



Tipo Documento: Relazione tecnica

Codice documento: MFP-GTB-100044-CCGT-02

Rev. n. 0

Pagina 1 di 56

**Progetto di modifica della Centrale Termoelettrica A2A Energiefuture S.p.A.  
 Studio di Impatto Ambientale – Allegato A  
 Stima delle ricadute al suolo degli inquinanti emessi al camino**

**APPLICA**

**LISTA DI DISTRIBUZIONE**



**LOGO E CODIFICA DEL FORNITORE**



EMISSIONE					
			<i>Micheloni</i>	<i>D. Macerata</i>	
0	16/12/2019	Emissione per iter autorizzativo	G. Micheloni	D. Macerata	
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

- Il documento approvato e firmato in originale è depositato presso l'archivio tecnico della S.O.-

Questo documento è proprietà del Gruppo A2A: non può essere utilizzato, trasmesso a terzi o riprodotto senza autorizzazione della stessa. Il Gruppo A2A tutela i propri diritti a norma di legge

## INDICE

<b>1</b>	<b>Premessa</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Descrizione dell'impianto in esame</b> .....	<b>3</b>
2.1	CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO IN PROGETTO.....	4
<b>3</b>	<b>Caratterizzazione della qualità dell'aria</b> .....	<b>8</b>
3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	8
3.2	STATO ATTUALE DI QUALITÀ DELL'ARIA .....	10
3.2.1	<i>Sintesi complessiva</i> .....	11
	<i>Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)</i> .....	11
	<i>Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)</i> .....	12
	<i>Monossido di carbonio (CO)</i> .....	12
	<i>Materiale Particolato (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>)</i> .....	12
	<i>Ozono</i> .....	14
	<i>Benzo(a)pirene e metalli</i> .....	14
	<i>Approfondimento in merito a NO<sub>2</sub> e NOx nell'area di Monfalcone</i> .....	14
<b>4</b>	<b>Descrizione delle elaborazioni effettuate</b> .....	<b>20</b>
4.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO ADOTTATO.....	20
	<i>CALMET</i> .....	20
	<i>CALPUFF</i> .....	21
	<i>CALPOST</i> .....	21
	<i>Versioni utilizzate</i> .....	22
4.2	RICOSTRUZIONE DEL CAMPO METEOROLOGICO .....	22
4.2.1	<i>Domini di simulazione</i> .....	22
4.3	ANDAMENTO DELLE PRINCIPALI VARIABILI METEOROLOGICHE NEL PERIODO DI INDAGINE .....	27
4.3.1	<i>Regime anemologico</i> .....	27
4.3.2	<i>Andamento giornaliero della velocità del vento</i> .....	32
4.3.3	<i>Classe di stabilità atmosferica e altezza dello strato rimescolato</i> .....	32
4.4	DATI IN INGRESSO E PRINCIPALI ASSUNZIONI DELLE SIMULAZIONI EFFETTUATE .....	35
4.4.1	<i>Opzioni di calcolo</i> .....	35
<b>5</b>	<b>Risultati delle simulazioni</b> .....	<b>37</b>
5.1	CONFRONTO CON CENTRALE ESISTENTE .....	39
<b>6</b>	<b>Conclusioni</b> .....	<b>56</b>

## 1 PREMESSA

L'impatto sulla qualità dell'aria determinato dalle emissioni in atmosfera della Centrale Termoelettrica a Ciclo Combinato a gas di Monfalcone è stato analizzato simulando con uno specifico modello matematico le condizioni di dispersione in atmosfera dei fumi emessi dal camino e stimando le concentrazioni addizionali di inquinanti attese al suolo; i valori ottenuti, mediati su diversi scenari temporali, sono stati successivamente confrontati con gli standard di qualità dell'aria vigenti al fine di evidenziare il potenziale contributo al superamento di tali limiti alla luce dei livelli di concentrazione attuali rilevati nell'intorno dell'area in esame dalle stazioni di monitoraggio esistenti.

La scelta del modello di diffusione è stata condotta in base a quanto indicato nelle "Linee Guida Nazionali per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria APAT – CTN ACE 4/2001".

Nel caso di sorgenti puntuali in quota e scala di applicazione locale, estesa fino a 10-20 km, le Linee Guida prevedono, infatti, che la scelta del modello per la valutazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera venga condotta sulla base dei seguenti criteri:

- Disponibilità dati meteorologici
- Rilevanza delle emissioni della sorgente
- Complessità orografica del sito
- Tipologia del regime meteorologico (presenza di calme di vento, regime di brezza).

Le tipologie di modelli applicabili sono:

- Modelli analitici stazionari a pennacchio, Gaussiani e non
- Modelli non stazionari a puff o a segmenti
- Modelli 3D Lagrangiani ed Euleriani

Il sito presenta una morfologia in parte complessa e caratterizzata dall'interazione terra – mare. La disponibilità di dati meteo tridimensionali derivanti da modelli prognostici a scala vasta ha indirizzato la scelta verso un noto modello non stazionario a puff (Calpuff).

Il modello diffusionale è stato applicato alle emissioni di macroinquinanti (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, CO) per stimare nel periodo temporale di riferimento le concentrazioni orarie in corrispondenza di un insieme di recettori discreti distribuiti all'interno dell'area di indagine.

I risultati dell'applicazione del modello diffusionale sono stati, quindi, analizzati in termini di medie e percentili di legge, per essere interpretati alla luce dei limiti fissati dalla normativa italiana, tenuto conto dell'attuale stato di qualità dell'aria della zona.

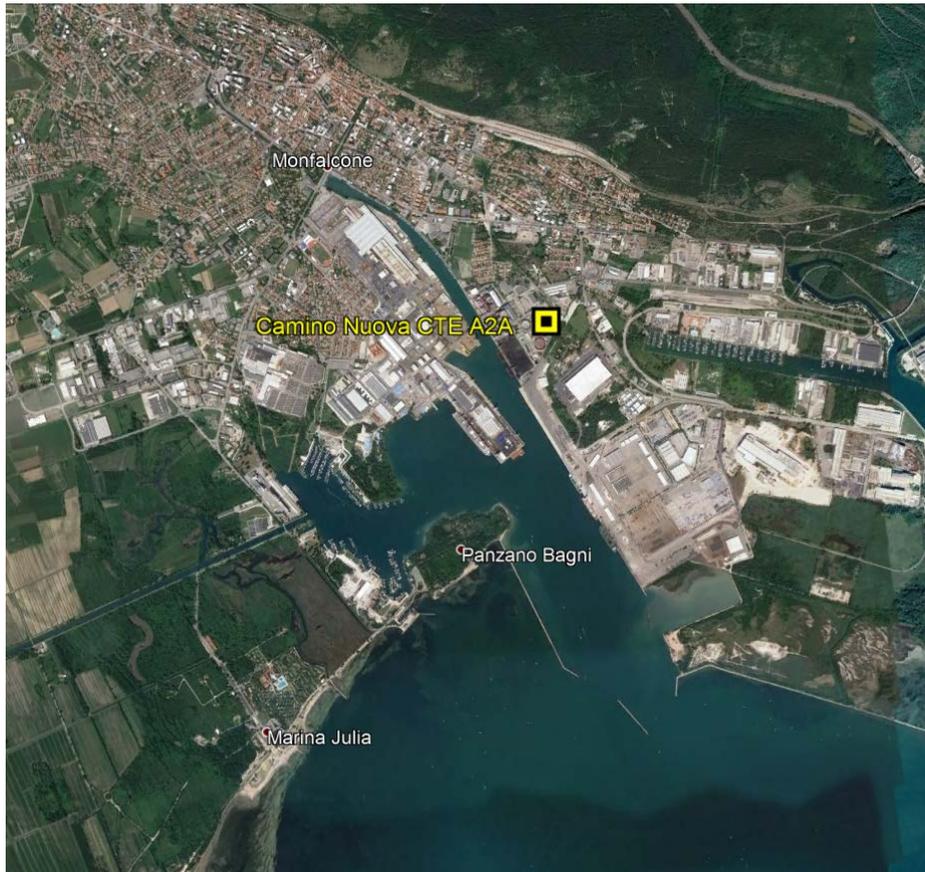
I risultati della valutazione condotta sono stati illustrati graficamente sotto forma di mappe di isoconcentrazione (in termini di 99.8° percentile delle concentrazioni medie orarie in un anno, massima media giornaliera e valore medio annuale).

