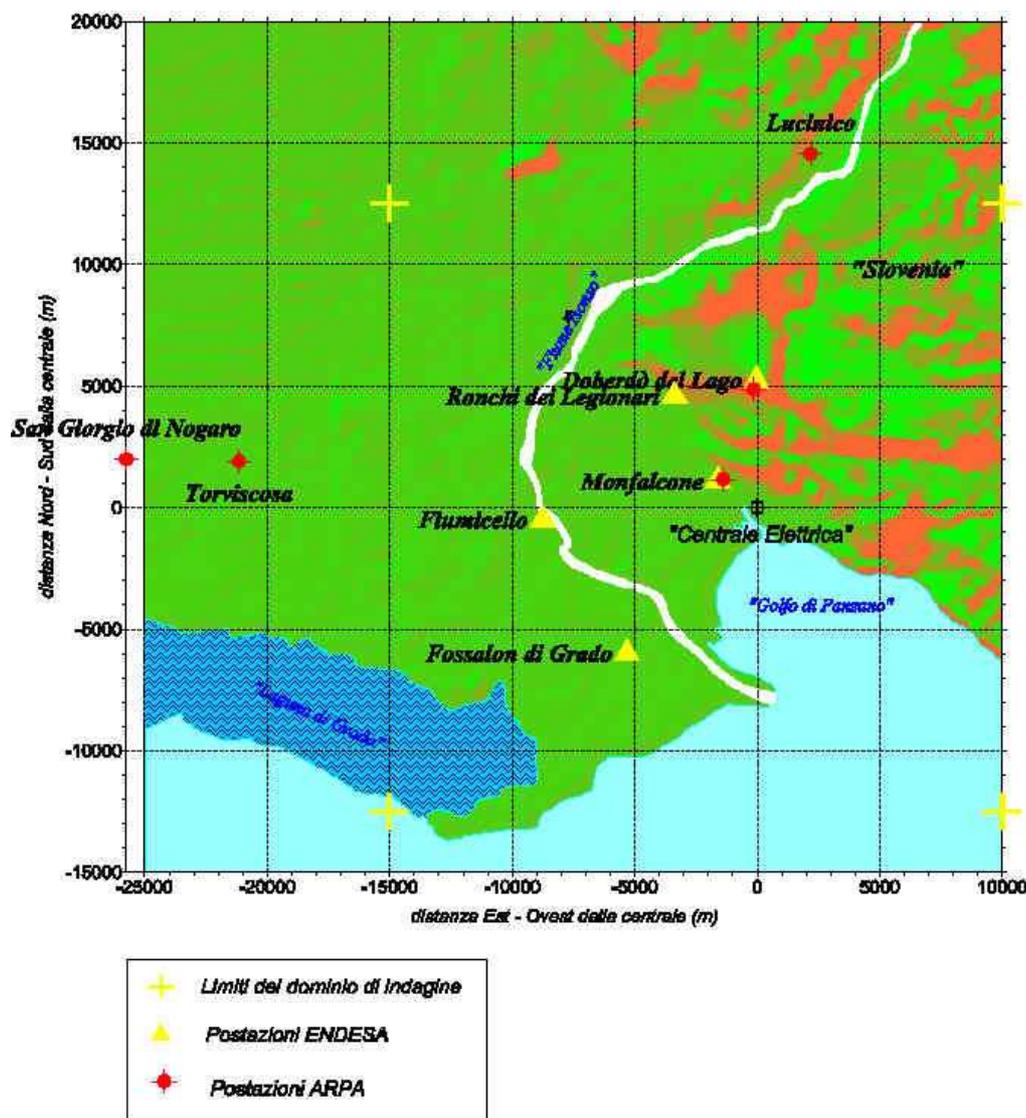


Figura 2/1 Ubicazione delle Postazioni delle Reti Endesa e Arpa di Rilevamento della Qualità dell'Aria

2.2.1 Rete Endesa

La rete è costituita da 5 postazioni chimiche e da 1 postazione meteorologica, la cui dotazione strumentale è riportata nella tabella 2/8.

Sigla	Postazioni Località	Parametri rilevati			
		SO ₂	Polveri	NO _x ⁽¹⁾	Meteo
MF 01	Monfalcone	♦	♦	♦	
MF 02	Papariano Di Fiumicello	♦	♦	♦	
MF 03	Doberdo' del Lago	♦	♦	♦	
MF 04	Fossalon di Grado	♦	♦	♦	
MF 05	Ronchi Dei Legionari	♦	♦	♦	
Meteo	Centrale di Monfalcone				♦

Note:

1) Gli analizzatori di NO_x sono presenti dal gennaio 1998.

Tabella 2/8 Stazioni RRQA della Centrale di Monfalcone

Queste postazioni sono situate in generale in zone rurali circondate da campi coltivati nelle immediate vicinanze di abitazioni residenziali, tranne la postazione di Monfalcone che è situata in zona periferica ma ancora densamente abitata.

La stazione di Doberdò è disposta sul crinale Sud del secondo contrafforte dei rilievi carsici prospicienti Ronchi dei Legionari. In relazione alle possibili influenze di sorgenti diverse va rilevato che la postazione di Ronchi è situata poco a lato della statale per Gorizia.

Gli strumenti nelle centraline della Rete Endesa sono stati recentemente sostituiti con nuovi modelli, al fine di garantire una migliore qualità delle misure e, conseguentemente, dei dati che da esse risultano. In particolare, dall'11 ottobre 2005, i misuratori di particolato aerodisperso (APT – raggi β) sono stati sostituiti con dei misuratori di polveri fini (PT₁₀ - gravimetrico), conformemente a quanto prescritto dal DM 60/2002.

È stato inoltre implementato il sistema di gestione delle cabine mediante:

- utilizzo di un sistema GPRS di comunicazione, tale da permettere una maggiore velocità nella trasmissione dei dati al terminale;
- installazione a livello societario di un moderno sistema di acquisizione ed elaborazione dati che consenta la validazione degli stessi e la loro accessibilità a diversi livelli di sicurezza in maniera distribuita ed unificata per tutti gli impianti;
- l'adozione di cabine di maggiori dimensioni e dotate di un maggior numero di rack, onde consentire l'installazione di ulteriori campionatori qualora ciò si rendesse necessario.

I dati orari di SO₂ e Polveri della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria di Monfalcone sono stati analizzati per il periodo 1996 - 2005, mentre quelli di NO₂ nel periodo 1998 - 2005.

2.2.2 Rete ARPA

Poiché all'interno dell'area di indagine le uniche postazioni di misura disponibili nell'ambito della rete di rilevamento della qualità dell'aria regionale risultano essere Doberdò e Monfalcone, l'analisi è stata estesa prendendo in esame anche le postazioni della Rete Regionale nelle Province di Gorizia e Udine, limitrofe al dominio in studio.

Pertanto, oltre alle due citate, le postazioni considerate sono: Lucinico (GO), ubicata a Nord del dominio a circa 15 km dalla *Centrale* di Monfalcone; Stazioni di Torviscosa e di San Giorgio di Nogaro (UD), entrambe ubicate ad Ovest del dominio rispettivamente a circa 21 e 26 km dalla *Centrale*.

Le serie di dati disponibili per le cinque postazioni regionali, coprono anni diversi all'interno dell'intervallo temporale 1999-2005.

Nella tabella 2/9 è riportata la classificazione delle postazioni di misura prese in esame, come indicata in [1].

Sigla postazione	Tipo zona (1)	Tipo stazione	Tipologia stazione	Quota (s.l.m.)
Doberdò	-	-	Extraurbana	110 m
Lucinico	S	B	Extraurbana	56 m
Monfalcone	-	-	Urbana	-
Torviscosa	S	I	Industriale	14 m
San Giorgio di Nogaro	S	I	Industriale	6 m

Note:

1) caratteristica dominante del territorio in cui è sita la stazione U-urbana, S-suburbana, R-rurale

2) tipologia della stazione è determinata dalle caratteristiche delle fonti di emissione: T-traffico, I-industriale, B-fondo (background)

Tabella 2/9 Postazioni esaminate appartenenti alla Rete QA della Regione Friuli Venezia Giulia

2.2.3 Analisi dei Dati di Qualità dell'Aria

Nel seguito sono analizzati i dati provenienti dalle stazioni delle due Reti di Rilevamento precedentemente menzionate per ognuno degli inquinanti considerati. Il periodo temporale effettivamente analizzato va dal 1999 al 2005, allo scopo di effettuare un confronto tra i dati rilevati nelle stazioni delle due Reti di Rilevamento considerate.

2.2.3.1 Ossidi di Azoto

In riferimento a tali inquinanti il *DM 60/2002* prevede limiti alle concentrazioni nell'aria ambiente sia per la protezione della salute umana (valore limite di NO₂ del valore orario da non superare più di 18 volte per anno e della media annuale), sia per la protezione degli ecosistemi (valore limite di NO_x della media annuale).

La disponibilità di dati orari validi per gli Ossidi di Azoto nelle postazioni delle Reti di Rilevamento considerate è mostrata nelle tabelle 2/10 e 2/11.

NO ₂ : dati orari validi							
Anni	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Doberdò	43,15%	45,68%	34,10%	30,51%	52,02%	n.d.	n.d.
Lucinico	n.d.	n.d.	n.d.	10,42%	93,84%	91,66%	94,75%
Monfalcone	n.d.	n.d.	n.d.	8,60%	95,41%	89,87%	93,05%
Torviscosa	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	70,02%	87,13%	93,52%
San Giorgio di Nogaro	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	48,39%	95,46%
NO _x : dati orari validi							
Anni	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Doberdò	n.d.	n.d.	n.d.	11,91%	52,02%	n.d.	n.d.
Lucinico	n.d.	n.d.	n.d.	10,42%	93,89%	n.d.	n.d.
Monfalcone	n.d.	n.d.	n.d.	9,28%	96,22%	n.d.	n.d.
Torviscosa	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	70,25%	87,16%	n.d.
San Giorgio di Nogaro	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	48,39%	n.d.

Tabella 2/10 Ossidi di Azoto – Dati Orari Validi – Rete ARPA

NO ₂ : dati orari validi							
Anni	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Monfalcone	92%	88%	83%	86%	98%	98%	92%
Fiumicello	84%	68%	73%	64%	91%	94%	95%
Doberdò	86%	89%	87%	91%	98%	97%	96%
Fossalon di Grado	78%	62%	57%	53%	93%	97%	89%
Ronchi dei Legionari	90%	80%	80%	66%	86%	92%	96%
NO _x : dati orari validi							
Anni	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Monfalcone	93%	90%	85%	89%	98%	98%	94%
Fiumicello	87%	71%	75%	67%	92%	93%	95%
Doberdò	89%	90%	88%	92%	98%	96%	96%
Fossalon di Grado	82%	70%	65%	59%	94%	98%	89%
Ronchi dei Legionari	91%	82%	82%	69%	86%	92%	96%

Tabella 2/11 Ossidi di Azoto – Percentuale Dati Orari Validi – Rete Endesa

Per quanto riguarda le postazioni della Rete ARPA, i criteri secondo i quali eseguire il calcolo dei parametri statistici, cioè la disponibilità di serie orarie con almeno il 90% dei dati, sono soddisfatti per l'anno 2003 per le postazioni di Lucinico e Monfalcone, mentre nel 2005 tutte le centraline ARPA, ad eccezione di quella di Doberdò, rispondono ai requisiti richiesti.

I dati provenienti dalle centraline della Rete Endesa rispettano invece i criteri di validità imposti dal DM 60/2002 relativamente alla disponibilità di dati necessari all'analisi statistica ad eccezione di Fossaloni di Grado nell'anno 2005 (89%). Nelle seguenti tabelle 2/12 e 2/13 sono riportati i parametri statistici calcolati per gli Ossidi di Azoto (NO_2 ed NO_x) registrati dalle postazioni delle due Reti di Rilevamento:

Parametro	Concentrazione Rilevata ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					Riferimenti Normativi DM n. 60 02/04/02 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Doberdò	Lucinico	Monfalcone	Torviscosa	San Giorgio di Nogaro	limite finale e data di raggiungimento	limite + margine di tolleranza al 1 gennaio
NO_2 : Valore orario superato più di 18 volte per anno civile							
1999	[38]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2000	[23]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		300
2001	[197]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		290
2002	[61]	[97]	[55]	n.d.	n.d.	200 al 01/01/2010	280
2003	[65]	149	118	[82]	n.d.		270
2004	n.d.	164	162	99	103		260
2005	n.d.	138	90	84	107		250
NO_2 : Media annuale							
1999	[17]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2000	[8]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		60
2001	[6]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		58
2002	[13]	[26]	[15]	n.d.	n.d.	40 al 01/01/2010	56
2003	[9]	37	16	[22]	n.d.		54
2004	n.d.	39	24	22	26		52
2005	n.d.	31	20	20	28		50
NO_x : Media annuale (protezione vegetazione)							
1999	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2000	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2001	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2002	[15]	[61]	[32]	n.d.	n.d.	30 al 19/07/2001	-
2003	[11]	44	33	[31]	n.d.		
2004	n.d.	n.d.	n.d.	33,5	44,1		
2005	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		

Legenda: i valori tra parentesi sono riferiti a serie di dati che non soddisfano la condizione di numerosità minima richiesta dal DM 60/02 – Allegato X

Tabella 2/12 NO_2/NO_x Postazioni Rete ARPA – Valori di Concentrazione Rilevata e Confronto con i Valori Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Parametro	Concentrazione Rilevata ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					Riferimenti Normativi DM n. 60 02/04/02 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Monfalcone	Fiumicello	Doberdo' dei Lago	Fossalon di Grado	Ronchi dei Legonari	limite finale e data di raggiungimento	limite + margine di tolleranza al 1 gennaio
NO₂: 98° percentile delle medie orarie							
1.1.98 - 31.12.98	81	77	44	55	76		
1.1.99 - 31.12.99	65	45	43	30	69		
1.1.00 - 31.12.00	54	40	58	20	45		
1.1.01 - 31.12.01	66	35	36	18	71		
1.1.02 - 31.12.02	50	36	40	24	42	200	
1.1.03 - 31.12.03	46	31	44	22	55		-
1.1.04 - 31.12.04	65	52	65	30	39		
1.1.05 - 31.12.05	53	44	39	[23]	43		
NO₂: Valore orario superato più di 18 volte per anno civile							
1.1.98 - 31.12.98	148	112	85	84	116		
1.1.99 - 31.12.99	90	62	66	52	134		
1.1.00 - 31.12.00	78	61	95	38	71		300
1.1.01 - 31.12.01	104	50	54	36	132	200	290
1.1.02 - 31.12.02	78	55	60	36	61	al 01/01/2010	280
1.1.03 - 31.12.03	69	49	85	36	229		270
1.1.04 - 31.12.04	122	86	127	67	89		260
1.1.05 - 31.12.05	81	60	57	[39]	64		250
NO₂ : Media annuale							
1.1.98 - 31.12.98	25	22	10	13	23		
1.1.99 - 31.12.99	19	12	10	7.9	19		
1.1.00 - 31.12.00	14	12	16	5.4	12		60
1.1.01 - 31.12.01	15	9.3	6.8	5.0	12	40	58
1.1.02 - 31.12.02	14	8.7	10	5.3	11	al 01/01/2010	56
1.1.03 - 31.12.03	8	5	11	4	10		54
1.1.04 - 31.12.04	18	10	10	4	8		52
1.1.05 - 31.12.05	9.4	7.4	7.3	[4.1]	8.7		50
NO_x : Media annuale							
1.1.98 - 31.12.98	44	35	13	18	35		
1.1.99 - 31.12.99	36	21	18	14	33		
1.1.00 - 31.12.00	31	21	19	10	23		
1.1.01 - 31.12.01	29	17	13	8.7	25		
1.1.02 - 31.12.02	24	17	14	9.4	24	30	-
1.1.03 - 31.12.03	17	11	13	6.7	18	al 19/07/2001	
1.1.04 - 31.12.04	32	18	12	8	16		
1.1.05 - 31.12.05	19.6	12.4	9.6	[7.9]	17.2		

 Tabella 2/13 NO₂/NO_x Postazioni Rete Endesa – Valori di Concentrazione Rilevata e Confronto con i Valori Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Il confronto tra i valori degli indici statistici risultanti nella stazione di Monfalcone per l'anno 2003 (l'unica postazione della Rete Regionale che soddisfa i criteri previsti dal Decreto vigente) evidenzia le seguenti caratteristiche:

- il valore orario di NO₂ superato per più di 18 volte l'anno di Monfalcone è pari a 118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa;
- la media annuale di NO₂ di Monfalcone assume il valore di 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa;

- la media annuale di NO_x di Monfalcone assume il valore di 33 µg/m³ nella postazione della Rete Regionale e di 17 µg/m³ nella postazione Endesa.

Il confronto tra i valori registrati dalle centraline delle due reti di monitoraggio nel 2004, malgrado la relativa scarsità di dati registrati dalle centraline della Rete ARPA (insufficienti, come detto precedentemente, a soddisfare i criteri di validità imposti dal DM 60/2002 relativamente alle percentuali minime di dati validi necessari ad un'analisi statistica degli stessi), porta alle seguenti conclusioni:

- il valore orario di NO₂ superato per più di 18 volte l'anno di Monfalcone è pari a 162 µg/m³ nella postazione della Rete Regionale e di 122 µg/m³ nella postazione Endesa;
- la media annuale di NO₂ di Monfalcone assume il valore di 24 µg/m³ nella postazione della Rete Regionale e di 18 µg/m³ nella postazione Endesa;
- la media annuale di NO_x di Monfalcone assume il valore di 32 µg/m³ nella postazione Endesa, il dato non è però disponibile presso la rete ARPA.