## 2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO IN ESAME

La nuova Centrale a Ciclo Combinato a Gas in progetto è localizzata all'interno del perimetro dell'esistente Centrale Termoelettrica A2A di Monfalcone situata nel territorio dell'omonimo Comune della Provincia di Gorizia, a Sud-Est del centro abitato, all'interno di un'area produttiva affacciata sulla sponda orientale del Canale Valentinis, nella parte più settentrionale del Golfo di Panzano.

Il sito è destinato alla produzione di energia elettrica da oltre un secolo; l'area ospitava infatti una centrale termoelettrica alimentata a carbone risalente ai primi anni del 1900.

Il sito dista 25 km da Trieste, 20 km da Gorizia e 50 km da Udine ed è raggiungibile attraverso la SS n. 14 Trieste-Venezia e l'autostrada A4 (uscita Lisert) o tramite la linea ferroviaria Trieste-Venezia e Trieste-Udine.



**Figura 2-1: Localizzazione dell'impianto in progetto**

## 2.1 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO IN PROGETTO

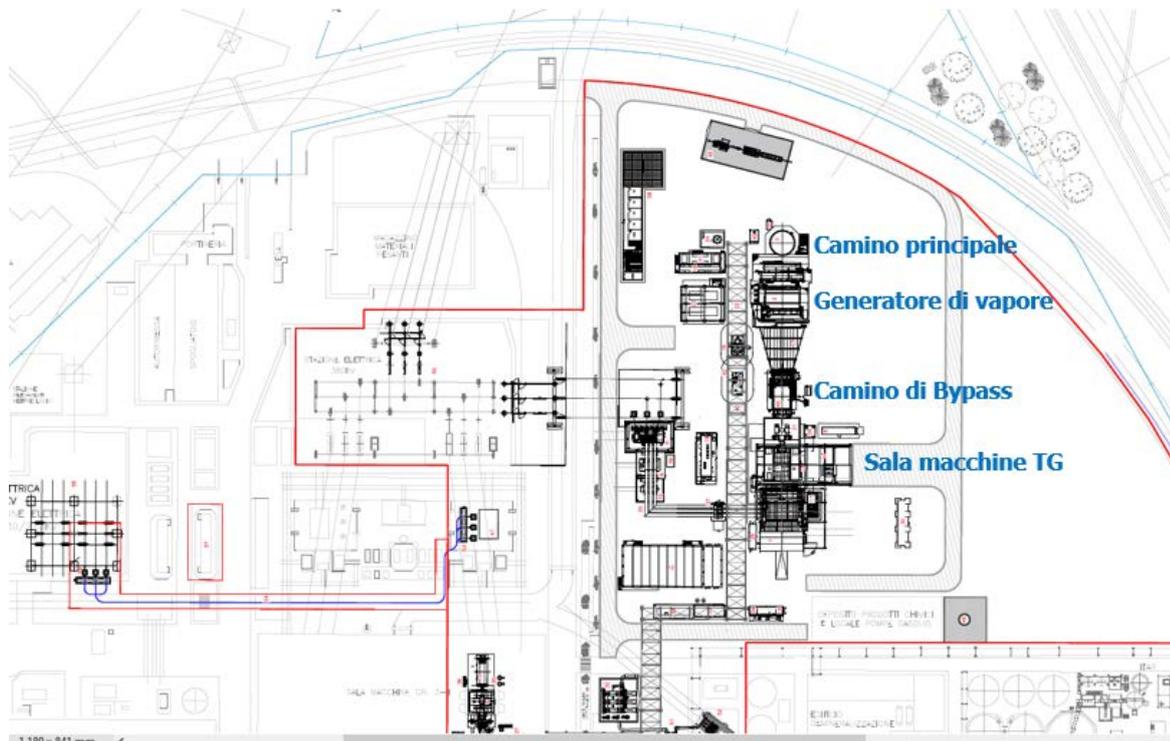
L'impianto proposto è costituito da una Centrale Termoelettrica a Ciclo Combinato a Gas Naturale di ultima generazione della potenza nominale di circa 860 MWe composto da un turbogas da ca. 579 MWe di classe "H" (TG52), un generatore di vapore a recupero (GVR5) e una turbina a vapore da ca. 280 MWe (TV51), in configurazione "Multi-shaft", cioè con due unità separate di generazione elettrica: un generatore (G52) accoppiato alla turbina a Gas e un generatore (G51) accoppiato alla turbina a Vapore.

L'impianto sarà realizzato in due fasi:

- In una prima fase (FASE 1) sarà realizzata la configurazione in Ciclo Aperto, con sola turbina a gas, in modo tale da consentire l'entrata in esercizio nei ristretti tempi richiesti nel Bando relativo al Capacity market.
- In una seconda fase (FASE 2) saranno realizzate le opere di trasformazioni in Ciclo Combinato, con inserimento del Generatore di vapore a recupero e della Turbina a vapore, in modo da massimizzare il rendimento del Ciclo. Sarà mantenuto il camino di bypass per lo scarico diretto in atmosfera dei fumi in uscita dalla turbina a gas.

L'impianto sarà pertanto dotato di due camini: il camino di bypass, per il funzionamento in Ciclo Aperto come Peaker, e il camino principale in uscita dal Generatore di vapore, per il funzionamento in Ciclo combinato. A regime l'impianto funzionerà prevalentemente in Ciclo combinato ma potrà occasionalmente funzionare in Ciclo aperto in caso di richiesta di rapida erogazione da parte della rete.

Le simulazioni seguenti sono comunque condotte con riferimento a un periodo di funzionamento di 8.760 ore/anno per entrambe le configurazioni.



**Figura 2-2: Planimetria dell'impianto in progetto**

Nella seguente tabella vengono riassunti i principali parametri che caratterizzano le prestazioni dell'impianto in funzionamento a pieno carico, alle condizioni ambientali di riferimento.

Tabella 2-1: Dati tecnici di progetto

Configurazione di esercizio		Ciclo Aperto	Ciclo combinato
<b>Bilancio energetico</b>			
Potenza elettrica netta	MW	573.9	843
Potenza termica di combustione	MW	1369	1354
Rendimento elettrico netto	MW	41.9%	62.3%
<b>Caratteristiche fisiche di emissione</b>			
Portata fumi	kg/s	1,041	1,041
Volume specifico	Nm <sup>3</sup> /kg	0.79	0.79
Temperatura emiss.	°C	670	73.00
Portata Normalizzata	Nm <sup>3</sup> /h	2,969,265	2,969,265
Portata effettiva	m <sup>3</sup> /h	10,256,474	3,763,245
H <sub>2</sub> O	% v	10.02	10.02
O <sub>2</sub>	% v <sub>wet</sub>	10.63	10.63
O <sub>2</sub>	% <sub>dry</sub>	11.81	11.81
Portata Norm dry	Nm <sup>3</sup> /h <sub>dry</sub>	2,671,745	2,671,745
Portata Norm dry 15% O <sub>2</sub>	Nm <sup>3</sup> /h <sub>dry @ 15% O<sub>2</sub></sub>	4,090,559	4,090,559
<b>Camino</b>			
Altezza	m	60	60
Diametro interno	m	9,0	8,0
Area della sezione	m <sup>2</sup>	63.6	50.3
Velocità uscita fumi	m/s	44.8	20.8
<b>Emissioni</b>			
NOx media giornaliera	mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry @ 15% O<sub>2</sub></sub>	30	10
CO media giornaliera	mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry @ 15% O<sub>2</sub></sub>	30	30
NH <sub>3</sub> media annuale	mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry @ 15% O<sub>2</sub></sub>	-	3
<b>Emissioni massiche</b>			
NOx	g/s	34.1	11.4
CO	g/s	34.1	34.1
NH <sub>3</sub>	g/s	-	3.4
<b>Emissioni annuali al massimo carico teorico</b>			
Ore di esercizio annue rif.	h/anno	<b>8,760</b>	<b>8,760</b>
NOx	t/anno	1,075	358
CO	t/anno	1,075	1,075
NH <sub>3</sub>	t/anno	-	107.5
<b>Emissioni annuali al massimo carico atteso</b>			
Ore di esercizio annue rif.	h/anno	<b>2,500</b>	<b>6,000</b>
NOx	t/anno	307	245
CO	t/anno	307	736
NH <sub>3</sub>	t/anno		73.6

Una particolare caratteristica dell'impianto, peculiare alla generazione di Turbine a gas di Classe H, è costituita dalla notevole flessibilità di esercizio, sia in termini di rapidità di entrata in esercizio e di variazione del carico, sia in termini di mantenimento delle prestazioni ambientali anche in condizioni di potenza ridotta. Il livello di concentrazione in emissione di NOx e CO sopra indicato, è garantito fino a una potenza del 25-30% del carico nominale.

Si rimanda alla Tabella 4-2 per la descrizione delle condizioni fisiche e chimiche di emissione utilizzate nelle simulazioni.

#### Confronto con l'impianto esistente

Nella tabella seguente è riportato un confronto tra la centrale in progetto e la centrale a carbone esistente, nella configurazione attualmente autorizzata all'esercizio.

Si nota come la centrale in progetto, a fronte di una potenza elettrica netta pari a 2,7 volte quella attuale, comporta emissioni in atmosfera sostanzialmente più contenute, con la riduzione dell'80% circa dell'emissione annuale di NOx nell'esercizio in Ciclo Combinato, e la sostanziale eliminazione delle emissioni di SO<sub>2</sub>, polveri e altri microinquinanti connessi con l'esercizio della centrale a carbone.

**Tabella 2-2: Confronto tra CTE esistente e CTE in progetto**

Parametro	U.d.m.	CTE Autorizzata	CTE in progetto	
			Esercizio in Ciclo Aperto (OCGT)	Esercizio in Ciclo Combinato (CCGT)
Ore/anno di riferimento	h/anno	8,760	8,760	8,760
Superficie occupata	m <sup>2</sup>	196,000	24,500	
<u>Bilancio energetico</u>				
Potenza elettrica lorda	MW	336.0	578.6	858.6
Potenza elettrica netta	MW	310.0	573.9	843.0
Potenza termica di combustione	MW	851.0	1,368.9	1,354.0
Rendimento elettrico lordo	MW	39.5%	42.3%	63.4%
Rendimento elettrico netto	MW	36.4%	41.9%	62.3%
Input energetico annuo	MWh(t)	7,454,760	11,991,310	11,861,040
Energia elettrica netta	MWh(e)	2,715,600	5,027,364	7,384,680
<u>Consumo di combustibile</u>				
Carbone (rif. 5905 kcal/kg)	t/a	1,085,706		
"	t/h	123.9		
Gas naturale (rif. 8274 kcal/Sm <sup>3</sup> )	Sm <sup>3</sup> /a		1,246,145,839	1,232,608,088
"	Sm <sup>3</sup> /h		142,254	140,709
<u>Emissioni in atmosfera</u>				
Altezza camino	m	150.0	60.0	60.0
Portata fumi normalizzata @ O <sub>2</sub> rif	Nm <sup>3</sup> /h	1,028,000.00	4,090,558	4,090,558
Concentrazione garantita				
NOx (come NO <sub>2</sub> ) media giornaliera	mg/Nm <sup>3</sup> @ O <sub>2</sub> rif.	180.0	30.0	10.0
CO media giornaliera	mg/Nm <sup>3</sup> @ O <sub>2</sub> rif.	150.0	30.0	30.0
SO <sub>2</sub> media giornaliera	mg/Nm <sup>3</sup> @ O <sub>2</sub> rif.	200.0	-	-
Polveri media giornaliera	mg/Nm <sup>3</sup> @ O <sub>2</sub> rif.	20.0	-	-
NH <sub>3</sub> media annuale	mg/Nm <sup>3</sup> @ O <sub>2</sub> rif.	5	-	3.0
<u>Emissione massica di inquinanti</u>				
NOx (come NO <sub>2</sub> )	g/s	51.4	34.09	11.36
CO	g/s	42.8	34.09	34.09
SO <sub>2</sub>	g/s	57.1	-	-
Polveri	g/s	5.7	-	-
NH <sub>3</sub>	g/s	1.43	-	3.41
<u>Emissione annuale</u>				
NOx (come NO <sub>2</sub> )	t/a	1,621	1,075.00	358.33
CO	t/a	1,351	1,075.00	1,075.00
SO <sub>2</sub>	t/a	1,801	-	-
Polveri	t/a	180	-	-
NH <sub>3</sub>	t/a	45	-	107.50
CO <sub>2</sub>	t/a	2,400,738	2,385,692	2,385,692
<u>Emissioni specifiche per unità di energia</u>				
NOx (come NO <sub>2</sub> )	kg/Mwhe netto	0.60	0.21	0.05
CO	kg/Mwhe netto	0.50	0.21	0.15
SO <sub>2</sub>	kg/Mwhe netto	0.66	-	-
Polveri	kg/Mwhe netto	0.07	-	-
NH <sub>3</sub>	kg/Mwhe netto	0.02	-	0.04
CO <sub>2</sub>	t/Mwhe netto	0.88	0.47	0.32

### 3 CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

#### 3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il quadro normativo unitario vigente in materia di qualità dell'aria è costituito dal Decreto Legislativo n. 155 del 13/08/2010, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" (pubblicato nella G.U. n. 216 del 15/09/2010 - suppl. ord. n. 217 - in vigore dal 30/09/2010), come modificato dal D.Lgs. 250 del 24 dicembre 2012 (G.U. Serie generale n. 23 del 28/01/2013 – in vigore dal 12/02/2013).

Tale Decreto definisce tra l'altro:

- gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- le modalità di valutazione della qualità dell'aria ambiente sulla base di metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale;
- i criteri di classificazione del territorio nazionale in zone e agglomerati urbani entro i quali è misurata e valutata la qualità dell'aria ambiente.