Per quello che riguarda il 2005 il confronto fra le due reti evidenzia quanto di seguito riportato:

- il valore orario di NO₂ superato per più di 18 volte l'anno di Monfalcone è pari a 90 µg/m³ nella postazione della Rete Regionale e di 81 µg/m³ nella postazione Endesa;
- la Media annuale di NO₂ di Monfalcone assume il valore di 20 µg/m³ nella postazione della Rete Regionale e di 9 µg/m³ nella postazione Endesa;
- la Media annuale di NO_x di Monfalcone assume il valore di 20 µg/m³ nella postazione Endesa, il dato non è però disponibile presso la rete ARPA.

Dai dati riportati sopra consegue che la qualità dell'aria nell'area di studio risulta accettabile per quanto riguarda le concentrazioni di Ossidi di Azoto e Biossido di Azoto.

2.2.3.2 Biossido di Zolfo

Relativamente al biossido di zolfo, il DM 60/2002 prevede limiti alle concentrazioni nell'aria ambiente sia per la protezione della salute umana (Valore orario da non

superare più di 24 volte per anno e Valore giornaliero da non superare più di 3 volte per anno), sia per la protezione degli ecosistemi (media annuale).

La disponibilità di dati riguardanti SO₂ registrati dalle stazioni della Rete ARPA (cfr. tabella 2/14) è descritta nei punti seguenti:

- per la postazione di Doberdò, le serie di dati orari e giornalieri non sono complete dall'anno 1999 al 2001, i dati sono disponibili per meno della metà delle ore dei rispettivi anni;
- nel 2002, per le sole postazioni di Doberdò, Lucinico e Monfalcone, le serie di dati disponibili (orarie e giornaliere) sono decisamente scarse;
- nel 2003, i dati sono disponibili per circa il 97% delle ore nel caso di Doberdò, Lucinico e Monfalcone, per il 68% ed il 70% rispettivamente per Torviscosa e San Giorgio di Nogaro;
- nel 2004, i dati sono disponibili per circa il 40% per Doberdò, il 24% per Lucinico, il 56% per Monfalcone, l'87% per San Giorgio di Nogaro e il 94% per Torviscosa;
- nel 2005 la disponibilità dei dati delle centraline di Lucinico, Torviscosa e San Giorgio di Nogaro supera il 90% richiesto dalla normativa sia per quello che riguarda i dati orari sia per per i dati giornalieri. Anche per le centraline di Monfalcone e di Doberdò la disponibilità è alta e molto prossima al limite.

SO₂: dati orari validi							
Anni	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Doberdò	55,39%	52,29%	4,47%	17,45%	96,34%	40,17%	88,81%
Lucinico	n.d.	n.d.	n.d.	11,51%	97,27%	24,32%	98,34%
Monfalcone	n.d.	n.d.	n.d.	8,72%	97,02%	56,44%	88,44%
Torviscosa	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	68,03%	94,53%	95,13%
San Giorgio di Nogaro	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	69,61%	87,66%	94,32%

SO₂: dati giornalieri validi							
Anni	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Doberdò	47,40%	51,51%	43,84%	11,23%	95,07%	18,08%	89,59%
Lucinico	n.d.	n.d.	n.d.	11,51%	97,53%	44,38%	99,18%
Monfalcone	n.d.	n.d.	n.d.	8,49%	96,71%	95,34%	89,04%
Torviscosa	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	65,21%	98,08%	99,18%
San Giorgio di Nogaro	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	71,78%	98,08%	98,36%

Tabella 2/14 SO₂ – Dati Disponibili (Orari e Giornalieri) – Rete ARPA

La disponibilità di dati per le postazioni della RRQA Endesa è descritta nella seguente tabella 2/15, da cui si deduce che nell'anno 2005 in tutte le stazioni la disponibilità di dati per il biossido d'azoto supera il valore minimo del 90% richiesto ai sensi del *D.M. 60 del 2 Aprile 2002*.

Anni	SO ₂ : dati orari validi						
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Monfalcone	97,53%	99,01%	99,44%	98,92%	99,59%	98,03%	99,29%
Fiumicello	97,90%	93,83%	94,87%	95,87%	96,68%	81,22%	95,15%
Doberdò	97,57%	92,01%	97,61%	97,52%	98,90%	24,37%	96,14%
Fossalon di Grado	97,02%	96,33%	99,39%	98,76%	98,23%	39,78%	99,39%
Ronchi dei Legionari	98,75%	96,20%	97,23%	94,59%	92,12%	95,22%	97,10%

Tabella 2/15 SO₂ – Dati Orari Validi – Rete Endesa

Nella seguenti tabelle 2/16 e 2/17 sono riportati i parametri statistici calcolati per i dati di Biossido di Zolfo registrati dalle postazioni delle due Reti di Rilevamento.

Parametro	Concentrazione Rilevata (µg/m ³)					Riferimenti Normativi DM n. 60 (µg/m ³)	
	Doberdò	Lucinico	Monfalcone	Torviscosa	San Giorgio di Nogaro	limite finale e data di raggiungimento	limite + margine di tolleranza al 1 gennaio
	Media annuale						
1999	[15]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2000	[23]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2001	[22]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2002	[38]	[5]	[9]	n.d.	n.d.	20 al 19/07/2001	-
2003	8	4	5	[4]	[3]		
2004	[10]	[11]	[9]	3	[2]		
2005	[9]	3	[2]	3	2		
	Valore orario superato più di 24 volte per anno						
1999	[169]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2000	[110]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		500
2001	[110]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		470
2002	[101]	[19]	[46]	n.d.	n.d.	350 al 01/01/2005	440
2003	75	26	50	[57]	[35]		
2004	[75]	[48]	[40]	103	[111]		380
2005	[39]	21	[16]	45	25		-
	Valore giornaliero superato più di 3 volte per anno						
1999	[169]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2000	[48]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2001	[57]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2002	[52]	[15]	[17]	n.d.	n.d.	125 al 01/01/2005	-
2003	28	16	22	[17]	[14]		
2004	[13]	[19]	[20]	29	[7]		
2005	[33]	12	[10]	17	14		

Legenda: i valori tra parentesi sono riferiti a serie di dati che non soddisfano la condizione di numerosità minima richiesta dal DM 60/02 – Allegato X

Tabella 2/16 SO₂ Postazioni Rete ARPA – Valori di Concentrazione Rilevata e Confronto con i Valori Limite (µg/m³)

Parametro	Concentrazione Rilevata ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					Riferimenti Normativi DM n. 60 02/04/02 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Monfalcone	Fiumicello	Doberdo' del Lago	Fossalon di Grado	Ronchi dei Legionari	limite transitorio	limite finale e data di raggiungimento	limite + margine di tolleranza al 1 gennaio di ciascun anno
SO₂: 98°percentile delle medie di 24 ore								
1.4.96-31.3.97	23	26	27	20	17			
1.4.97-31.3.98	22	25	40	19	17			
1.4.98-31.3.99	13	23	32	21	17			
1.4.99-31.3.00	18	13	22	14	14			
1.4.00-31.3.01	11	13	23	20	12			
1.4.01-31.3.02	8	11	14	5	10	250	-	-
1.4.02-31.3.03	12	12	23	9	11			
1.4.03-31.3.04	15	17	20	12	12			
1.4.04-31.3.05	15	34	20	7	8			
SO₂: Mediana delle medie di 24 ore								
1.4.96-31.3.97	7	3	6	4	4			
1.4.97-31.3.98	7	5	8	6	4			
1.4.98-31.3.99	3	4	8	6	5			
1.4.99-31.3.00	5	3	5	4	4			
1.4.00-31.3.01	4	3	4	3	4			
1.4.01-31.3.02	3	4	3	2	3	80	-	-
1.4.02-31.3.03	6	2	6	5	5			
1.4.03-31.3.04	6	4	5	5	5			
1.4.04-31.3.05	6	5	2	1	3			
SO₂: Media annuale								
1.1.96 - 31.12.96	11	6,7	8,1	6,5	5,9			
1.1.97 - 31.12.97	8,7	6,6	10	6,9	5,6			
1.1.98 - 31.12.98	4,9	7,6	11	7,7	6,3			
1.1.99 - 31.12.99	5,5	4,3	7,0	5,5	4,8			
1.1.00 - 31.12.00	5,7	4,4	7,2	5,5	5,0			
1.1.01 - 31.12.01	4,2	4,5	5,1	2,8	4,6			
1.1.02 - 31.12.02	5,4	3,5	4,3	3,7	5,3			
1.1.03 - 31.12.03	7,7	3,9	7,1	4,4	6,5	-	20 al 19/07/2001	-
1.1.04-31.12.04	6,6	4,5	3,4	3,3	4,2			
1.1.05-31.12.05	6,7	7,4	7,3	1,3	3,8			
SO₂: Valore orario superato più di 24 volte per anno								
1.1.96 - 31.12.96	62	83	165	55	58			
1.1.97 - 31.12.97	64	112	201	60	76			
1.1.98 - 31.12.98	43	109	199	59	64			
1.1.99 - 31.12.99	52	46	104	35	47			
1.1.00 - 31.12.00	51	59	131	65	62			500
1.1.01 - 31.12.01	36	44	86	19	48			470
1.1.02 - 31.12.02	34	35	53	16	30	-	350 al 01/01/2005	440
1.1.03 - 31.12.03	55	71	119	26	45			410
1.1.04-31.12.04	116	75	85	46	68			380
1.1.05-31.12.05	43	58	54	16	32			-
SO₂: Valore giornaliero superato più di 3 volte per anno								
1.1.96 - 31.12.96	42	38	37	28	24			
1.1.97 - 31.12.97	27	31	54	26	20			
1.1.98 - 31.12.98	15	32	40	24	21			
1.1.99 - 31.12.99	19	18	26	15	14			
1.1.00 - 31.12.00	18	16	29	23	16			
1.1.01 - 31.12.01	13	14	19	7,4	14			
1.1.02 - 31.12.02	13	12	15	9,0	11			
1.1.03 - 31.12.03	19	25	27	14	16	-	125 al 01/01/2005	-
1.1.04-31.12.04	46	22	30	19	12			
1.1.05-31.12.05	18	38	35	10	13			

Tabella 2/17 SO₂ Postazioni Rete Endesa – Valori di Concentrazione Rilevata e Confronto con i Valori Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Il confronto tra i valori degli indici statistici risultanti nelle stazioni di Doberdò e Monfalcone per gli anni 2003, 2004 e 2005 (solo queste due postazioni della Rete Regionale soddisfano i criteri previsti dal Decreto vigente) nelle due reti di qualità dell'aria esaminate evidenzia in generale un buon accordo; in particolare:

Nel 2003:

- la media annuale di Doberdò assume il valore di 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di 7,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa; lo stesso parametro a Monfalcone assume il valore di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di 7,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa;
- il valore orario che non deve essere superato per più di 24 volte l'anno di Doberdò assume il valore massimo di 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di 119 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa; lo stesso parametro a Monfalcone assume il valore di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa;
- il valore giornaliero che non deve essere superato per più di 3 volte l'anno di Doberdò assume il valore massimo di 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa; lo stesso parametro a Monfalcone assume il valore di 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa.

Nel 2004:

- la media annuale di Doberdò assume il valore di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di 3,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa; lo stesso parametro a Monfalcone assume il valore di 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di 6,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa;
- il valore orario che non deve essere superato per più di 24 volte l'anno a Doberdò assume il valore massimo di 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di 116 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa; lo stesso parametro a Monfalcone assume il valore di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa;
- il valore giornaliero che non deve essere superato per più di 3 volte l'anno di Doberdò assume il valore massimo di 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete

Regionale e di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa; lo stesso parametro a Monfalcone assume il valore di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa.

Nel 2005:

- la Media annuale di Doberdò assume il valore di $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di $7,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa; lo stesso parametro a Monfalcone assume il valore di $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di $6,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa;
- il valore orario che non deve essere superato per più di 24 volte l'anno a Doberdò assume il valore massimo di $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa; lo stesso parametro a Monfalcone assume il valore di $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa;
- il valore giornaliero che non deve essere superato per più di 3 volte l'anno di Doberdò assume il valore massimo di $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa; lo stesso parametro a Monfalcone assume il valore di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione della Rete Regionale e di $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione Endesa.

I valori calcolati per gli indici statistici di riferimento mostrano un ampio rispetto dei limiti in tutte le postazioni della Rete di Qualità dell'Aria, sia per quello che concerne l'andamento medio sia per quanto riguarda gli episodi acuti.

2.2.3.3 Polveri Fini – PM₁₀

Il *DM 60/2002* prevede limiti alle concentrazioni nell'aria ambiente in riferimento al PM₁₀ per la protezione della salute umana; gli standard sono rappresentati dalla media annuale e dal Valore giornaliero da non superare più di 35 volte l'anno. La disponibilità di dati giornalieri validi per le polveri nelle postazioni delle Reti di Rilevamento considerate è mostrata nella tabella 2/19.

PM10 - Rete ARPA – dati giornalieri disponibili							
Anni	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Doberdò	n.d.						
Lucinico	n.d.	n.d.	n.d.	10,68%	86,03%	97,53%	98,63%
Monfalcone	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	85,48%	97,26%	92,33%
Torviscosa	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	60,00%	97,53%	94,25%
San Giorgio di Nogaro	n.d.						
PTS - Rete Endesa – dati giornalieri disponibili							
Anni	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Monfalcone	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	98,08%	97,43%	98,63%
Fiumicello	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	98,63%	96,43%	99,73%
Doberdò	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	99,53%	95,47%	99,18%
Fossaloni di Grado	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	65,48%	98,22%	99,73%
Ronchi dei Legionari	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	97,26%	93,19%	98,90%

 Tabella 2/19 PTS/PM₁₀ – Dati Giornalieri Disponibili

Il confronto tra i valori degli indici statistici assunti nelle due reti di qualità dell'aria esaminate, Regionale ed Endesa, non può essere condotto in quanto la prima rende disponibile le misure delle polveri fini, mentre la seconda quelle delle polveri totali.

A tal proposito si sottolinea che il *DM n. 60 del 02/04/02* prevede limiti alle concentrazioni nell'aria ambiente per il PM₁₀ e i parametri statistici sono calcolati sull'anno civile, da gennaio a dicembre del singolo anno; il particolato totale invece è soggetto ai limiti introdotti dal *DPCM 28/03/83* e dal *DPR 203/88* che prevedono sia valori limite che valori guida validi su tutto il territorio nazionale, riferiti al periodo che va da aprile a marzo dell'anno seguente.

Nelle tabella 2/20 sono riportati i risultati dell'analisi dei parametri statistici relativi ai dati di PM10 registrati dalle postazioni della Rete ARPA.

Parametro	Concentrazione Rilevata ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					Riferimenti Normativi DM n. 60 02/04/02 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Doberdò	Lucinico	Monfalcone	Torviscosa	San Giorgio di Nogaro	limite finale e data di raggiungimento	limite + margine di tolleranza al 1 gennaio
PM10: Valore annuale - fase 1							
1999	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2000	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		48
2001	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		46.4
2002	n.d.	-	n.d.	n.d.	n.d.	40 al 01/01/2005	44.8
2003	n.d.	26	22	32	n.d.		43.2
2004	n.d.	26	16	63,2	n.d.		41,6
2005	n.d.	23	13	24	n.d.		-
PM10: Valore giornaliero superato più di 35 volte per anno - fase 1							
1999	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
2000	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		75
2001	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		70
2002	n.d.	-	n.d.	n.d.	n.d.	50 al 01/01/2005	65
2003	n.d.	41	38	52	n.d.		60
2004	n.d.	109	67	22,2	n.d.		55
2005	n.d.	87*	65*	115*	n.d.		-

* valore calcolato per dati con rendimento inferiore a quanto previsto dalla normativa

Tabella 2/20 PM10 Postazioni Rete ARPA – Valori di Concentrazione Rilevata e Confronto con i Valori Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

In base alla disponibilità dei dati è possibile calcolare l'indice statistico solo per gli anni 2003, 2004 e 2005, per le postazioni di Lucinico, Monfalcone e Torviscosa, come indicato nella tabella 2/21:

- il valore annuale previsto dalla fase 1 risulta inferiore al limite per tutte le stazioni e in tutti gli anni, eccetto Torviscosa nel 2004;
- il valore giornaliero da non superare più di 35 volte l'anno mostra superamenti del limite nell'anno 2004 per le postazioni di Lucinico ($109 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Monfalcone ($67 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e nel 2005 per tutte e tre le stazioni.

In base alle condizioni espresse dal *DM 60/2002* in riferimento ai criteri secondo i quali eseguire il calcolo dei parametri statistici, ricordiamo che l'anno 2003 non soddisfa la condizione di numerosità minima delle serie di dati. Nella tabella 2/21 sono riassunti i valori calcolati per gli indici statistici di riferimento previsti dal DPCM 28/03/83 e dal DPR 203/88 relativamente ai dati registrati dalle centraline della Rete Endesa della Centrale di Monfalcone.