Per quanto riguarda gli obiettivi di qualità dell'aria il D.Lgs 155/2010 (e s.m.i.) stabilisce:

- i *valori limite* per le concentrazioni nell'aria ambiente di Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), Monossido di carbonio (CO), PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, Benzene e Piombo, intesi come livelli di concentrazione stabiliti in base alle conoscenze scientifiche, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che devono essere raggiunti entro un termine prestabilito e che non devono essere successivamente superati.
- le *soglie di allarme* per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e biossido di azoto: livelli oltre i quali sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati;
- i *livelli critici* a protezione della vegetazione per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) e ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), intesi come livelli fissati in base alle conoscenze scientifiche, oltre il quale possono sussistere effetti negativi diretti su recettori quali gli alberi, le altre piante o gli ecosistemi naturali, esclusi gli esseri umani;
- il valore limite, il valore obiettivo, l'obbligo di concentrazione dell'esposizione e l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM<sub>2.5</sub>;
- i valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene: livelli fissati al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita;
- i valori obiettivo, gli obiettivi a lungo termine, le soglie di allarme e le soglie di informazione per l'ozono.

Nelle seguenti tabelle sono riportati i principali parametri di riferimento per la valutazione della qualità dell'aria stabiliti dal D.Lgs. 155/2010.

**Tabella 3-1: Limiti di legge a protezione della salute umana (D.lgs. 155/2010)**

Inquinante	Tipo limite	Parametro statistico	Valore limite
SO <sub>2</sub>	Soglia di allarme	Media di 1h	500 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	Valore limite	Media oraria da non superare per più di 24 volte per anno civile	350 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	Valore limite	Media giornaliera da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m <sup>3</sup>

<b>NO<sub>2</sub></b>	Soglia di allarme	Superamento per 3h consecutive del valore soglia	400 µg/m <sup>3</sup>
<b>NO<sub>2</sub></b>	Valore limite	Media oraria da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m <sup>3</sup>
<b>NO<sub>2</sub></b>	Valore limite	Media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
<b>PM<sub>10</sub></b>	Valore limite	Media su 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m <sup>3</sup>
<b>PM<sub>10</sub></b>	Valore limite	Media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	Valore limite	Media annuale	25 µg/m <sup>3</sup> (20 µg/m <sup>3</sup> dal 01/01/2020)
<b>CO</b>	Valore limite	Max giornaliero delle Media mobile 8h	10 mg/m <sup>3</sup>
<b>Benzene</b>	Valore limite	Media annuale	5 µg/m <sup>3</sup>
<b>Piombo</b>	Valore limite	Media annuale	0,5 µg/m <sup>3</sup>
<b>Ozono</b>	Soglia di informazione	Media oraria	180 µg/m <sup>3</sup>
<b>Ozono</b>	Soglia di allarme	Media oraria per più di 3 ore consecutive	240 µg/m <sup>3</sup>
<b>Ozono</b>	Valore obiettivo per la protezione della salute	Media su 8 h massima giornaliera da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su tre anni	120 µg/m <sup>3</sup>
<b>Ozono</b>	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute	Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m <sup>3</sup>

I valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e ben-zo(a)pirene sono riportati nella tabella seguente.

**Tabella 3-2: Valori obiettivo per i microinquinanti (D.lgs. 155/2010)**

Inquinante	Tipo limite	Parametro statistico	Valore limite (*)
<b>Arsenico</b>	Valore obiettivo	Media annuale	6 ng/m <sup>3</sup>
<b>Cadmio</b>	Valore obiettivo	Media annuale	5 ng/m <sup>3</sup>
<b>Nichel</b>	Valore obiettivo	Media annuale	20 ng/m <sup>3</sup>
<b>Benzo(a)pirene</b>	Valore obiettivo	Media annuale	1 ng/m <sup>3</sup>

(\*) Valore obiettivo riferito al tenore di ciascun inquinante nella frazione PM10 del materiale particolato

Nella tabella che segue sono riportati i valori limite a protezione della vegetazione e degli ecosistemi stabiliti dal D.Lgs 155/2010.

Occorre specificare che l'Allegato III al Decreto stabilisce che le stazioni di misurazione da utilizzare per la valutazione del rispetto di tali limiti devono essere localizzate a oltre 20 km dalle aree urbane e a oltre 5 km da zone edificate, impianti industriali, autostrade o strade principali con traffico superiori a 50.000 veicoli al giorno, e in punti rappresentativi della qualità dell'aria di un'area di almeno 1.000 km<sup>2</sup>

**Tabella 3-3: Limiti di legge a protezione della vegetazione e degli ecosistemi (D.lgs. 155/2010)**

Inquinante	Tipo limite	Parametro statistico	Valore limite
<b>SO<sub>2</sub></b>	Livello critico per la protezione della vegetazione e degli ecosistemi	Media annuale (Anno civile; Inverno dal 01/10 al 31/03)	20 µg/m <sup>3</sup>
<b>NO<sub>x</sub></b>	Livello critico per la protezione della vegetazione e degli ecosistemi	Media annuale	30 µg/m <sup>3</sup>
<b>Ozono</b>	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT40* dei valori orari da maggio a luglio (media su 5 anni)	18000 µg/m <sup>3</sup> h
<b>Ozono</b>	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40* dei valori orari da maggio a luglio	6000 µg/m <sup>3</sup> h

(\*): per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> e 80 µg/m<sup>3</sup>h rilevate tra le 8 e le 20 (Ora dell'Europa centrale)

### 3.2 STATO ATTUALE DI QUALITÀ DELL'ARIA

Lo stato attuale di qualità dell'aria nell'area di interesse è sinteticamente descritto nel presente capitolo sulla base dei dati registrati negli anni recenti presso le stazioni di monitoraggio dell'aria delle Rete di rilevamento regionale come risultante dalle Relazioni sulla qualità dell'aria predisposte annualmente da ARPA FVG nonché dall'elaborazione dei dati di concentrazione oraria resi disponibili da ARPA FVG. Alla data della presente relazione non erano ancora disponibili i dati relativi al 2018.

La qualità dell'aria nell'area di Monfalcone / Gorizia è monitorata tramite le seguenti stazioni di monitoraggio, la cui localizzazione rispetto all'area di studio è rappresentata in Figura 3-1 (la stazione di monitoraggio di Gorizia è situata all'esterno di tale area).

**Tabella 3-4: Caratteristiche delle Stazioni di monitoraggio**

Codice stazione	Località	Tipologia stazione	Tipologia sito
AOS	Gorizia - via Duca d'Aosta	Traffico	Urbano
MNF	Monfalcone A2A - via Natisone	Fondo	Urbano
MON	Monfalcone - Area verde	Fondo	Urbano

FIU	Fiumicello - A2A	Fondo	Rurale
DBR	Doberdò del Lago - A2A	Industriale	Rurale
GRA	Fossalon di Grado - A2A	Fondo	Rurale
RON	Ronchi dei Legionari - A2A	Fondo	Rurale

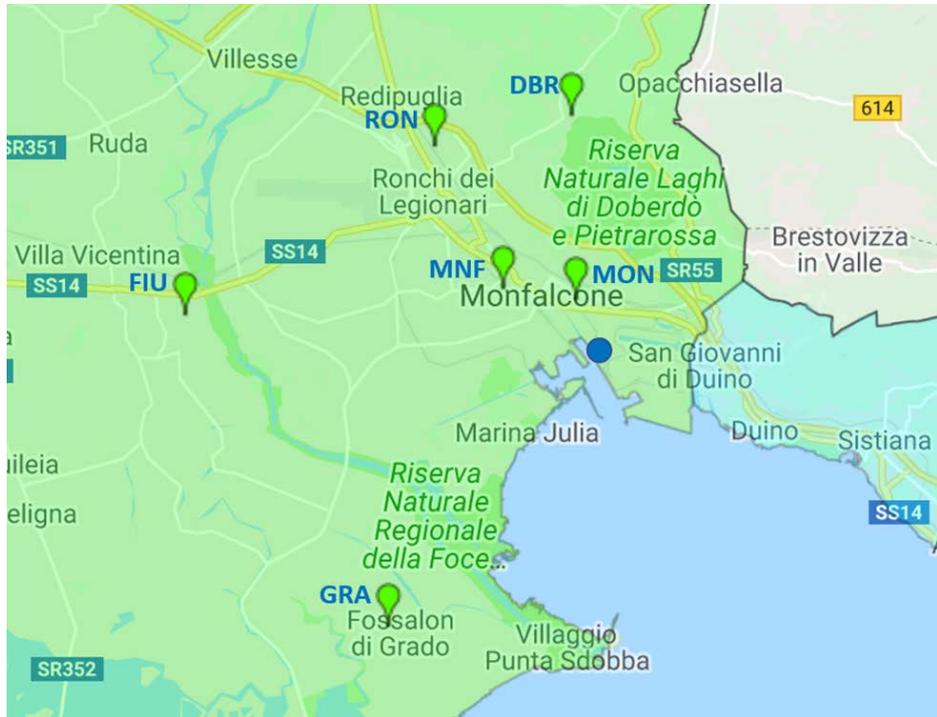


Figura 3-1: Localizzazione delle Stazioni di monitoraggio dell'area del Monfalconese

### 3.2.1 Sintesi complessiva

Sulla base delle relazioni annuali di ARPA FVG la qualità dell'aria nell'area di indagine è nel complesso buona, evidenziando negli anni recenti il rispetto di tutti i limiti di legge ad eccezione del limite relativo all'obiettivo a lungo termine per l'ozono. Nell'ultimo anno disponibile (2017) risulta un leggero peggioramento della qualità dell'aria per le polveri sottili e l'ozono: tale peggioramento è attribuibile alle condizioni meteorologiche meno favorevoli della media a causa del minor numero di giorni di pioggia e di giorni ventosi; si è inoltre registrato nel 2017 un maggior numero di giorni soleggiati, più favorevoli alla formazione di ozono in periodo estivo.

Dal punto di vista dei microinquinanti (metalli e idrocarburi policiclici aromatici) non sono state rilevate criticità.

Nell'ambito delle attività di approfondimento sullo stato della qualità dell'aria di Monfalcone, la campagna di monitoraggio con mezzo mobile Arpa collocato nel rione di Panzano ha mostrato, rispetto agli altri quartieri di Monfalcone, concentrazioni maggiori di manganese e zinco, ascrivibili alle attività industriali di lavorazione dei metalli.

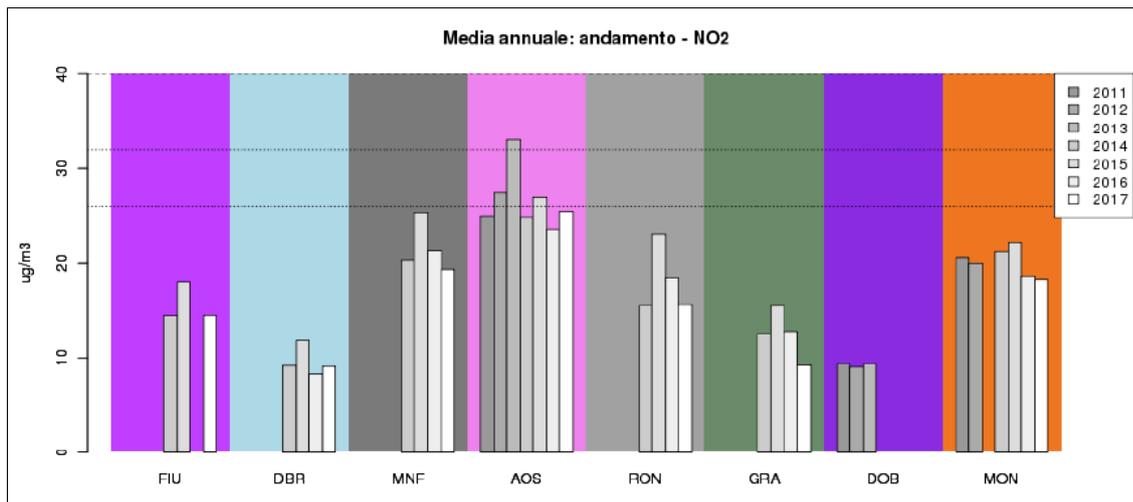
#### Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)

Come da consuetudine anche nel 2017 in tutta la regione questo inquinante è rimasto al di sotto della soglia di valutazione inferiore (pari a 50µg/m<sup>3</sup> come media sulle 24h, corrispondente al 40% del limite di 125 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 3 volte all'anno), valore al di sotto del quale non viene richiesto il monitoraggio in continuo.

**Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)**

La situazione rilevata in tutta il territorio in esame nel corso del 2017 è in linea con i valori dell'anno precedente e conferma l'assenza di criticità relative a questo inquinante: le medie annuali dimostrano l'ampio rispetto dei limiti di legge tanto che i valori rilevati risultano inferiori alla soglia di valutazione inferiore (100 µg/m<sup>3</sup> come valore orario, pari al 50% del limite di 200 µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 18 volte all'anno; 26 µg/m<sup>3</sup> come media annuale pari al 65% del limite di 40 µg/m<sup>3</sup>), valore al di sotto del quale non viene richiesto il monitoraggio in continuo. Nell'area del Monfalconese il valore della media annuale si è situato nell'intorno della metà del valore limite di 40 µg/m<sup>3</sup>.

In nessuna delle stazioni in esame si sono registrati superamenti del valore limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup> (limite da non superare per più di 18 volte nell'arco dell'anno).



Fonte: ARPA FVG (2018)

**Figura 3-2: Media annuale NO<sub>2</sub> (limite 40 µg/m<sup>3</sup>)**

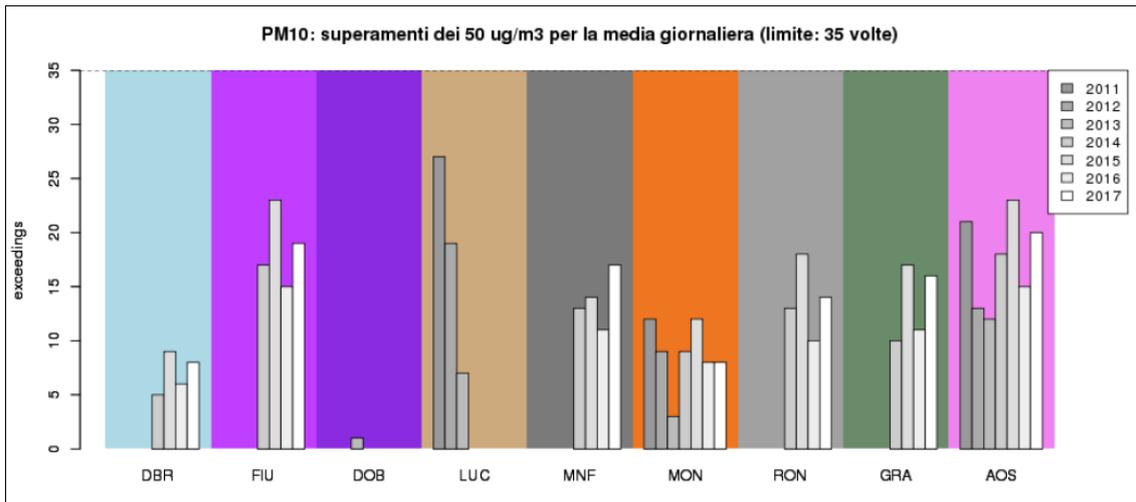
Si rimanda al §0 per un approfondimento in merito agli ossidi di azoto nell'area di Monfalcone, tema di particolare interesse a fini del presente studio.