Parametro	Concentrazione Rilevata ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					Riferimenti Normativi DM n. 60 02/04/02 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Monfalcone	Fiumicello	Doberdo' del Lago	Fossaloni di Grado	Ronchi dei Legionari	Limite Transitorio	Limite Finale e Data di Raggiungimento	Limite + Margine di Tolleranza al 1 Gennaio di Ciascun Anno
PTS: 95°percentile delle medie di 24 ore								
1.4.96-31.3.97	36	62	56	65	71			
1.4.97-31.3.98	56	45	68	86	59			
1.4.98-31.3.99	46	32	44	65	56			
1.4.99-31.3.00	55	25	49	57	59			
1.4.00-31.3.01	44	33	37	40	45	300		
1.4.01-31.3.02	41	22	34	41	47		-	-
1.4.02-31.3.03	30	22	37	41	49			
1.4.03-31.3.04	15	14	21	25	32			
1.4.04-31.3.05	35	17	41	44	56			
PTS: Media aritmetica delle medie di 24 ore								
1.4.96-31.3.97	24	35	29	32	35			
1.4.97-31.3.98	23	23	32	41	29			
1.4.98-31.3.99	21	16	21	31	27			
1.4.99-31.3.00	22	14	24	30	34			
1.4.00-31.3.01	20	19	21	23	24	150		
1.4.01-31.3.02	19	14	20	23	30		-	-
1.4.02-31.3.03	15	15	19	23	32			
1.4.03-31.3.04	35	23	41	49	54			
1.4.04-31.3.05	14	10	22	24	31			

Tabella 2/21 PTS Postazioni Rete Endesa – Valori di Concentrazione Rilevata e Confronto con i Valori Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Per meglio evidenziare i dati tabulati, nella figura 2/2 sono riportati gli andamenti spaziali degli indici calcolati nel periodo 1996 – 2005 dai quali è possibile osservare che per le polveri i valori di concentrazione sono stati in generale diminuzione nel corso degli anni fino al 2004, per poi avere un lieve rialzo nel 2005.

La stazione che mostra i valori di concentrazione più elevati, negli anni considerati, è quella di Ronchi dei Legionari, ma comunque ben inferiori ai $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ imposti dalla normativa.

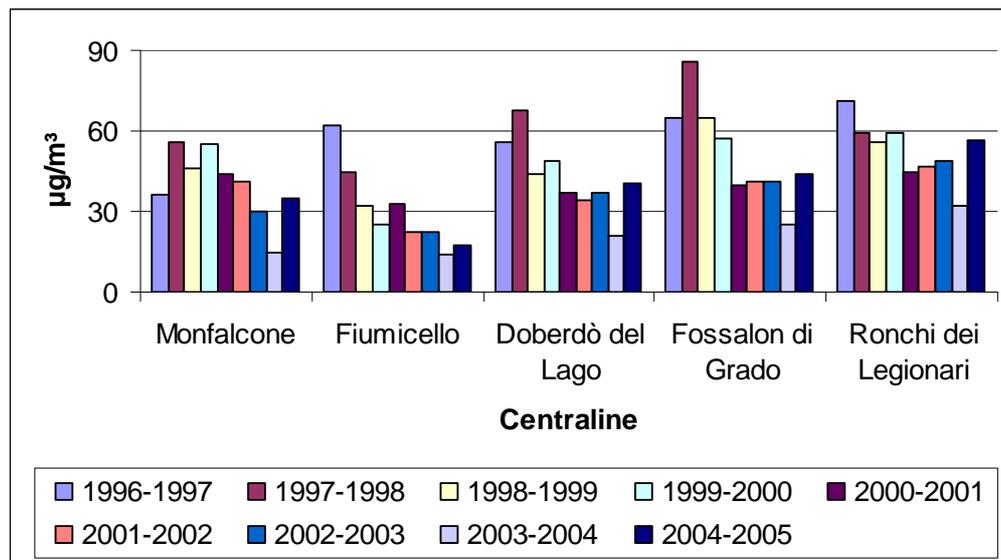


Figura 2/2 Andamento Spaziale PTS - Rete Endesa - Anni 1996-2005

2.2.3.4 Ozono

L'ozono costituisce un inquinante cosiddetto secondario, in quanto non prodotto direttamente dall'attività dell'uomo, ma originato dalle reazioni fotochimiche di inquinanti primari.

Al livello del suolo la molecola di ozono si forma quando altri inquinanti, principalmente ossidi di azoto e composti organici volatili, reagiscono a causa della presenza della luce del sole. Le sorgenti di questi inquinanti "precursori" dell'ozono sono di tipo antropico (i veicoli a motore, le centrali termoelettriche, le industrie, i solventi chimici, i processi di combustione etc.) e di tipo naturale, quali i boschi e le foreste, che emettono sostanze organiche volatili molto reattive (emissioni biogeniche).

I processi citati conducono alla formazione non solo di ozono, ma di una miscela di composti (PAN, PPN, radicali organici,...) che nel complesso prende il nome di smog fotochimico.

Le concentrazioni di ozono sono influenzate da diverse variabili meteorologiche come l'intensità della radiazione solare, la temperatura, la direzione e la velocità del vento ed è per questo che è possibile osservare delle sistematiche variazioni stagionali nei valori di ozono:

- nei periodi tardo primaverili ed estivi le particolari condizioni di alta pressione, elevate temperature e scarsa ventilazione, favoriscono il ristagno e l'accumulo degli inquinanti e il forte irraggiamento solare innesca una serie di reazioni fotochimiche che determinano concentrazioni di ozono più elevate rispetto al livello naturale che è compreso tra i 20 e gli 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- al contrario in inverno si registrano le concentrazioni più basse; i valori massimi sono raggiunti nelle ore più calde della giornata, dalle 12 alle 18 per poi scendere durante le ore notturne.

I processi di formazione e distruzione dell'ozono da parte dei precursori sono fortemente non lineari e questo spesso influenza la distribuzione spaziale delle concentrazioni, per cui, ad esempio, è possibile osservare valori più elevati nelle aree rurali, rispetto a quelle fortemente antropizzate.

L'interazione fra le sorgenti emmissive, i processi di trasformazione e le proprietà dispersive dell'atmosfera fanno sì che l'inquinamento fotochimico si configuri come un problema di scala regionale o, meglio ancora, di bacino. Concretamente questo

significa che lo sviluppo di concentrazioni di ozono in un certo sito è funzione, in modo non facilmente ricostruibile, della struttura emissiva di aree molto estese.

Nel seguito sono presentate le elaborazioni relative alle misure di ozono rese disponibili dalla Rete di Qualità dell'Aria della Regione Friuli per le postazioni entro il dominio di indagine considerato nel presente studio.

Le postazioni analizzate sono quelle di Doberdò, Lucinico, Monfalcone, Torviscosa e San Giorgio di Nogaro. Per esse sono state elaborate le serie orarie delle misure di ozono.

Per quanto riguarda la disponibilità dei dati orari, riassunta in tabella 2/22, è possibile fare le seguenti osservazioni:

- per la postazione di Doberdò sono disponibili i dati dal 1999 al 2005; nell'anno 1999 tuttavia mancano i dati nel mese di marzo; nel 2000 mancano i mesi da febbraio a maggio; nel 2001 mancano quelli da agosto a ottobre; nel 2002 mancano i mesi del semestre freddo di gennaio, febbraio e ottobre, e quelli del semestre caldo di luglio, agosto e settembre; nell'anno 2003 la serie è completa; il 2004 è coperto per circa il 43% mentre il 2005 per più del 90%.
- per la postazione di Lucinico i dati sono disponibili nel 2002 solo per i mesi di novembre e dicembre e lo sono per tutto il 2003, 2004 e 2005;
- per le postazioni di Monfalcone, Torviscosa e San Giorgio di Nogaro, sono disponibili dati per gli anni 2003, 2004 e 2005; in particolare la serie oraria di Monfalcone parte da giugno 2003 e a San Giorgio di Nogaro non sono disponibili i dati del mese di settembre 2003; nel 2005 i dati sono disponibili per circa il 68%.

Ozono – Rete ARPA – Disponibilità percentuale di dati							
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Doberdò del Lago	76,75%	55,05%	53,86%	35,43%	96,14%	87,85%	90,22%
Lucinico	n.d.	n.d.	n.d.	11,62%	97,65%	94,22%	96,93%
Monfalcone	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	56,30%	91,13%	94,60%
Torviscosa	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	74,38%	95,75%	92,97%
S. Giorgio di Nogaro	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	78,72%	91,69%	68,29%

Tabella 2/22 Disponibilità Percentuale dei Dati di Ozono per le Stazioni della Rete ARPA

In conclusione ogni postazione presenta una sufficiente disponibilità di dati solo negli anni 2003, 2004 e 2005.

In tabella 2/23 sono riportati i parametri statistici relativi all'Ozono, calcolati per tutte le postazioni della Rete ARPA nell'anno 2005.

Come mostrato in tabella 2/23, si hanno superamenti dei limiti normativi per tutti i parametri in quasi tutte le stazioni, anche se nessuna delle postazioni registra superi della Soglia di Allarme. Risulta particolarmente elevata la differenza tra il valore limite per l'AOT40 (Obiettivo a Lungo Termine) e i valori di AOT40 calcolati sulla base dei dati disponibili, indice di una situazione di diffuso superamento dei limiti normativi, specie nel periodo estivo (da maggio a luglio).

Parametro	Limite Normativo	Doberdò	Lucinico	Monfalcone	Torviscosa	S. Giorgio
Media su 8 Ore Massima Giornaliera nell'arco dell'anno civile*	120	4	2	47	37	47
Media Oraria: Soglia di Attenzione*	180	0	0	11	4	5
Media Oraria: Soglia di Allarme*	240	D.Lgs. 183/2004	0	0	0	0
Concentrazione Media Annua	40	47,6	26,4	61,7	50,9	59,3
AOT40 (Obiettivo a Lungo Termine)	6.000	9.499	2.901	30.524	19.844	29.527
Massimo Orario Assoluto	-	178	134	201	194	203

Note: concentrazioni espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(*) Si riporta il n. di superamenti del limite normativo presso le centraline di misura

Tabella 2/23 Parametri Statistici Ozono – Rete Arpa - Anno 2005

Le misure di concentrazione evidenziano profili temporali congruenti con il tipico andamento annuale dell'ozono e con i trend temporali dei fattori ambientali che influenzano la formazione dell'inquinante secondario ozono; in generale i valori maggiori delle concentrazioni dovrebbero essere registrate nei mesi estivi.

Nella figura 2/3 sono rappresentati gli andamenti medi mensili delle concentrazioni di ozono per gli anni 2003 – 2005 nella postazione di Doberdò, che rappresenta la postazione più significativa dal punto di vista della disponibilità dati. E' interessante notare come sia visualizzata una progressiva diminuzione delle concentrazioni nel corso dei tre anni, mantenendo comunque il medesimo andamento stagionale.

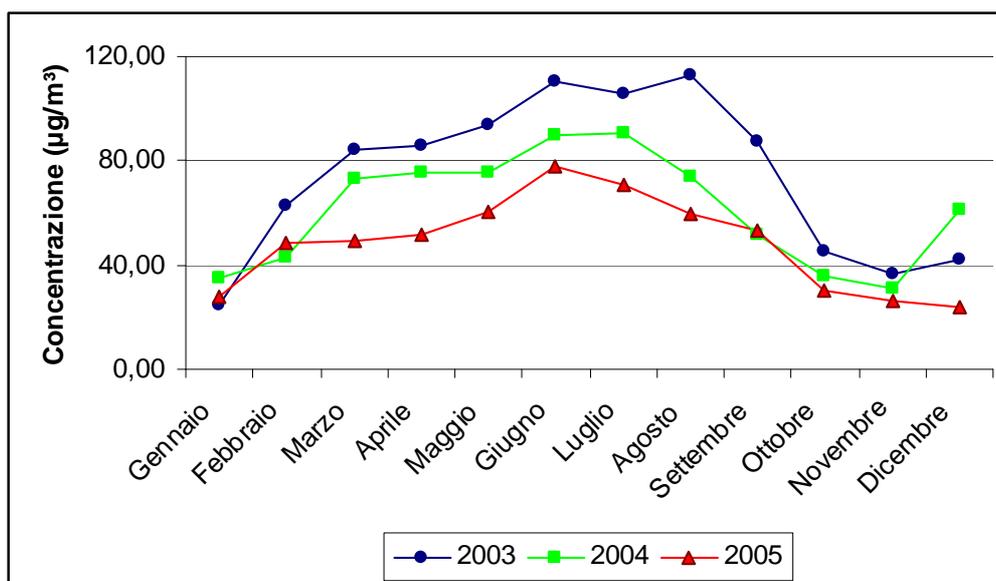


Figura 2/3 Concentrazioni Medie Mensili di Ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nella Stazione Regionale di Doberdò per gli Anni 2003 – 2005

Confrontando le medie mensili dell'anno 2005 per le cinque postazioni esaminate è possibile osservare trend simili per tutte le postazioni, con valori medi più alti durante il periodo estivo (cfr. figura 2/4).

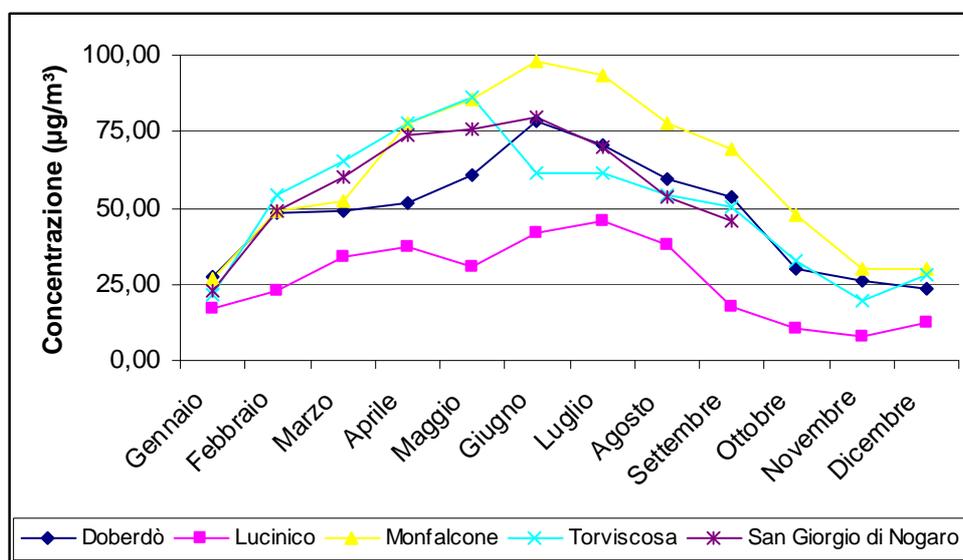


Figura 2/4 Concentrazioni Medie Mensili di Ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) per l'Anno 2005 nelle Stazioni Regionali Esaminate

Nella tabella 2/24, per la sola postazione di Doberdò e per gli anni esaminati, sono riassunti i parametri statistici descrittivi delle serie orarie di dati registrati. Tali parametri statistici mostrano un leggero miglioramento per l'anno 2005, con una minor

percentuale di superamenti della concentrazione di $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a conferma di quanto mostrato in figura 2/3.

Doberdò			
Anni	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) delle concentrazioni orarie	Massimo orario assoluto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) per singolo anno	Percentuale di dati orari con valori maggiori di $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$
1999	60	187 (a giugno alle ore 9.00)	20
2000	62	266 (a luglio alle ore 9.00)	20
2001	67	177 (a maggio alle ore 13.00)	31
2002	50	145 (a giugno alle ore 11.00)	20
2003	75	239 (ad agosto alle ore 12.00)	44
2004	61	197 (a giugno alle ore 14.00)	23
2005	48	178 (a luglio ore 18:00)	10

Tabella 2/24 Parametri Statistici Descrittivi delle Serie Orarie di Dati di Ozono per la Stazione di Doberdò

L'analisi dei dati statistici relativi alle concentrazioni di ozono evidenzia una situazione di diffuso superamento dei limiti imposti dalla vigente legislazione, soprattutto per quanto riguarda la stagione estiva.

2.2.4 Campagna di Biomonitoraggio

Una ulteriore valutazione del livello di qualità dell'aria può essere desunta dall'analisi di uno studio di biomonitoraggio commissionato dalla Provincia di Gorizia, Direzione Territorio e Ambiente, al Dipartimento di Biologia dell'Università di Trieste esteso a tutto il territorio provinciale e ad aree limitrofe potenzialmente interessate dalle emissioni della *Centrale* di Monfalcone.

L'estensione dell'area in studio è stata definita in base al modello diffusionale dei fumi emessi dalla *Centrale*, integrata con i risultati di un precedente studio sulla biodiversità lichenica e qualità dell'aria condotto in tutta la provincia di Gorizia (Badin & Nimis, 1996). L'area di studio ha interessato una superficie di circa 650 km^2 e su di essa sono state posizionate 128 stazioni di campionamento, di cui 48 relative allo studio precedente (si veda sopra). Il Territorio oggetto dell'indagine è stato esteso alle seguenti unità geomorfologiche:

- la parte sudorientale della pianura friulana;
- la Laguna di Grado;
- una porzione del Carso goriziano e triestino;
- il distretto del Collio;
- l'alta pianura isontina.