**Monossido di carbonio (CO)**

La concentrazione di monossido di carbonio risulta da tempo priva di criticità nell'area di studio, risultando ampiamente e stabilmente al di sotto dei limiti di legge vigenti. Nel corso del 2017 nessuna stazione di monitoraggio della rete gestita da Arpa ha fatto registrare superamenti della soglia di valutazione inferiore (pari a 5 mg/m<sup>3</sup> come massima media sulle 8 ore, corrispondente al 50% del limite normativo di 10 mg/m<sup>3</sup>) ovvero il valore al di sotto del quale non viene richiesto il monitoraggio in continuo di questo inquinante.

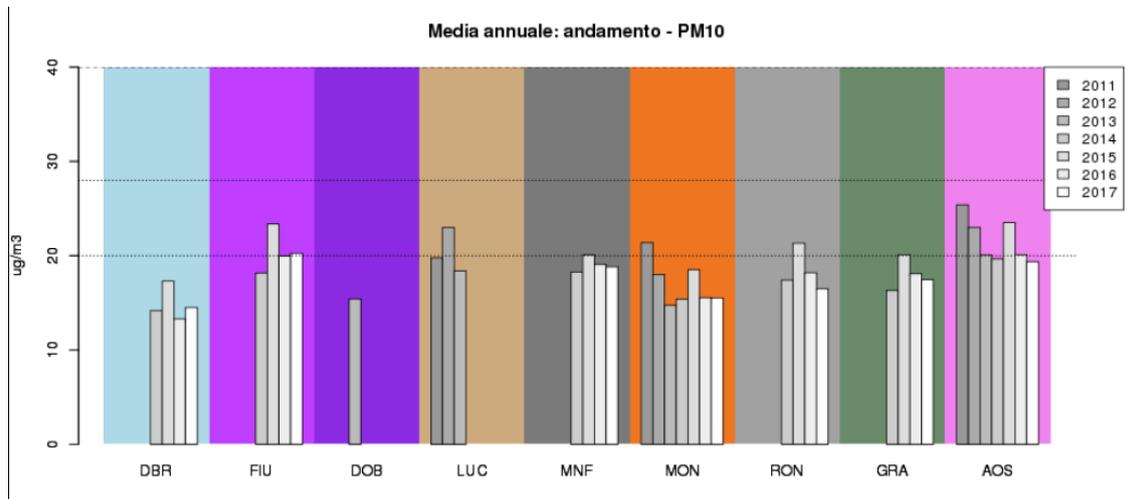
**Materiale Particolato (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>)**

Dal monitoraggio risulta negli anni recenti il rispetto dei limiti di legge sia per le concentrazioni medie annue (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>) che per il numero di superamenti giornalieri (PM<sub>10</sub>) in tutte le stazioni relative all'area di interesse. Nel 2017, analogamente all'anno precedente, la concentrazione media annua per il PM<sub>2.5</sub> è stata inoltre inferiore all'obiettivo a lungo termine che entrerà in vigore al 2020.



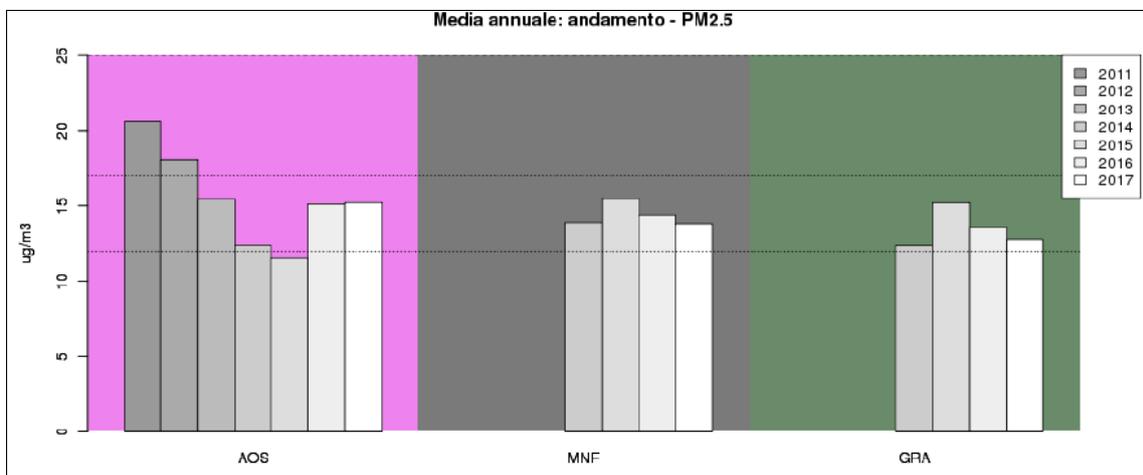
Fonte: ARPA FVG (2018)

Figura 3-3: PM<sub>10</sub> - numero di superamenti per la media giornaliera (limite: n. 35)



Fonte: ARPA FVG (2018)

Figura 3-4: PM<sub>10</sub> – media annuale (limite 40 µg/m<sup>3</sup>)

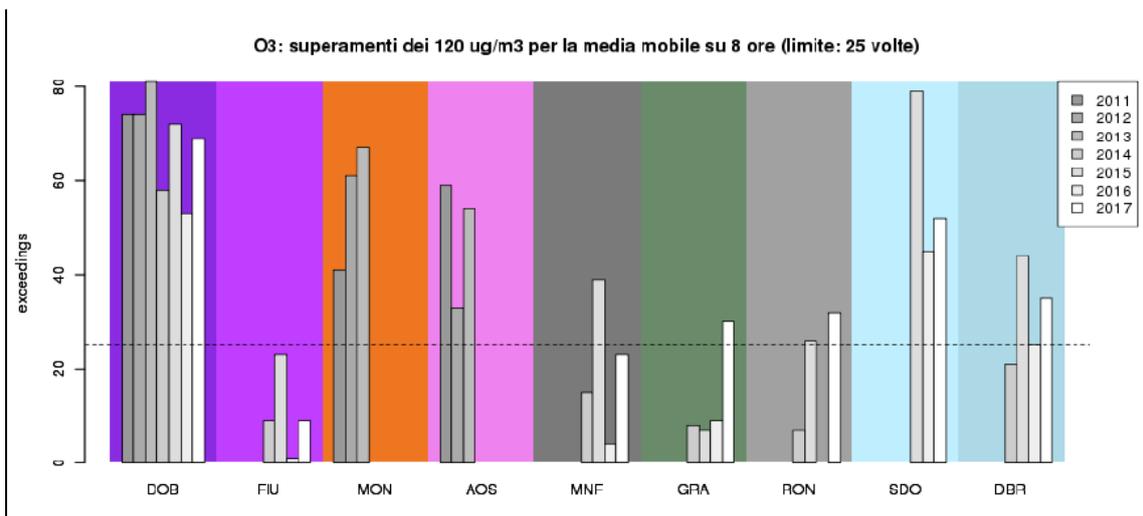


Fonte: ARPA FVG (2018)

**Figura 3-5: PM<sub>2.5</sub> – media annuale (limite 25 µg/m<sup>3</sup>)**

**Ozono**

Nel 2017 sono stati registrati in tutto il territorio regionale livelli di ozono in aumento rispetto all'anno precedente concentrati essenzialmente nei mesi estivi; la stessa tendenza si ritrova anche su scala provinciale e subprovinciale. Nella maggior parte delle stazioni nell'area del monfalconese risulta superato per più di 25 giorni all'anno il valore obiettivo a protezione della salute umana di 120 µg/m<sup>3</sup> come massima media sulle 8 ore. Il numero di 25 superamenti all'anno come media degli ultimi 3 anni è stato superato nelle stazioni di Doberdò del Lago, Ronchi dei Legionari e Punta Sdobba.



**Figura 3-6: Ozono – numero di superamenti dell’obiettivo a protezione della salute umana (limite: n. 25 come media su tre anni)**

**Benzo(a)pirene e metalli**

A Monfalcone, per quanto riguarda i quattro metalli normati ed il benzo(a)pirene, durante il 2017 i valori di concentrazione sono risultati ampiamente al di sotto dei limiti di riferimento come illustrato dalla seguente tabella.

**Tabella 3-5: Benzo(a)pirene e metalli (media annuale nel periodo di campionamento)**

Inquinante	Limite / Valore obiettivo (ng/m <sup>3</sup> )	Media 2016 (ng/m <sup>3</sup> )	Media 2017 (ng/m <sup>3</sup> )
Arsenico	6.0	0.47	0.47
Cadmio	5.0	0.23	0.23
Nichel	20	1.96	2.16
Piombo	500	3.36	3.26
Benzo(a)pirene	1.0	0.31	0.28

**Approfondimento in merito a NO<sub>2</sub> e NOx nell’area di Monfalcone**

Ai fini di consentire un migliore confronto con lo stato attuale di qualità dell’aria nell’area di studio relativamente al solo parametro inquinante significativo emesso dalla centrale in progetto, costituito da NOx, si riporta di seguito un’elaborazione dei dati rilevati dalle Stazioni di monitoraggio di Monfalcone (MNF – Monfalcone A2A via Natisone, e MON – Monfalcone Area verde).

Tali stazioni, classificate di fondo urbano, sono localizzate in area rappresentativa della qualità dell’aria nella zona di massima ricaduta al suolo degli inquinanti emessi dalla nuova CTE in progetto. Si riportano inoltre

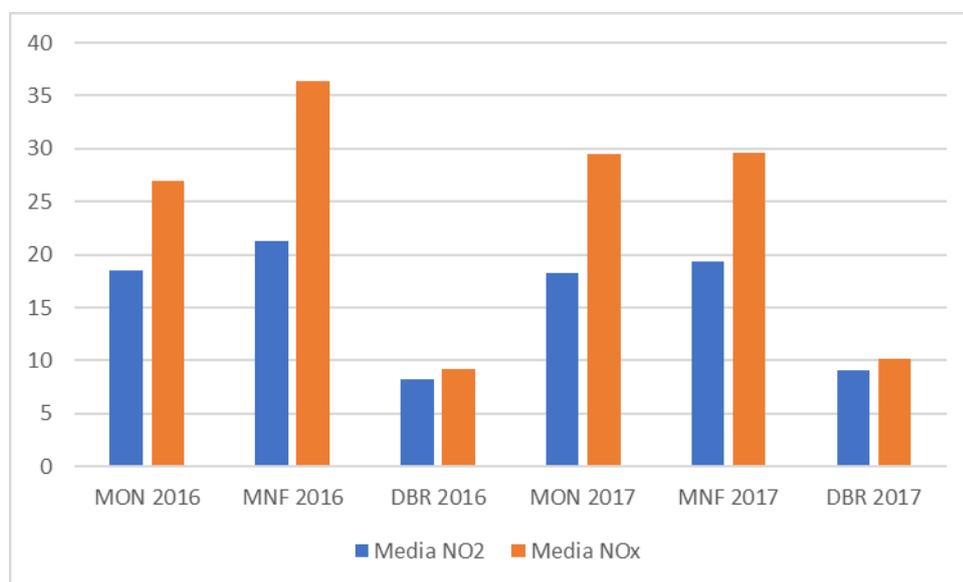
per confronto i dati rilevati in corrispondenza della stazione di Doberdò del lago (DBR) rappresentativa di una stazione di fondo rurale.

**Tabella 3-6: NO<sub>2</sub> – Analisi statistica dei dati rilevati presso le stazioni MON, MNF, DBR**

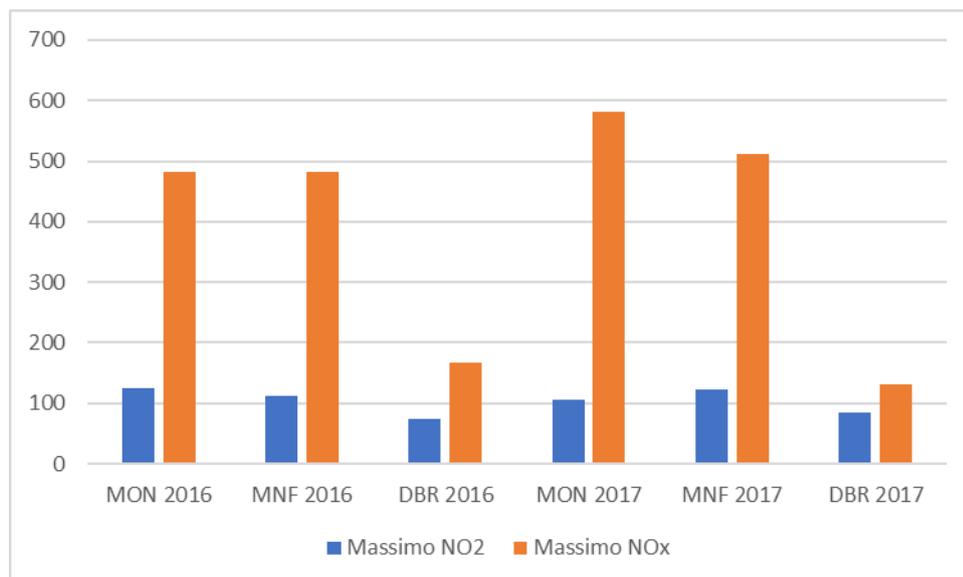
NO <sub>2</sub>			Media annuale (µg/m <sup>3</sup> )	Massimo orario (µg/m <sup>3</sup> )	Numero valori orari		
Stazione	Anno	validi			> 100 µg/m <sup>3</sup>	> 150 µg/m <sup>3</sup>	> 200 µg/m <sup>3</sup>
MON	2016	92%	18.5	124.6	9	0	0
MNF	2016	87%	21.3	112.4	12	0	0
DBR	2016	92%	8.2	73.1	0	0	0
MON	2017	95%	18.2	106.4	3	0	0
MNF	2017	91%	19.4	122.8	17	0	0
DBR	2017	86%	9.1	83.9	0	0	0