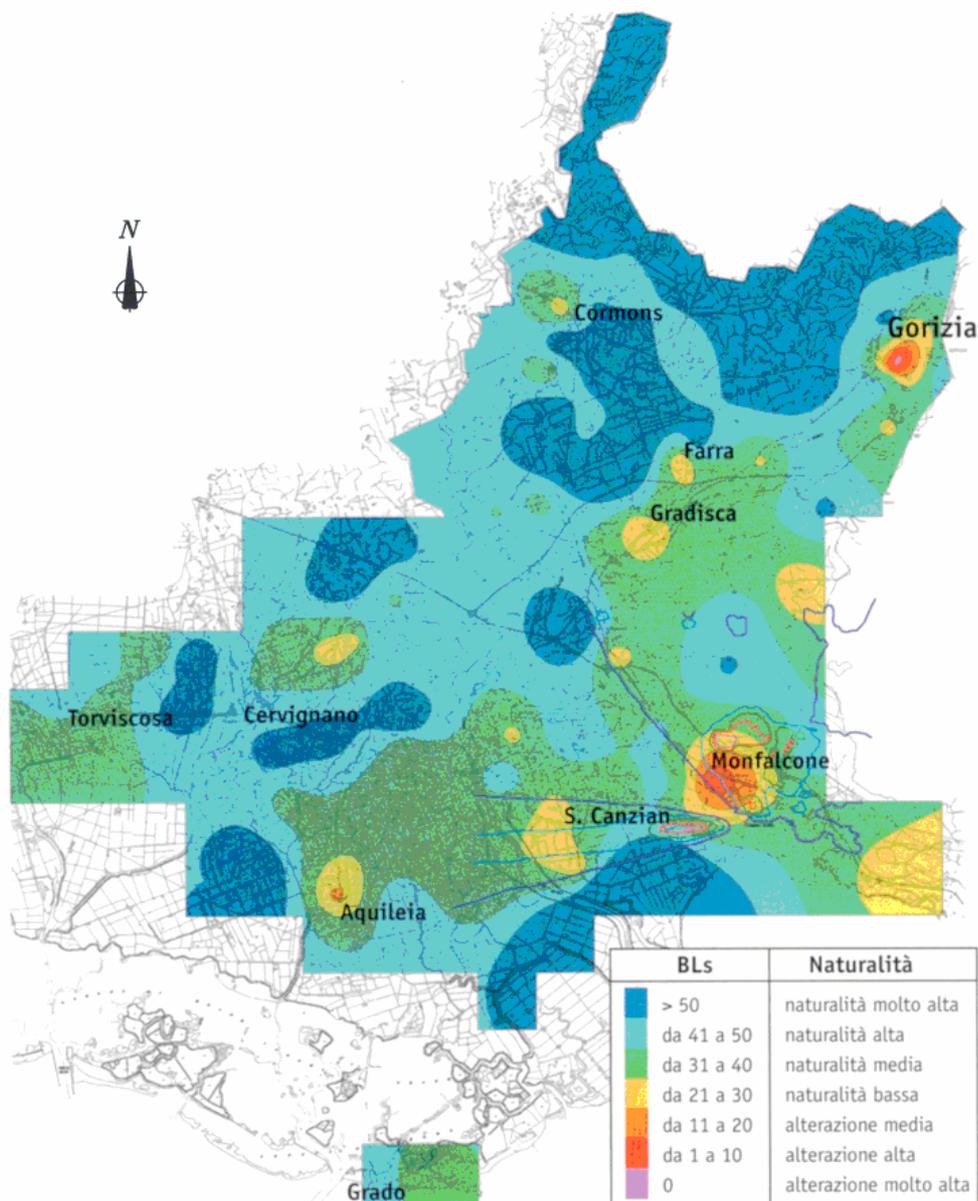
Il metodo di biomonitoraggio della qualità dell'aria utilizzato ha ripreso in larga misura le indicazioni fornite dall'ANPA e si è basato sul calcolo della biodiversità lichenica su tronchi d'albero, intesa come somma delle frequenze delle specie licheniche presenti entro un reticolo di area costante. E' stato quindi definito un "Indice di Purezza Atmosferica" (I.A.P.), calcolato, per ciascuna stazione, come media aritmetica delle frequenze totali dei rilievi effettuati in quella stazione. Valori di I.A.P. elevati indicano migliore qualità dell'aria mentre valori bassi segnalano situazioni di degrado.

Con i valori di I.A.P. assegnati a ciascuna è possibile elaborare carte della qualità dell'aria mediante apposite tecniche di interpolazione che consentono di calcolare valori di I.A.P. in base a valori di I.A.P. misurato sul campo e di procedere poi alla unione di punti di pari valore di I.A.P. determinando la creazione di linee di isoqualità dell'aria. Fra le linee di isoqualità dell'aria sono comprese porzioni di territorio con inquinamento simile. In accordo con le Linee Guida sulle metodiche di monitoraggio standardizzate curate dall'ANPA, sono state definite, pertanto, 7 fasce di qualità dell'aria a ciascuna delle quali corrisponde un range di valori assunti dall'I.A.P. Questa scala convenzionale di "naturalità/alterazione" è riportata in tabella 2/25.

BLs	Naturalità	Colore
< 5	alterazione molto alta	Nero
da 5,1 a 10	alterazione alta	Rosso
da 10,1 a 20	alterazione media	Arancione
da 20,1 a 30	Naturalità/alterazione bassa	Giallo
da 30,1 a 50	naturalità media	Verde
da 50,1 a 70	naturalità alta	Azzurro
> 70	naturalità molto alta	Blu

Tabella 2/25 Classi di Naturalità/Alterazione in Relazione ai Valori di I.A.P.

In base ai risultati della campagna di biomonitoraggio è stata ricavata la carta della Biodiversità Lichenica delle stazioni (BLs), riportata in figura 2/5, dove ai valori della biodiversità lichenica vengono sovrainposte le ricadute di NO_x, valutate nel corso di uno studio svolto dall'ENEL nel 1998 sulla *Centrale* di Monfalcone.



Fonte: Provincia di Gorizia

Figura 2/5 Carta della Biodiversità Lichenica Sovrainposta a quella Relativa alla Diffusione di NO_x per la Provincia di Gorizia (2000)

Si possono fare le seguenti considerazioni:

- le zone di colore rosso (alterazione alta) sono posizionate in corrispondenza del centro cittadino di Monfalcone e di Gorizia;
- le zone di colore arancione (alterazione media) interessano il centro abitato di Aquileia, Gorizia e Monfalcone;

- le zone di colore giallo (naturalità/alterazione bassa) interessano gli abitati di Perteole, Sacileto, Aquileia, il comune di San Canzian d'Isonzo, quello di Gradisca d'Isonzo, Farra d'Isonzo, Redipuglia, Monfalcone, Duino-Aurisina;
- le zone di colore verde (naturalità media) si ritrovano nelle zone a sud-ovest di Torviscosa e di Perteole; nella zona centrale dell'area di studio compresa tra Terzo d'Aquileia, Aquileia, Turriaco, Staranzano e Isola Morosini; a Grado; in tutta la porzione orientale dell'area di studio da Romans d'Isonzo a Sistiana, fatta eccezione per le zone più elevate del Carso (Iamiano e Doberdò del Lago).

Nel complesso quindi l'alterazione ambientale evidenziata appare debole: in nessuna area della provincia di Gorizia e della bassa pianura friulana vengono toccati livelli di alterazione ambientale elevati.

3 VALUTAZIONE DELLA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA

La stima degli effetti delle emissioni in atmosfera dei composti inquinanti generati dall'esercizio dell'impianto è stata condotta seguendo lo schema metodologico riportato nella figura 3/1.

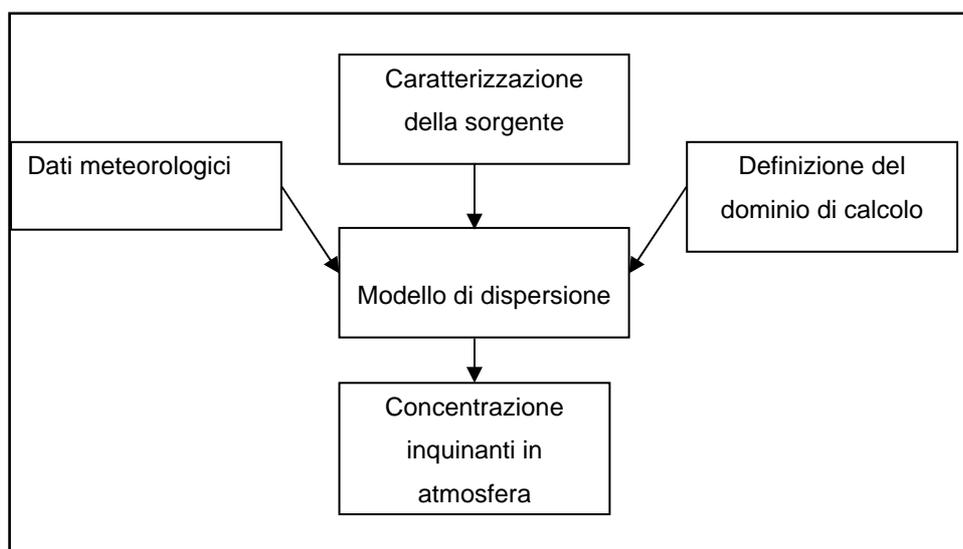


Figura 3/1 Schema metodologico semplificato

Le concentrazioni sono state calcolate in numerosi punti (almeno dieci) posti all'interno di celle di dimensioni variabili tra 10 metri (in prossimità della *Centrale*) e 500 metri (al limite del dominio, a 15 km di distanza) e quindi mediate, onde renderle rappresentative della concentrazione effettiva in un intorno avente dimensioni fisiche accettabili. Il numero dei punti di calcolo della concentrazione (circa 1.000.000) è quindi molto elevato. In questo modo si ha anche il vantaggio di "vedere" la concentrazione massima assoluta al suolo, che potrebbe sfuggire imponendo una griglia con passo fisso.

Un approfondimento è stato infine dedicato allo studio dei fenomeni di brezza, che date le caratteristiche evidenziate nell'Allegato D5, relativo alla climatologia dell'area, potrebbero presentare delle criticità collegate all'intrappolamento dei fumi al di sotto dell'inversione termica all'interno della cella convettiva. L'approccio descritto non considera infatti, in maniera automatica, i fenomeni di ricircolo dovuti ai venti termici, ai quali è stato quindi dedicato un apposito paragrafo. Come spiegato nel seguito e dall'analisi dei casi studio, la stima delle concentrazioni al suolo è comunque cautelativa rispetto alle ricadute in caso di brezza.

Infine, occorre precisare che le concentrazioni calcolate con la precedente metodologia sono ritenute valide quando riferite alla porzione di atmosfera sovrastante la terra emersa, dal momento che sul mare le caratteristiche meteo-diffusionali sono nettamente diverse da quelle che si manifestano sul terreno e le serie storiche disponibili sono poco rappresentative.

3.1 DOMINIO DI CALCOLO

Il dominio di calcolo mostrato in figura 3/2 è costituito da una griglia di 30x30 km, passo 30 primi di latitudine e longitudine (circa 600 metri) in direzione orizzontale e da 30 livelli di 60 metri di altezza in direzione verticale.



Figura 3/2 Dominio di calcolo

3.2 DATI METEOROLOGICI UTILIZZATI

I dati meteorologici utilizzati sono descritti nell'Allegato D5, cui si rimanda anche per gli aspetti climatologici del sito. Di seguito si esaminano gli aspetti specifici relativi alle simulazioni modellistiche.

3.2.1 Altezza dello strato di miscelamento

L'altezza dello strato di miscelamento, non misurata direttamente presso il sito, è stata ipotizzata, in funzione della stabilità atmosferica e della velocità del vento, calcolando l'altezza minima che non determina lo sfondamento dello strato di inversione da parte del pennacchio inquinante. Tale "sfondamento", che sicuramente avviene in certe situazioni, determina concentrazioni nulle al suolo ed è quindi una situazione molto favorevole. Tuttavia, poiché non è nota la frequenza con la quale avviene, il fenomeno è stato cautelativamente trascurato e l'altezza di miscelamento calcolata come quella che, situazione per situazione, determina la massima concentrazione al suolo. Nella tabella 3/1 sono riportati i valori numerici calcolati e quindi utilizzati nel corso delle simulazioni.

Stabilità Atmosferica	Velocità del Vento (m/s)	Altezza Miscelamento (m)
A	1	1.600
A	1,5 e 3	1000
B	1	1.500
B	1,5 e 3	1000
C	1	1.400
C	1,5	1000
C	3	600
C	> 5	400
D	1	1.400
D	1,5	1000
D	3	600
D	> 5	400
E-F	1 – 1,5	400
E F	> 1,5	300

Tabella 3/1 Altezza Strato di Miscelamento ipotizzato nel Modello di Dispersione

In relazione all'altezza dei camini, all'altezza degli edifici posti nei pressi della *Centrale* nonché alle loro dimensioni laterali ed infine alle velocità di uscita dei fumi, non si ritiene il fenomeno del downwash rappresenti una criticità, sebbene possano manifestarsi singole e rare situazioni di vento molto intenso in cui esso può avere luogo. E' sufficiente pensare che il fenomeno downwash non può avvenire quando la velocità del

vento è inferiore a 0,66 volte la velocità dei fumi. Nel caso in esame, l'effetto non si manifesta se non con velocità del vento superiori a 14,6 m/s, pari a oltre 28 nodi (la minima velocità di uscita dei fumi è uguale a 22 m/s).

Situazioni di vento più intenso, oltre che rare, determinano anche concentrazioni al suolo modeste (proprio a causa della elevata intensità del vento) e sono quindi del tutto ininfluenti per il calcolo delle concentrazioni medie o dei vari percentili.

3.2.2 Casi di brezza

Come precedentemente accennato per lo studio di questi particolari fenomeni è stato utilizzato un set di dati meteorologico completo ed il codice Safe Air.

Mediante il set di dati fornito dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova, e relativo ai due giorni di Luglio e Settembre 2003 analizzati in dettaglio nell'Allegato D5, è stato ricostruito un profilo verticale di velocità del vento e temperatura e quindi calcolata la concentrazione istantanea al suolo.

Si ricorda che, in caso di brezza di mare, l'aria giunge alla linea di costa in condizioni di stabilità, ma in prossimità del suolo si sviluppa uno strato instabile, di altezza crescente all'aumentare della distanza dalla costa stessa (si veda la figura 3/3 seguente). Il pennacchio della *Centrale* diffonde inizialmente all'interno di uno strato stabile, ma successivamente raggiunge lo strato di instabilità. La dispersione iniziale è quindi molto lenta, ma poi, raggiunta l'instabilità, si disperde molto velocemente verso il basso, dando luogo ad un fenomeno tipo fumigazione.

Presso il punto ove il pennacchio incontra la transizione di stabilità, si ha la massima concentrazione al suolo, che può essere molto elevata, perché il pennacchio si abbassa rapidamente, quando ancora la sua larghezza è limitata a causa della precedente diffusione avvenuta in ambiente stabile. Ovviamente, tanto più il pennacchio è dotato di spinta di galleggiamento e quindi sale in alto nello strato stabile, tanto più lontano raggiunge la transizione stabile/instabile, determinando minori concentrazioni al suolo. E' per questa ragione che le esistenti centrali poste sulla costa, dotate di cicli a vapore e quindi di scarsa portata dei fumi, hanno spesso camini molto elevati; nel caso delle nuove centrali a turbogas, la portata dei fumi è molto elevata e quindi il pennacchio raggiunge comunque altezze elevate.

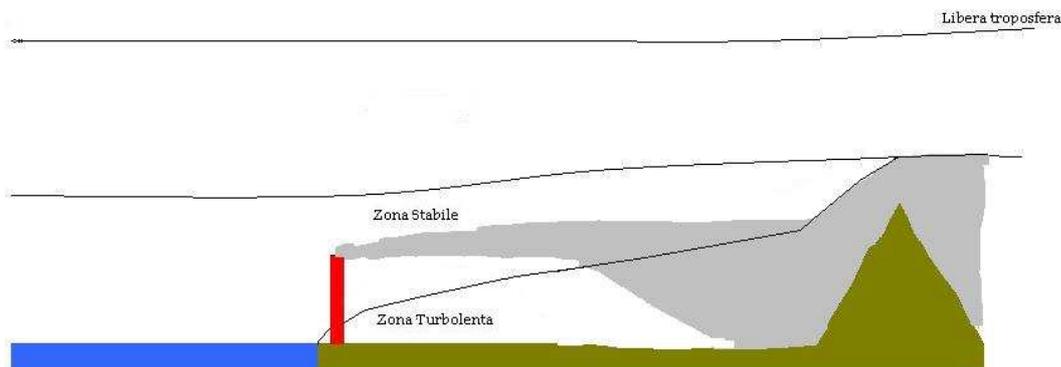


Figura 3/3 Stabilità Atmosferica e Dispersione del Pennacchio in caso di Brezza di Mare

3.3 CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI

Le simulazioni sono state condotte nell'ipotesi cautelativa che i pennacchi uscenti dai camini diffondano in modo indipendente; l'ipotesi è cautelativa poiché i camini sono in realtà molto prossimi tra di loro e quindi la spinta di galleggiamento dei loro pennacchi, che tende a disperdere l'inquinante verso le quote più elevate, si somma determinando una riduzione delle concentrazioni al suolo. Si ricorda che una valutazione del fattore di incremento dell'innalzamento E_n dei pennacchi è possibile mediante le formule seguenti:

$$E_n = \left(\frac{N + S}{1 + S} \right)^{1/3}$$

$$S = 6 \cdot \left(\frac{(N - 1) \cdot \Delta x}{N^{1/3} \cdot \Delta h} \right)^{3/2}$$

dove N è il numero di sorgenti di aria calda (camini o aereotermi), Δx la loro distanza, Δh il loro innalzamento proprio. Trascurare questo fenomeno è quindi assai cautelativo.

Nella tabella 3/2 si riportano le caratteristiche di emissione di ciascuno dei quattro gruppi costituenti l'impianto nella configurazione futura.

Composizione dei Fumi										
Gruppo	Portata Fumi (m ³ /h)	Fumi Secchi @O ₂ rif (Nm ³ /h)	Vel. Uscita (m/s)	SO ₂ (mg/Nm ³)	NO _x (mg/Nm ³)	PTS (mg/Nm ³)	CO (mg/Nm ³)	Diametro (m)	T fumi (K)	H camino (m)
MF1	770.593	505.000	24,3	650*	600	50	-	3,5	373	154
MF2	797.919	523.000	25,2	650	600	50	-	3,5	373	154
MF4 (G)	2.659.219	2.204.672	23	-	50	**	50	6,4	373	90
MF4 (H)	2.659.219	2.204.672	23	-	50	**	50	6,4	373	90

(*) Nelle simulazioni è stata considerata una concentrazione di SO₂ pari a 650 mg/Nm³ anche nei fumi relativi alla sezione 1, in quanto anche per tale sezione si prevede di non superare questo valore

(**) PM₁₀

Tabella 3/2 Caratteristiche Emissive degli Impianti Simulati per Singolo Camino

3.4 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Durante la fase di scelta e selezione del modello di simulazione si è fatto riferimento alle norme UNI 10796 [2] e UNI 10964 [3].

La norma UNI 10796 definisce ed articola gli scenari di applicazione dei modelli ed indica le tipologie e i requisiti dei modelli pertinenti a ciascuno scenario, precisando, per i diversi obiettivi e campi di applicazione, quali sono gli strumenti più idonei, i requisiti richiesti, le risorse necessarie e le uscite. La norma UNI 10964 è invece specificatamente dedicata alla selezione dei modelli per la previsione di impatto sulla qualità dell'aria, ai fini degli Studi di Impatto Ambientale.

Il criterio di selezione contenuto nelle norme ha come punto di partenza la definizione degli scenari di applicazione dei modelli, i quali vengono descritti secondo alcune caratteristiche fondamentali. La classificazione ha portato ad un accorpamento in funzione dell'applicazione di una categoria di modelli, ottenendo come risultato, la definizione di 12 gruppi in grado di coprire tutti i casi di interesse. Per ogni gruppo, vengono determinati i tipi di codici applicabili, i requisiti in input, le uscite e gli aspetti critici. Nel caso della *Centrale* di Monfalcone lo scenario è il seguente:

- Scala spaziale: locale (10-50 km);
- Scala temporale: breve periodo (short term) e lungo periodo;
- Ambito territoriale: sito complesso;
- Tipo di sorgente: puntiforme;
- Tipo di inquinanti: inerti.

La situazione è infatti quella di un camino industriale, con ricadute su scala locale, ubicato in un territorio orograficamente complesso, caratterizzato da un campo di venti non omogeneo, ed interessato da fenomeni di brezza di mare, di terra e di monte.

In base ai criteri definiti, a secondo della scala temporale scelta, la tipologia di modello più adatta a riprodurre le condizioni di diffusione risulta essere quella dei codici lagrangiani o gaussiani modificati. Per questo motivo i codici di calcolo selezionati ed utilizzati per le simulazioni sono stati *AVACTAII* e *SafeAir*. Questi modelli consentono di tenere conto della variabilità della direzione e della velocità del vento al variare del punto considerato e si distinguono prevalentemente per la modalità con la quale ricostruiscono, in scala di dettaglio (con risoluzione spaziale dell'ordine del centinaio di metri) il campo di vento a fornito a minore risoluzione (generalmente dell'ordine di alcuni km). Il modello di dispersione atmosferica, dato il campo cinetico, è simile nei due codici.

Il codice AVACTA II, di origine italiana ed indicato dall'EPA [4], è un gaussiano modificato, non stazionario, in grado calcolare la variazione nella direzione del pennacchio in base alla ricostruzione tridimensionale del campo di venti. Durante il calcolo del campo di venti, del trasporto e della dispersione degli inquinanti il codice calcola sia gli effetti meccanici legati all'orografia sia quelli collegati con le caratteristiche di dispersione dell'atmosfera. Il codice è relativamente datato ma, in situazioni in cui non sono disponibili informazioni meteorologiche di estremo dettaglio, offre prestazioni del tutto analoghe a quelle dei codici più evoluti della generazione attuale a cui appartiene Safe Air. Safe Air è un codice messo a punto da ARPA Liguria e Università di Genova, Dipartimento di Fisica, a partire dal codice AVACTA, con il quale è del tutto confrontabile [5]. Il codice è attualmente utilizzato in Italia da numerose ARPA Regionali ed altri enti aventi carattere di autorità di controllo. L'accuratezza con cui vengono ricostruiti alcuni parametri è molto più elevata di quella che caratterizza il codice originario AVACTA. Per fare ciò, necessita tuttavia di numerosi parametri, tra i quali: gradiente verticale di velocità del vento a numerose quote di rilevamento e grado di umidità assoluta e temperatura dell'aria alle stesse quote. Questi dati non sono misurati presso il sito.

E' stata quindi effettuata la seguente scelta: le simulazioni di tipo climatologico (ovvero tutte quelle necessarie per la stima delle concentrazioni medie annue o degli altri parametri statistici) sono state effettuate con il codice AVACTA, mentre alcune

condizioni climatiche particolari sono state indagate in dettaglio mediante il codice Safe Air e l'uso di dati meteorologici derivanti da modelli previsionali.

La procedura così definita permette quindi l'utilizzo del modello di simulazione più avanzato possibile, in relazione al tipo di simulazione richiesta (climatologica oppure puntuale) e, in situazioni orografiche come quella in esame (caratterizzata da un territorio montuoso posto nei pressi della linea di costa), costituisce un notevole progresso rispetto all'utilizzo di codici gaussiani, quali ad esempio il molto conosciuto ISC3.

Si osservi che questa procedura è divenuta possibile solo recentemente, a causa dell'elevato progresso sia dell'elettronica che del software. La procedura così definita è infatti in accordo, ed anzi costituisce un ulteriore passo avanti, rispetto alla citata norma UNI 10964 che riconosce che *“l'esecuzione delle simulazioni sull'arco dell'anno sono onerose pertanto questi modelli [tridimensionali] vanno utilizzati solo per simulare le situazioni che si ritengono più critiche”*.

3.5 FASE DI POST-PROCESSING

In base alle caratteristiche del modello utilizzato, gli inquinanti considerati sono diversificati solo dal rateo di emissione, in quanto il modello trascura le possibili reazioni chimiche subite in atmosfera dal singolo inquinante gassoso. In particolare, per quanto riguarda gli ossidi di azoto, le simulazioni modellistiche consentono la stima delle concentrazioni di NO_x , mentre la legislazione pone limiti, oltre che su gli ossidi di azoto totali, anche per le concentrazioni di biossido di azoto (NO_2). All'atto dell'emissione, generalmente l' NO_2 costituisce una frazione limitata (qualche percento) degli NO_x , costituiti principalmente da NO: l' NO_2 si forma, a partire dall'NO, attraverso reazioni chimiche che dipendono fortemente sia dalle condizioni meteorologiche sia dalle concentrazioni di ozono (O_3) e degli idrocarburi presenti in atmosfera.

La stima delle concentrazioni di biossido di azoto è stata effettuata mediante due ipotesi: la prima di esse, particolarmente conservativa, prevede una conversione totale degli ossidi di azoto in biossido, fenomeno sicuramente non fisicamente possibile. La seconda ipotesi, applicando un modello di equilibrio funzione della stabilità atmosferica (e quindi dell'irraggiamento solare) e dei livelli di ozono presumibili, prevede una

conversione parziale degli ossidi totali. Il modello è esprimibile mediante la cosiddetta relazione di stato fotostazionario:

$$[O_3] = \frac{k_2[NO_2]}{k_4[NO]}$$

dove:

- $k_2 = 167 \exp(-0,575/\cos\theta) \text{ s}^{-1}$ (con θ angolo della radiazione solare), velocità di reazione delle equazioni di fotodissociazione di NO_2
- $k_4 = 919,8/T \exp(-1450/T) \text{ ppb}^{-1} \text{ min}^{-1}$ (T temperatura espressa in Kelvin), velocità di reazione dell'equazione di distruzione di O_3

ed i segni [] indicano la concentrazione di una determinata specie chimica. Il modello prevede un rateo di conversione minimo oscillante tra 0,55 e 0,85 al variare della situazione di Stabilità atmosferica tra F ed A.

Cautelativamente è ipotizzato che la conversione, pur parziale, avvenga istantaneamente all'uscita dal camino.

3.6 ANALISI DEI RISULTATI E CONFRONTO CON I LIMITI DI LEGGE

Nei sottoparagrafi di questa sezione sono presentati i risultati delle simulazioni condotte, espressi come parametri statistici dei valori di concentrazione medi orari o giornalieri calcolati. Per i principali parametri sono riportati:

- il valore massimo valutato sull'intero dominio di calcolo;
- i valori calcolati in corrispondenza delle zone ove risultano ubicate le stazioni di monitoraggio ricadenti all'interno del dominio di calcolo;
- le mappe di distribuzione spaziale.

Dall'analisi dei risultati si deduce che nella maggior parte dei casi i valori di picco si verificano al di là dei confini nazionali, in territorio sloveno, mentre in territorio italiano i valori riportati in tabella risultano inferiori anche del 50% rispetto a tali valori. In base a tale considerazione l'analisi consente di esprimere un giudizio sugli effetti transfrontalieri dell'esercizio dell'impianto.

Infine, occorre osservare che nelle simulazioni a carattere climatologico non è stato considerato il monossido di carbonio perché, come noto, le concentrazioni al suolo di questo inquinante, indotte da centrali termoelettriche, sono del tutto trascurabili (generalmente tre ordini di grandezza inferiori ai limiti di legge). Si ricorda infatti che mentre le emissioni di monossido di carbonio, e quindi le concentrazioni al suolo, sono paragonabili a quelle degli ossidi di azoto, i limiti di concentrazione ammessi per il monossido di carbonio sono assai superiori di quelli per gli ossidi di azoto (10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [media giornaliera su 8 ore] contro 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [99,8° o 98° percentile delle concentrazioni orarie]). Simulazioni relative al monossido di carbonio sono state quindi effettuate solo per le particolari situazioni atmosferiche di approfondimento simulate con il codice Safe Air.

3.6.1 Ossidi di Azoto

Nella tabella 3/3 sono riportati i valori massimi dei parametri statistici da confrontare con i limiti di legge nel caso di NO_x e NO_2 , mentre le mappe di distribuzione spaziale più significative sono riportate nelle figure da 3/4 a 3/7.

	99,8° Percentile ¹	98° Percentile ²	50° Percentile ³	Media Annuale ⁴	
Valore massimo	65,8 / (132)	3,99 / (5,8)	0 / (0)	2,1 / (4,2)	
Monfalcone	10 / (15)	< 0,5 / (0,5)	0 / (0)	< 0,5 / (0,5)	
Fiumicello	2 / (2,5)	< 2 / (2)	0 / (0)	<0,2 / (0,2)	
Doberdò	5 / (10)	< 0,5 / (0,5)	0 / (0)	< 0,2 / (0,2)	
Fossaloni di G.	1,5 / (2)	< 0,05 / (0,05)	0 / (0)	<0,1 / (0,1)	
Ronchi dei L.	4 / (5)	< 0,5 / (0,5)	0 / (0)	<0,1 / (0,1)	
Limite di Legge ⁵	200 / (-)	200 / (-)	50 / (-)	Prot. Popolazione 40 / (-)	Prot. Vegetazione - / (30)

Note:

1: 99,8°percentile, su base annua, delle concentrazioni orarie di NO₂ ed NO_x (valore tra parentesi).

2: 98°percentile, su base annua, delle concentrazioni orarie di NO₂ ed NO_x (valore tra parentesi).

3: 50°percentile, su base annua, delle concentrazioni orarie di NO₂ ed NO_x (valore tra parentesi).

4: Concentrazione Media annua di NO₂ ed NO_x (valore tra parentesi).

5: Limite riferito agli NO₂ ed NO_x (valore tra parentesi).

Tabella 3/3 Concentrazioni di NO₂ ed NO_x (µg/m³)

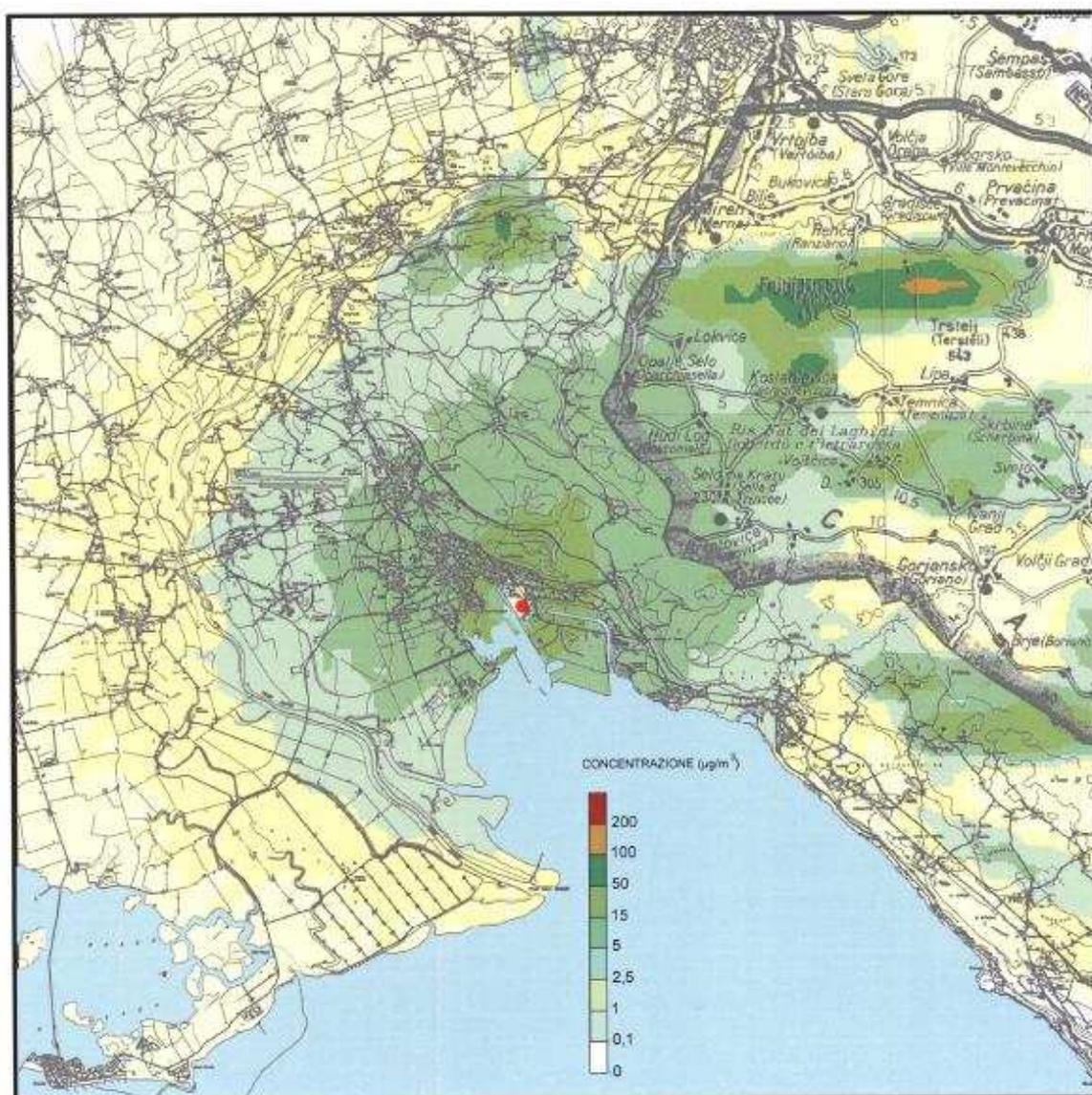


Figura 3/4 NO_x: 99.8 percentile

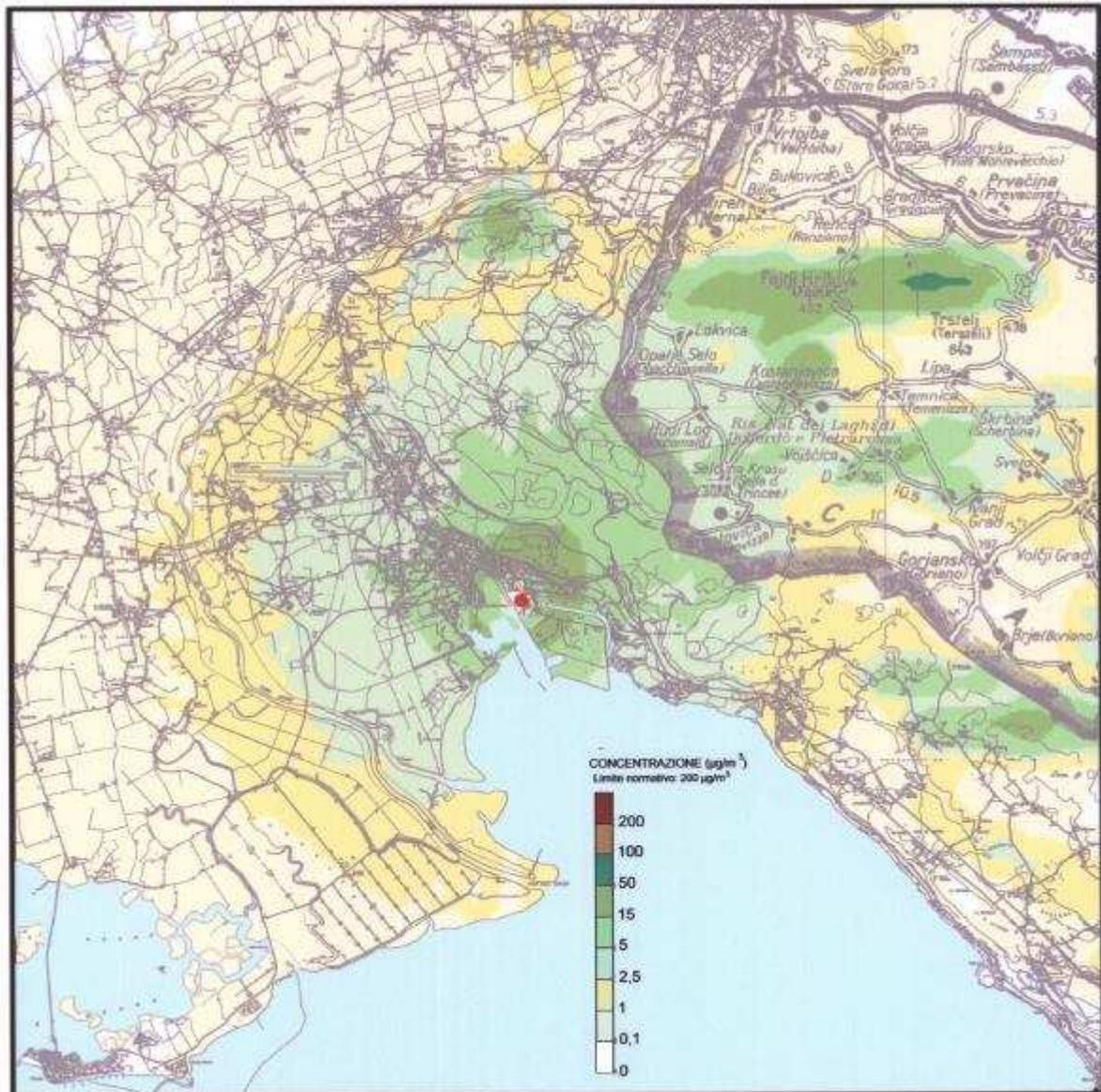


Figura 3/5 NO₂: 99.8 percentile

I valori del 99,8° percentile sono generalmente assai modesti, tranne che in corrispondenza dei rilievi orografici, dove comunque raggiungono valori sempre assai inferiori ai limiti di legge che sono stati definiti per la protezione della popolazione. In relazione alla scarsità di popolazione di tali zone, si ritiene per altro che l'unico limite applicabile in queste zone di montagna sia quello riferito alla media annua definito per la protezione della vegetazione: anche in questo caso i valori calcolati sono ampiamente inferiori al valore limite.

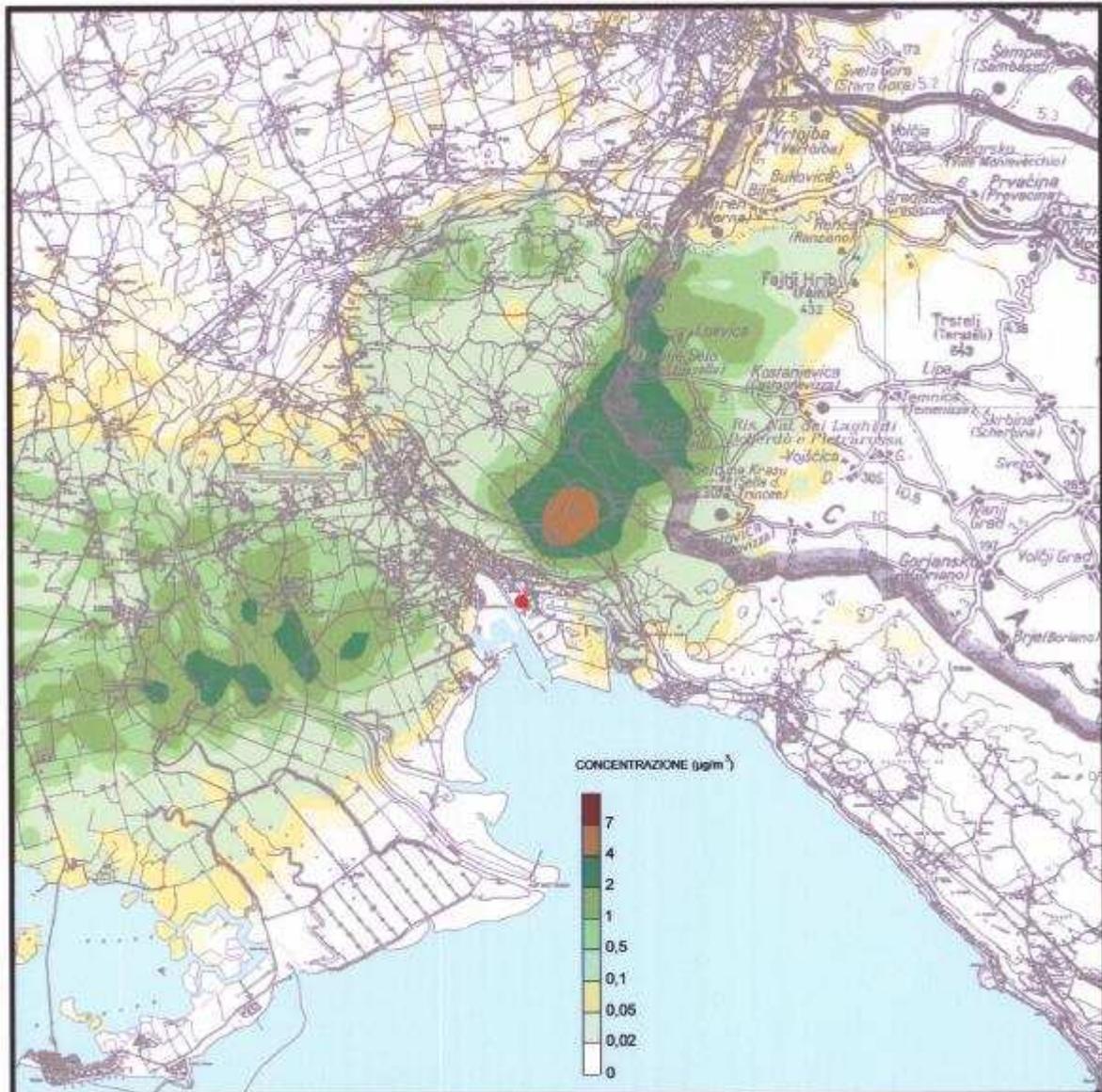


Figura 3/6 NO_x: 98° percentile

Il 98° percentile annuo delle concentrazioni medie orarie risulta distribuito secondo la direzione prevalente del vento (verso Sud Ovest) e secondo i rilievi orografici (verso Nord Est).

Le concentrazioni medie annue sono ampiamente inferiori ai limiti applicabili, sia presso i luoghi abitati (ove vige un limite di 40 µg/m³ riferito al biossido di azoto) sia presso le aree naturalisticamente sensibili (ove vige un limite di 30 µg/m³ riferito agli ossidi totali di azoto).

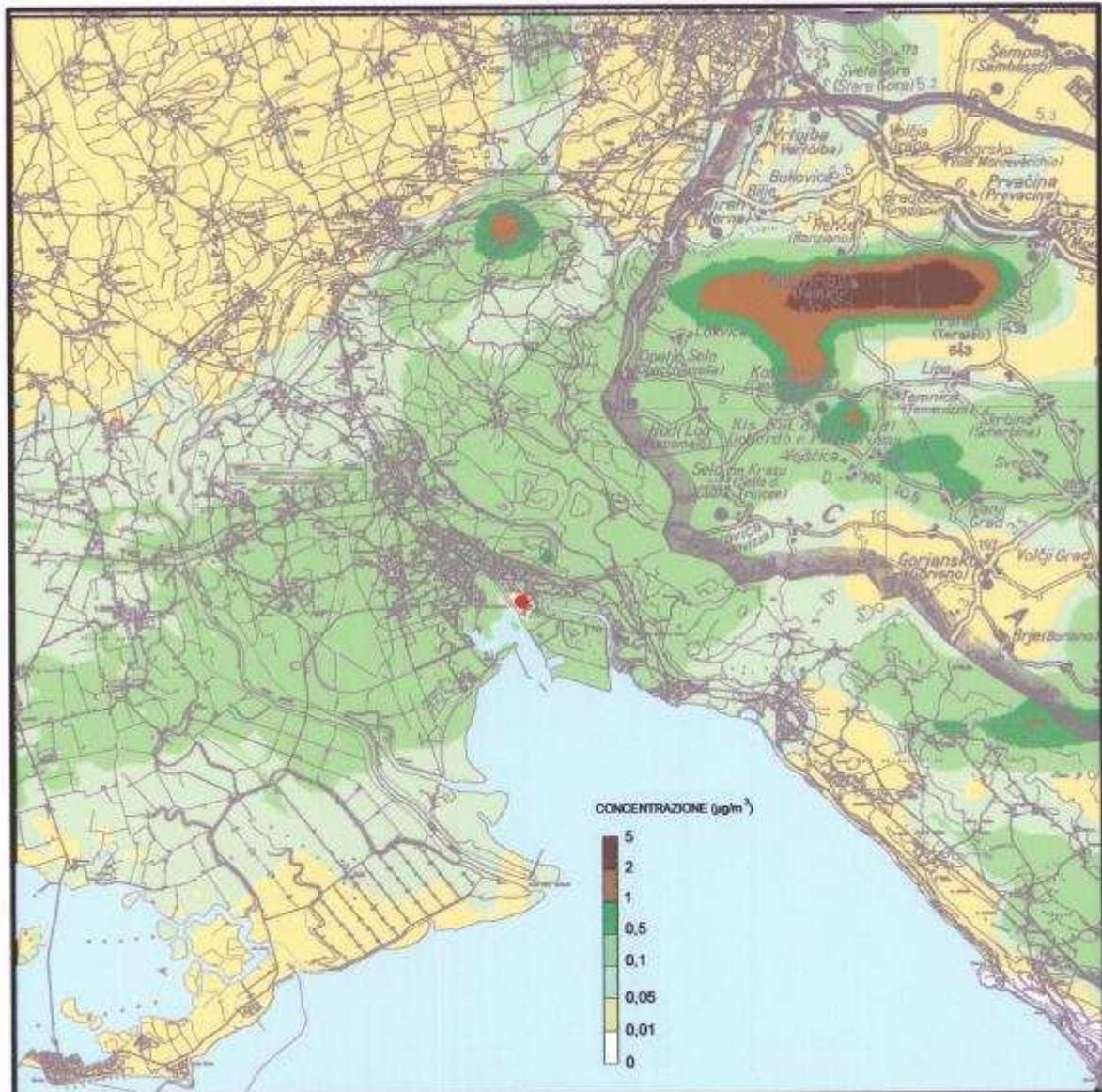


Figura 3/7 NOx: media annua

Le simulazioni condotte permettono quindi di confermare un contributo dell'impianto ampiamente al di sotto dei limiti di legge

3.6.2 Biossido di Zolfo

Le concentrazioni massime di SO₂ sono riportate nella tabella 3/4; nelle figure 3/8 e 3/9 è riportata la mappa di distribuzione dei parametri di legge.

	99,726 ° Percentile Orario ¹	99,17° Percentile Giornaliero ²	Media Annuia ³	50° Percentile ⁴	98° Percentile ⁵	Massima Conc. Media Giornaliera
Valore massimo	117	9,04	3,9	0	< 9,04	9,04
Monfalcone	15	< 9,04	< 0.5	0	< 9,04	< 9,04
Fiumicello	2.5	< 9,04	< 0.5	0	< 9,04	< 9,04
Doberdò	10	< 9,04	< 0.5	0	< 9,04	< 9,04
Fossalon di G.	1	< 9,04	< 0.1	0	< 9,04	< 9,04
Ronchi dei L.	5	< 9,04	0.1	0	< 9,04	< 9,04
Limite di Legge	350	125	20	80	250	

Note:

- 1: 99,726 delle concentrazioni orarie di SO₂
- 2: 99,178 percentile, su base annua, delle concentrazioni giornaliere SO₂
- 3: Concentrazione media annua di SO₂.
- 4: 50 °percentile, su base annua, delle concentrazioni giornaliere di SO₂.
- 5: 98 °percentile, su base annua, delle concentrazioni giornaliere di SO₂.

Tabella 3/4 Concentrazioni di SO₂ (µg/m³)

Anche nel caso del biossido di zolfo, i più elevati percentili delle concentrazioni orarie sono distribuiti secondo l'orografia piuttosto che secondo la rosa dei venti: i massimi sono quindi localizzati presso i rilievi montuosi. Viceversa, la distribuzione della media annua risente in modo significativo anche della distribuzione dei venti.

A titolo cautelativo, per il valore della media giornaliera superato per più di 3 volte l'anno (99,17° percentile) è stata riportata la concentrazione massima giornaliera, che rappresenta una sovrastima di detto valore.

I limiti di legge siano ovunque rispettati (sia nei luoghi abitati che presso le aree naturalisticamente sensibili).

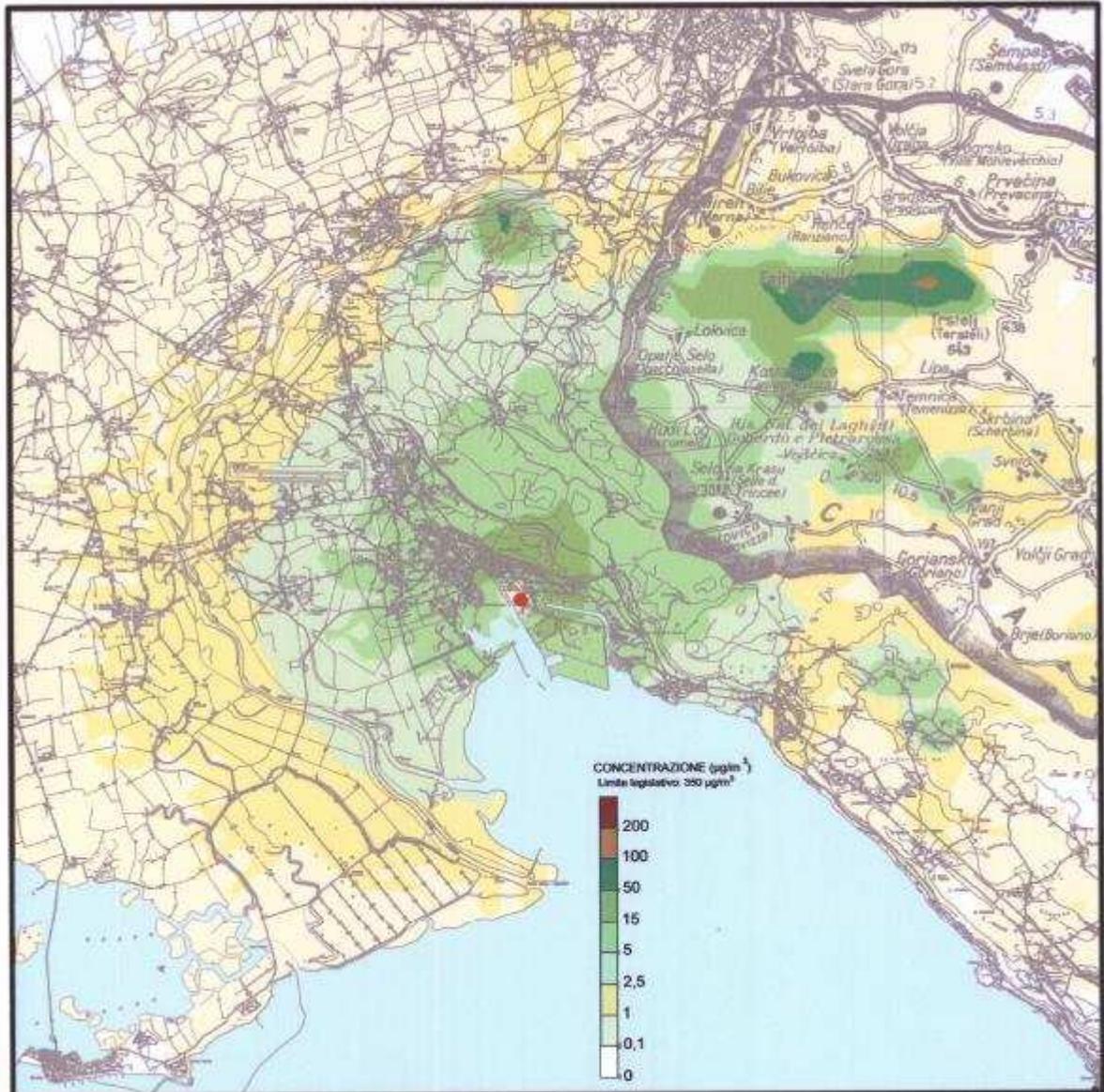


Figura 3/8 SO₂: valore superato per x volte (99.7 percentile)

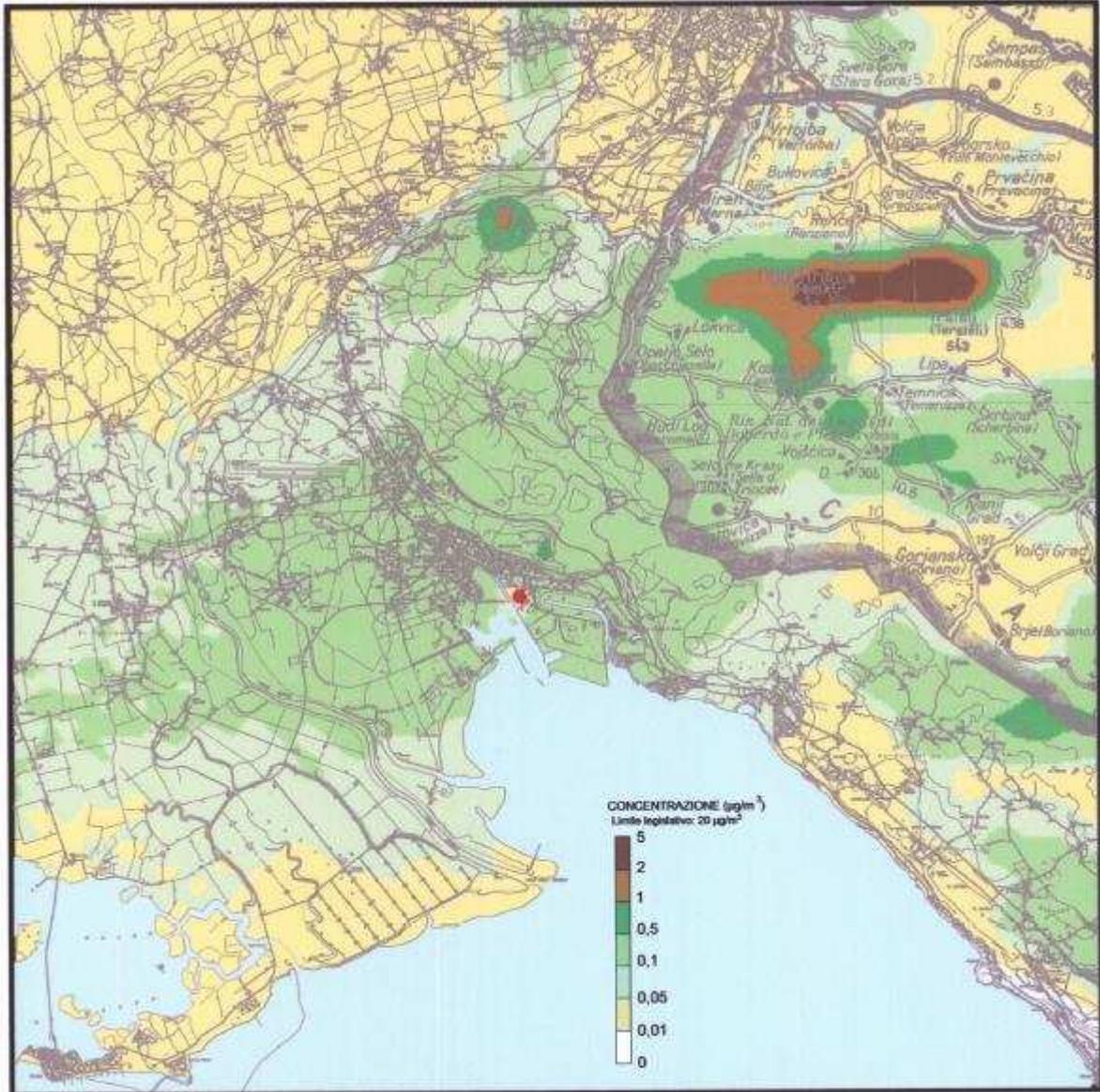


Figura 3/9 SO₂: medie annue

3.6.3 Polveri Totali Sospese

Al momento non esistono limiti normativi per le concentrazioni di polveri totali (quelli precedentemente in vigore sono stati abrogati dal *DM 60/2000*); nel seguito si fa comunque riferimento ai vecchi limiti, che prendono in considerazione le medie giornaliere. Il limite è confrontato con la concentrazione massima giornaliera, che rappresenta una sovrastima del percentile di riferimento.

Scenario	95 °Percentile ¹
Futuro	< 0.66
Limite di Legge	300

Note: 1: 95° percentile delle concentrazioni giornaliere di PST

Tabella 3/5 Concentrazioni di PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Nella tabella 3/5, nonostante la cautelatività del metodo, i risultati mostrano un ampio rispetto dei limiti.

3.6.4 PM₁₀

Onde evidenziare l'ampio margine di rispetto dei limiti di legge, le concentrazioni atmosferiche di polveri totali sono state confrontate con i limiti di legge applicabili al solo PM₁₀. Nella successiva tabella 3/6 sono riportate la massima concentrazione giornaliera e i percentili orari e giornalieri (vale quanto detto in precedenza in merito al calcolo delle concentrazioni medie giornaliere).

Scenario	Massima Concentrazione Media Giornaliera	90,4 °Percentile ¹	C. Media Annua ²
Futuro	0,66 (PTS)	< 0,66 (PTS)	0,30 (PTS)
Limite di Legge	non normato	50	40

Note:

1: 90,4°percentile, su base annua, delle concentrazioni giornaliere di PM₁₀

2: Concentrazione media annua di PM₁₀.

Tabella 3/6 Concentrazioni di PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Anche in questo caso, i risultati mostrano un rispetto dei limiti.

3.6.5 Risultati delle Simulazioni di specifiche situazioni

Come precedentemente accennato, per lo studio di particolari condizioni meteorologiche, è stata adottata un'altra e più complessa metodologia. Le situazioni studiate sono quelle che soddisfano alle seguenti condizioni:

- sono caratteristiche del sito;
- possono determinare concentrazioni al suolo critiche;
- non è possibile garantire a priori che le precedenti simulazioni a carattere climatologico siano rappresentative anche di queste situazioni particolari.

Situazioni caratteristiche del sito, che soddisfano anche la terza delle precedenti condizioni, sono quelle in cui si manifestano venti locali (brezze) oppure il fenomeno della bora. Il secondo di questi non è tuttavia considerato critico. Infatti all'aumentare della velocità del vento si manifestano i seguenti fenomeni favorevoli alla dispersione degli inquinanti:

- la stabilità atmosferica si porta in condizioni neutre, condizioni ottimali per la dispersione di un inquinante emesso da un camino alto, in quanto evita sia le elevate concentrazioni al suolo in prossimità della sorgente (caratteristiche delle situazioni di elevata instabilità atmosferica), che le eventuali concentrazioni elevate in lontananza dalla sorgente e in prossimità di rilievi montuosi (caratteristiche invece di situazioni di elevata stabilità);
- la concentrazione al suolo, a parità di altre condizioni, si riduce proporzionalmente all'aumentare della velocità del vento.

A questi fenomeni fisici favorevoli alla dispersione in caso di vento forte (sia esso di bora o meno) deve aggiungersi quello negativo della riduzione dell'innalzamento termico del pennacchio. Tuttavia, all'aumentare della velocità del vento, difficilmente possono manifestarsi situazioni critiche. Inoltre, nel caso in esame, i venti forti associati al fenomeno della bora trasportano gli inquinanti verso terreni pianeggianti o addirittura verso il mare, non avendo quindi modo di determinare situazioni critiche.

Per i motivi spiegati, il fenomeno della bora non è quindi ritenuto critico e non è indagato in dettaglio. Viceversa, sono indagati in dettaglio i fenomeni di brezza determinati dalla presenza della linea di costa, ed in particolare i fenomeni di brezza di mare nelle ore diurne, in quanto capaci di trasportare gli inquinanti verso l'interno.

Per fare ciò sono stati acquisiti dati meteorologici di dettaglio (risoluzione spaziale 6 km) elaborati da modelli di analisi meteorologica. I giorni analizzati sono quelli precedentemente indicati: 20 luglio e 21 settembre 2003. Per ogni punto disponibile, interno al dominio di calcolo, è stata fornito un profilo verticale di temperatura dell'aria e velocità e direzione del vento. Il profilo più prossimo alla *Centrale*, tra quelli disponibili, è riportato (per le ore sinottiche 00:00 e 12:00) nella seguente tabella 3/7.

20 Luglio 2003						
Altezza (m)	Mezzogiorno			Mezzanotte		
	Temperatura (°C)	Direzione Vento (°)	Velocità Vento (m/s)	Temperatura (°C)	Direzione Vento (°)	Velocità Vento (m/s)
10	29,6	242	2,9	22,1	20	0,5
143	28,7	243	2,9	27	9	0,8
829	22,2	230	2,4	22,4	323	0,8
1.555	15,7	342	1,1	17,6	267	1,5
3.179	7	339	5,2	8	338	3,4
5.857	-9,7	323	8,4	-10,5	289	4,6
7.540	-21,7	305	9,8	-22,1	269	8,5
9.584	-38,9	303	12,7	-37,9	274	13,8

21 Settembre 2003						
Altezza (m)	Mezzogiorno			Mezzanotte		
	Temperatura (°C)	Direzione Vento (°)	Velocità Vento (m/s)	Temperatura (°C)	Direzione Vento (°)	Velocità Vento (m/s)
10	24,7	242	2,3	19,7	174	0,9
197	23,9	241	2,6	20,4	168	1,3
870	18,2	245	2,4	17,4	228	2,3
1.589	14,6	250	3	13,6	241	4,1
3.200	5,9	191	2,7	5	198	5,5
5.861	-12,5	159	6,4	-13,4	171	7,3
7.522	-25	163	6,3	-25,1	172	8,3
9.548	-40	176	8,7	-41,6	167	10,3

Tabella 3/7 Profili Verticali di Vento e Temperatura nei Pressi della Centrale

A mezzogiorno del 20 luglio l'atmosfera, nei primi 100 metri di quota, è sostanzialmente neutra (gradiente verticale di temperatura dell'ordine di $-0,7^{\circ}\text{C}/100$ metri), con direzione del vento al suolo da Sud Ovest e in quota (al di sopra di circa 1.500 metri) da Nord Ovest. A mezzanotte, si ha una fortissima inversione termica al suolo (gradiente verticale di temperatura dell'ordine di $+3,8^{\circ}\text{C}/100$ metri) ed un vento al suolo da Nord-Nord Est mentre in quota persiste una corrente generale da Nord Ovest. La situazione è quindi tipica di una brezza di mare assai sviluppata (con altezza del flusso di ritorno ben superiore a 1.000 metri), come spesso si manifesta in caso di venti sinottici deboli e provenienti da Nord, con cielo sereno durante il corso delle 24 ore.

Leggermente diversa la situazione il 21 settembre, con flusso di aria in quota da Sud. Adesso l'aria è umida e nelle ore diurne si sviluppa comunque una brezza di mare. Tuttavia verso mezzanotte si manifesta della nuvolosità, che riduce l'entità dell'inversione termica al suolo e quindi i fenomeni di brezza di terra notturni.

Inserendo nel modello di dispersione i dati di input del tipo di quelli sopra analizzati (un dato per ogni nodo di una griglia con passo 6 km ed ogni 3 ore) è stato ricostruito il campo di vento ad alta risoluzione (circa 600 metri).

Quindi è stata effettuata la simulazione di dispersione atmosferica relativa alle 24 ore. L'altezza dello strato di miscelamento è in questo caso automaticamente ricavata dal profilo verticale di temperatura. Interessante osservare che nelle ore diurne sembra confermata una legge parabolica di crescita dello strato instabile a contatto del suolo al crescere della distanza dalla costa, che conduce ad una altezza dello strato di miscelamento (e quindi di fumigazione) di circa 300 metri a 3-4 km dalla stessa linea di costa.

I risultati delle simulazioni sono riportati, in forma numerica oltre che grafica, nelle figure 3/10, 3/11, 3/12 e 3/13. A livello generale, si osserva che nelle ore diurne la concentrazione è sostanzialmente nulla in estrema prossimità della sorgente; tuttavia ad una certa distanza (dell'ordine dei pochi km) si ha un ripidissimo aumento dei valori, che raggiungono il loro massimo. Successivamente il pennacchio tende a diffondersi in modo molto ampio e sostanzialmente in forma rettilinea.

I pennacchi emessi dai vari camini hanno un comportamento ed una traiettoria leggermente diversi, a causa della diversa velocità e direzione del vento alle quote a cui si disperdono i singoli pennacchi (che sono emessi da camini aventi diversa altezza e diversa spinta di galleggiamento). Questo fenomeno si manifesta in tutte le situazioni e non solo in quelle qui studiate, ma non può essere evidenziato nelle mappe di concentrazione mostrate nel precedente paragrafo (in quanto non sono relative a singoli casi di dispersione ma sono mappe di sintesi).

L'esame delle figure evidenzia che le concentrazioni massime assolute sono inferiori ai limiti di legge.

A completamento della precedente trattazione, si osservi che in caso di fumigazione dovuta a brezza, la concentrazione massima istantanea al suolo **C** può cautelativamente calcolarsi mediante la formula [6]:

$$C = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}\sigma_y u z}$$

dove: Q è la portata, u la velocità del vento media nello strato di brezza – non al suolo - (ipotizzata uguale a 10 m/s), z l'altezza dello strato convettivo nel punto in cui il pennacchio lo raggiunge, e che coincide con l'altezza raggiunta dal pennacchio all'interno dello stato stabile (circa 300 m nel caso in esame) ed infine σ è il parametro di dispersione laterale, nel punto di massima concentrazione (che nel caso in esame vale circa 200 m, avendo ipotizzato che lo strato di instabilità raggiunga la quota di 300 metri a circa 3-4 km dalla linea di costa, si veda sopra).

Mediante applicazione di questo semplice modello si ottengono le concentrazioni massime al suolo riportate nella tabella 3/8.

Scenario	NOx	NO ₂	SO ₂	PTS	CO
Futuro	146,9	110,2	123,4	9,5	22,2*

(*) Relative alle sole emissioni della sezione 4 trasformata a ciclo combinato

Tabella 3/8 Stima di Prima Approssimazione delle Concentrazioni Massime Assolute al Suolo in Caso di Brezze di Mare ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Le concentrazioni di NO₂ sono ottenute ipotizzando un ragionevole fattore di conversione degli NO_x, pari a 0,75. Dato il margine di cautela ed il valore di massimo istantaneo della concentrazione così stimata, i risultati sono in pieno accordo con i valori calcolati nelle simulazioni di tipo climatologico e quindi non critici se confrontati con i valori massimi assoluti ammessi dalla normativa (valori di allarme ed attenzione). Per quanto riguarda le concentrazioni di CO (a differenza degli altri inquinanti calcolate per la sola sezione 4 trasformata in ciclo combinato) si rileva che sono circa 3 ordini di grandezza inferiori rispetto ai limiti normativi.

E' stata infine analizzata la presenza di una eventuale criticità dovuta al fenomeno del "ricircolo", in cui l'inquinante tende ad accumularsi all'interno della cella convettiva all'origine della brezza, ipotizzata con scarso scambio di aria con le celle circostanti. L'analisi è condotta in modo estremamente sintetico, in quanto si dimostra facilmente che le portate in gioco non sono tali da determinare significativi effetti di accumulo.

In base alle caratteristiche medie delle brezze sui nostri litorali, si può ipotizzare che le dimensioni della cella convettiva, immaginata come totalmente isolata dalla restante parte di atmosfera, sia di circa 1.000 metri in altezza e almeno 40 km in larghezza (circa 10 km sul mare e circa 30 in terra). Più difficile la stima della dimensione laterale, ma si può assumere, con estrema cautela che essa sia di circa 10 km (si consideri che dopo 50 km di percorso, un pennacchio emesso in atmosfera in classe di Stabilità A ha un'ampiezza di circa 10 km, corrispondente a $2 \sigma_y$).

Le concentrazioni di accumulo, al termine della giornata (dopo 8 ore di brezza) e immaginando una miscelazione perfetta degli inquinanti all'interno della cella convettiva sono riportati nella seguente tabella 3/9.

Scenario	NOx	NO ₂	SO ₂	PTS	CO
Futuro	15,9	11,9	13,4	1,0	2,4*

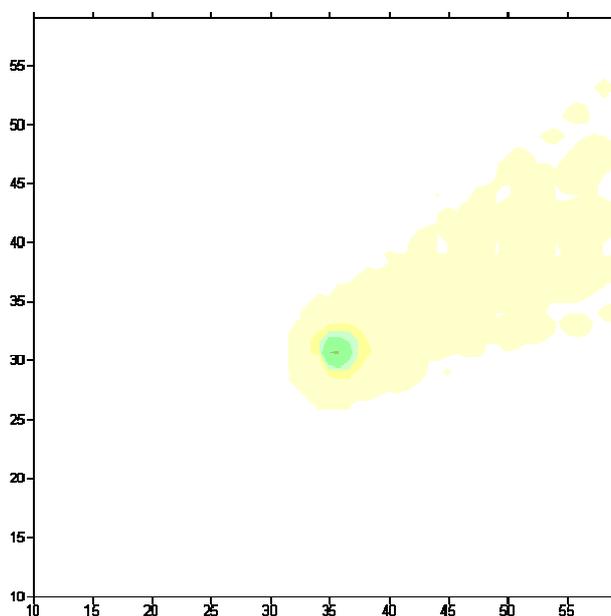
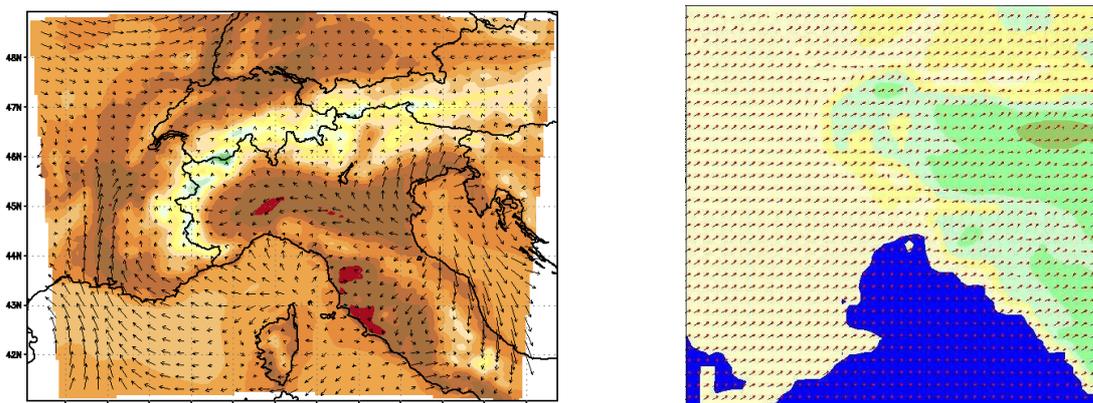
(*) Relative alle sole emissioni della sezione 4 trasformata a ciclo combinato

Tabella 3/9 Stima di Prima Approssimazione delle Concentrazioni Massime dovute ad Accumulo in una Cella Convettiva ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Considerando che:

- la cella convettiva non è certo totalmente isolata;
- le dimensioni laterali della cella sono certamente sottostimate, probabilmente anche di un fattore 3 o 4;
- la massa totale di accumulo è probabilmente sovrastimata in quanto difficilmente si hanno 8 ore di brezza e contemporaneo funzionamento della *Centrale* al 100% della potenza;
- il valore stimato è quello massimo giornaliero e non la media giornaliera;

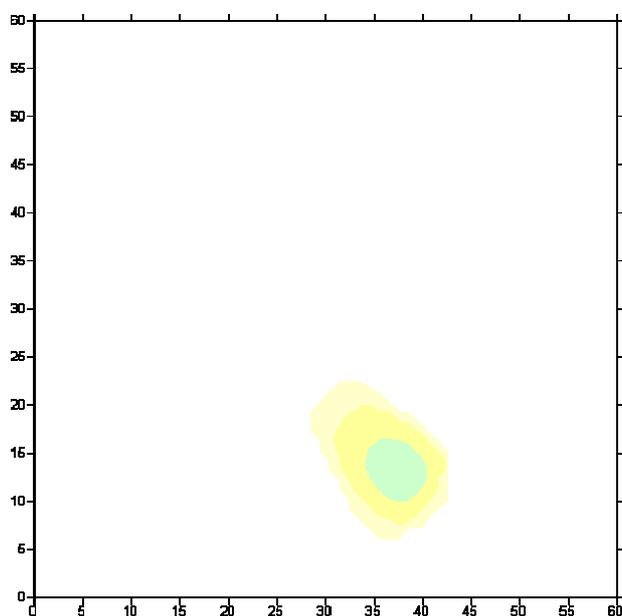
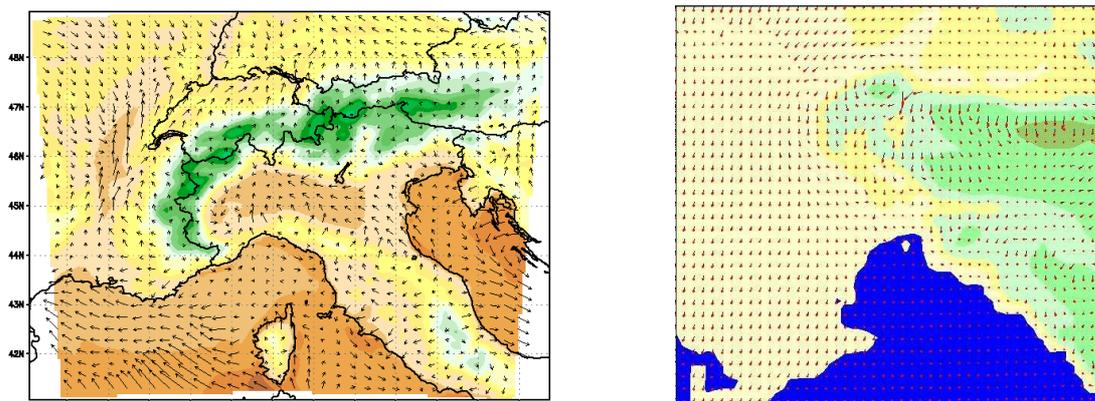
si ritiene che l'accumulo dovuto a ricircolo abbia un effetto non critico.



Scenario	NOx	NO ₂	SO ₂	PTS
Futuro	26	19	28	2,2

Figura 3/10 Situazione del 20 luglio 2003 Ore 12:00

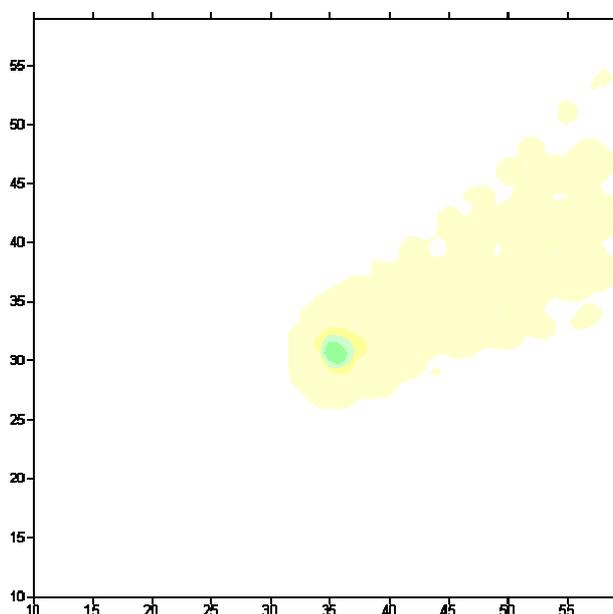
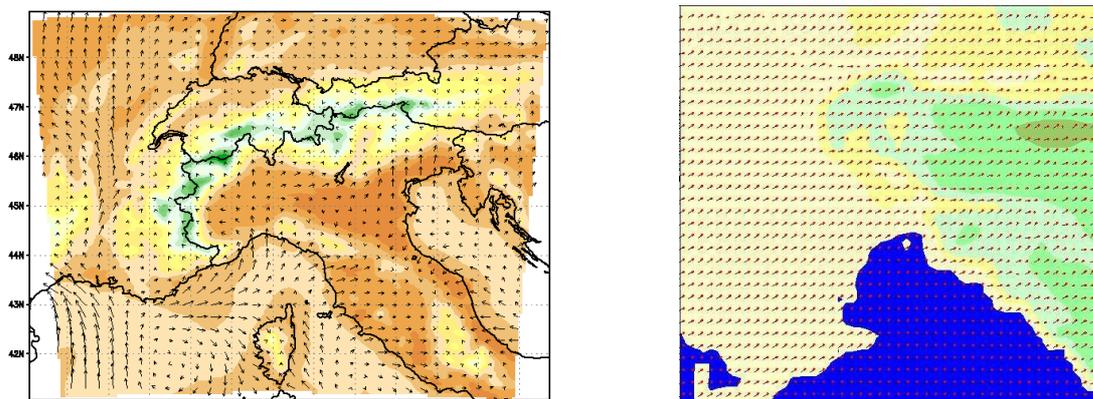
Il fenomeno meteorologico analizzato alle ore 12:00 del 20 luglio è quello classico che si determina in caso di brezze di mare. La concentrazione è nulla in prossimità della sorgente ma a poca distanza da essa presenta un vistoso e locale incremento (Fumigazione). A maggiori distanze, il pennacchio si disperde in modo sostanzialmente rettilineo. Nonostante sia questo un caso potenzialmente critico, l'assenza di rilievi montuosi nelle immediate vicinanze della centrale permette di mantenere le concentrazioni a livelli assai limitati.



Scenario	NOx	NO ₂	SO ₂	PTS
Futuro	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Figura3/11 Situazione del 20 luglio 2003 Ore 24:00

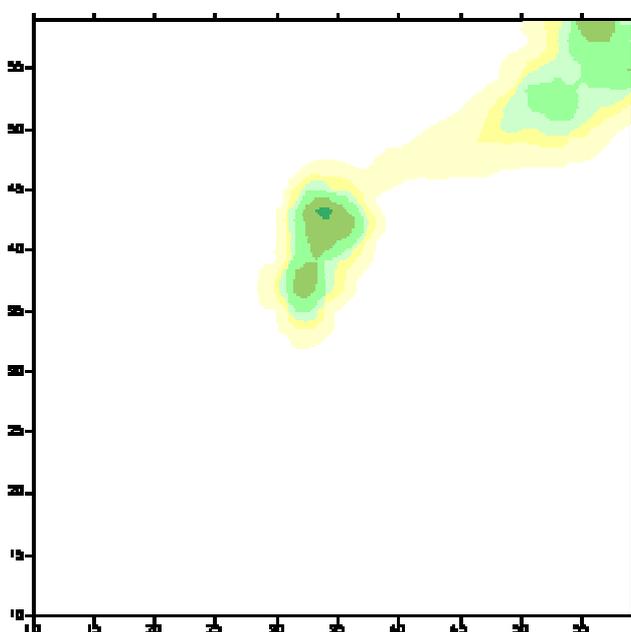
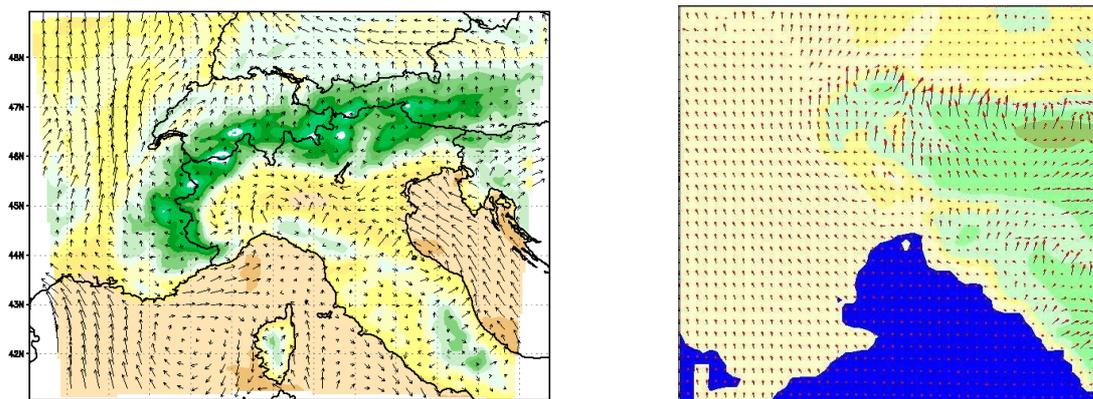
La brezza di terra ed i venti sinottici spingono il pennacchio verso il mare, in lontananza da ostacoli orografici. Il pennacchio, in atmosfera stabile, si mantiene ben stretto e quindi le concentrazioni al suolo sono ovunque del tutto trascurabili.



Scenario	NOx	NO ₂	SO ₂	PTS
Futuro	17	13	13	1,3

Figura3/12 Situazione del 21 settembre 2003 Ore 12:00

La situazione analizzata alle ore 12:00 del 21 settembre è molto simile a quella relativa alle ore 12 del 20 Luglio, ma nel caso in esame la velocità del vento è inferiore e quindi il pennacchio può innalzarsi a quote più elevate. Il punto di fumigazione si allontana dalla sorgente e la concentrazione massima al suolo si riduce.



Scenario	NOx	NO ₂	SO ₂	PTS
Futuro	120	90	120	9,8

Figura 3/13 Situazione del 21 settembre 2003 Ore 24:00

Il più debole fenomeno di brezza, rispetto al precedente caso della notte del 20 Luglio, determina una dispersione del pennacchio verso l'interno anziché verso la costa. A causa della presenza di rilievi e della stabilità atmosferica, le concentrazioni al suolo evidenziano alcuni massimi, localizzati ad elevata distanza dalla sorgente.

Le concentrazioni di picco divengono quindi significative, anche se ancora ben inferiori ai limiti di legge, con valori massimi alcuni ordini di grandezza superiori a quelli riscontrati nel precedente caso notturno riferito al mese di Luglio.

4 CONFRONTO CON SQA

Per ciascuna componente della matrice ambientale i criteri di soddisfazione sono generalmente due, uno relativo al controllo del livello totale di inquinamento e l'altro relativo al controllo degli incrementi di inquinamento dovuti alla proposta impiantistica.

In tale ambito sono definite le seguenti grandezze:

- SQA, lo standard di qualità ambientale, rappresentato dai limiti definiti nell'ambito della normativa vigente;
- L_F , il livello di inquinamento finale, rappresentato dalla sovrapposizione del contributo dell'impianto al livello di inquinamento preesistente;
- C_A , il contributo aggiuntivo all'inquinamento dovuto all'impianto.

I criteri di soddisfazione sono i seguenti:

$$L_F < SQA \quad (1)$$

(per il controllo del livello di inquinamento complessivo nell'area)

$$C_A \ll SQA \quad (2)$$

(per il controllo degli incrementi di inquinamento nell'area)

Con particolare riferimento alla componente atmosfera, la qualità dell'aria complessiva con l'impianto in esercizio, è ben descritta, nel caso in esame, dalla concentrazione di NO_x/NO_2 ed SO_2 (l'impatto degli altri inquinanti quali PTS e PM_{10} è del tutto trascurabile).

Nella tabella 4/1 si riportano, i valori rappresentativi delle grandezze che consentono di effettuare, per la componente in esame, i confronti (1) e (2) per la stazione di Monfalcone – Rete ENDESA, che risulta essere quella ove si registrano i maggiori risentimenti dell'esercizio dell'impianto. L'analisi è stata riferita ai dati più recenti (2005), per periodi di riferimento diversi si perviene alle medesime conclusioni.

I contributi dell'impianto (C_A) sono quelli calcolati in base alle simulazioni numeriche sopra descritte; il livello finale L_F è ottenuto a partire da quello effettivamente rilevato sperimentalmente presso le centraline di monitoraggio, che, in base ai risultati delle

simulazioni (valori di concentrazione immessi di modesta entità), può considerarsi indipendente dalle variazioni impiantistiche previste presso la centrale ENDESA. nello scenario futuro.

STAZIONE DI MONFALCONE - 2005					
SQA		C _A µg/m ³	L _F µg/m ³	L _F < SQA	C _A /SQA %
parametro	valore				
NO ₂ valore superato per 18 ore/anno	200	10.0	81.0	OK	5.0
NO ₂ 98°percentile	200	1.0	53.0	OK	0.5
NO ₂ media annuale	40	0.5	9.4	OK	1.3
NO _x media annuale	30	0.5	19.6	N.A.	1.7
SO ₂ valore superato per 24 ore/anno	350	15.0	43.0	OK	4.3
SO ₂ valore superato per 3 giorni/anno	125	9.0	18.0	OK	7.2
SO ₂ media annuale	20	0.5	6.7	OK	2.5
SO ₂ mediana medie 24 ore	80	0.0	6.0	OK	0.0
SO ₂ 98°percentile medie 24 ore	250	9.0	15.0	OK	3.6

N:A. = limite per la protezione della vegetazione non applicabile in ambito urbano

Tabella 4/1 Confronto con gli SQA

Dall'esame della tabella precedente si deduce che la proposta impiantistica risulta pienamente soddisfacente sia dal punto di vista del livello di inquinamento finale che da quello dell'entità del proprio contributo all'inquinamento atmosferico dell'area circostante.

5 CONCLUSIONI

Nel presente documento sono stati esaminati gli effetti dell'esercizio della centrale Termoelettrica di Monfalcone nella sua configurazione "Futura" sulla componente "Atmosfera", con il supporto di modelli di calcolo della dispersione degli inquinanti.

Dopo aver definito l'area di indagine, ne sono state evidenziate le principali caratteristiche (uso del territorio, orografia, presenza di centri abitati, infrastrutture, ecc.) ed è stato esaminato lo stato della qualità dell'aria in base alle informazioni disponibili, anche in relazione al quadro normativo vigente.

L'applicazione di modelli matematici, preceduta dall'analisi dei dati di input (dominio di calcolo, caratteristiche delle sorgenti, condizioni meteorologiche, ecc.), ha consentito di valutare i valori medi orari delle concentrazioni al suolo, per un intero anno, in tutta l'area di studio (costituita da un dominio di dimensioni 30 x 30 km²). Le simulazioni di tipo climatologico (ovvero tutte quelle necessarie per la stima delle concentrazioni medie annue o degli altri parametri statistici) sono state effettuate con il codice AVACTA, mentre alcune condizioni climatiche particolari sono state indagate in dettaglio mediante il codice Safe Air e l'uso di dati meteorologici derivanti da modelli previsionali.

Presso i punti ricettori i limiti di legge risultano rispettati con ampio margine, senza necessità di interventi di mitigazione. Inoltre, in base al confronto con gli SQA opportunamente individuati, l'impianto è risultato pienamente soddisfacente sia dal punto di vista del livello di inquinamento finale che da quello dell'entità del proprio contributo all'inquinamento atmosferico dell'area circostante.

In base ai risultati ottenuti, emerge che la Centrale di Monfalcone nella sua configurazione futura, è in armonia con il complesso normativo, con le scelte programmatiche e pianificatorie attualmente vigenti, nonché con gli impegni presi da Endesa Italia con gli enti locali.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] ANPA, Le reti di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia, Documento RTI CTN_ACE 3/2000

- [2] UNI 10796:2000, Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi – Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici, ottobre 2000

- [3] UNI 10964:2001 , Studi di Impatto Ambientale - Guida alla selezione dei modelli matematici per la previsione di impatto sulla qualità dell'aria, settembre 2001

- [4] EPA, Appendix W to PART 51 – Guideline on Air Quality Model, 1999

- [5] European Environment Agency, Model Documentation System (MDS), a web-based database containing information on air quality models,
<http://air-climate.eionet.europa.eu/databases/MDS/index.html>

- [6] Zannetti P., Air pollution modelling, theories, computational methods and available software, Rapporto Tecnico, Computational mechanics publication (Southampton) and Van Nostrand Reinhold (New York), 1990