**Tabella 3-7: NO<sub>x</sub> – Analisi statistica dei dati rilevati presso le stazioni MON, MNF, DBR**

NO <sub>x</sub>			Media annuale (µg/m <sup>3</sup> )	Massimo orario (µg/m <sup>3</sup> )	Numero valori orari		
Stazione	Anno	validi			> 100 µg/m <sup>3</sup>	> 150 µg/m <sup>3</sup>	> 200 µg/m <sup>3</sup>
MON	2016	92%	27.0	481.6	312	126	53
MNF	2016	87%	36.4	482.3	505	215	102
DBR	2016	92%	9.2	167.3	8	1	0
MON	2017	95%	29.5	581.3	289	117	46
MNF	2017	91%	29.6	510.6	455	218	114
DBR	2016	86%	10.2	132.1	4	0	0



**Figura 3-7: Confronto tra i valori medi di NO<sub>x</sub> e NO<sub>2</sub>**



**Figura 3-8: Confronto tra i valori massimi di NO<sub>x</sub> e NO<sub>2</sub>**

Nelle stazioni di Monfalcone, significativamente influenzate dal traffico, dalle emissioni industriali e da riscaldamento, si notano valori medi annuali di NO<sub>2</sub> pari al 50% del limite normativo, come già evidenziato, e valori massimi orari dell'ordine del 50-60% del limite di 200 µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 18 volte all'anno. Il valore orario di 100 µg/m<sup>3</sup> (50% del limite normativo orario) è superato in un ridotto numero di ore nell'arco dell'anno.

Estremamente contenute risultano le concentrazioni di NO<sub>2</sub> nella stazione di Doberdò, con concentrazioni medie annuali pari alla metà circa di quelle registrate a Monfalcone e concentrazioni massime orarie sempre abbondantemente sotto i 100 µg/m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda le concentrazioni medie annuali di NO<sub>x</sub> queste risultano dell'ordine di 27-37 µg/m<sup>3</sup> nell'area urbana di Monfalcone e dell'ordine di 10 µg/m<sup>3</sup> a Doberdò, con riferimento a un limite a protezione della vegetazione e degli ecosistemi di 30 µg/m<sup>3</sup> applicabile ad almeno 20 km di distanza da aree urbane e ad almeno 5 km da impianti industriali e strade ad alto scorrimento.

Le concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> risultano dell'ordine del 60-70% delle concentrazioni di NO<sub>x</sub> nelle stazioni urbane, mentre del 90% circa nella stazione di Doberdò, dove i valori sono molto contenuti.

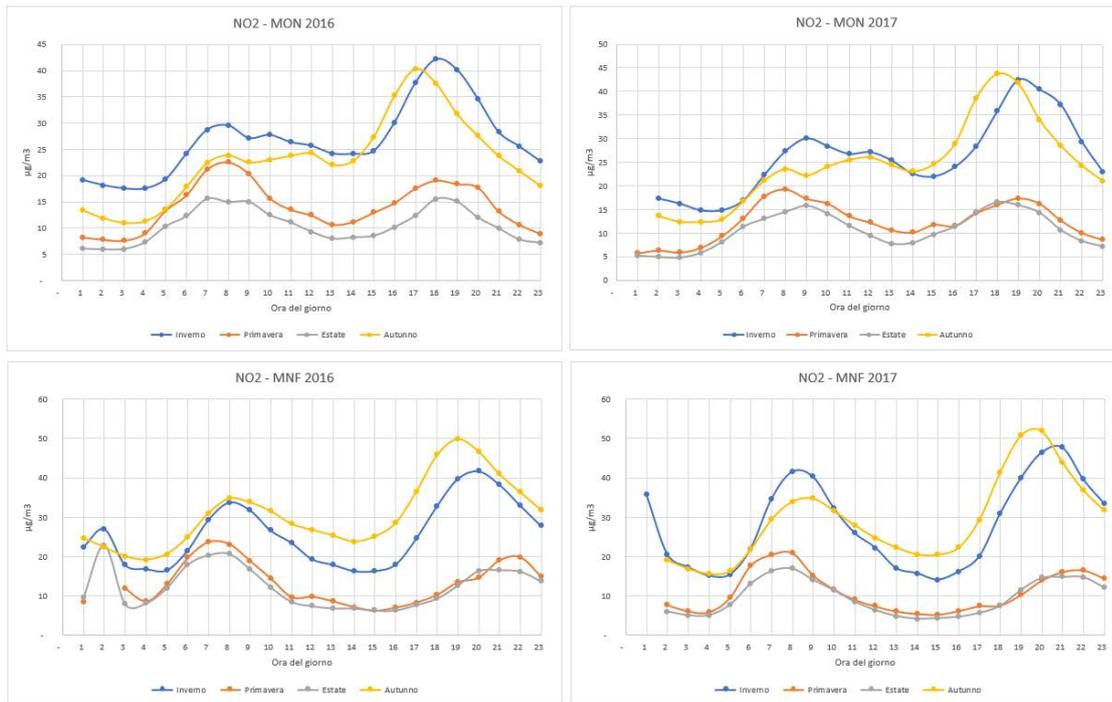
I valori massimi orari di NO<sub>2</sub> risultano invece dell'ordine del 25% dei valori massimi di NO<sub>x</sub> in area urbana e dell'ordine del 50% a Doberdò.

Nei grafici seguenti è riportato l'andamento tipico giornaliero delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> nelle stazioni in esame (sono presenti numerosi dati non validi nelle prime ore del mattino).

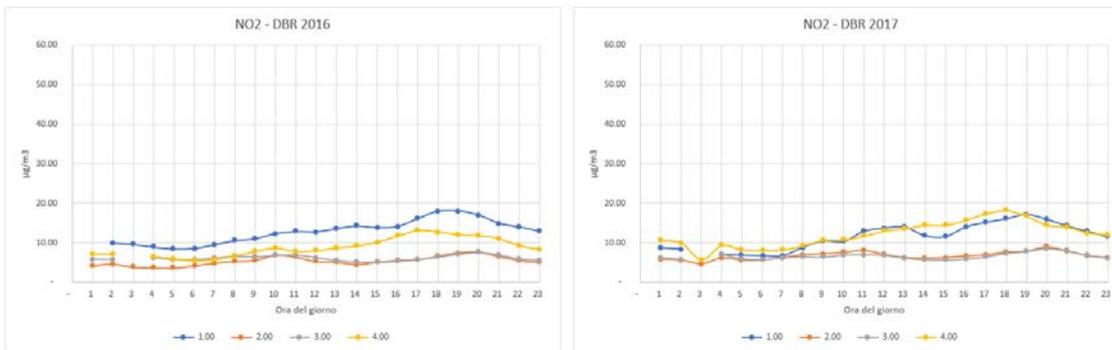
Si nota nelle stazioni di Monfalcone il tipico andamento da traffico con i picchi di concentrazione dell'ora di punta del mattino e della sera e l'influenza del riscaldamento urbano, oltre che delle condizioni meno favorevoli alla dispersione, che determina concentrazioni notevolmente più elevate nelle stagioni fredde.

Nelle ore di picco invernale la concentrazione media di NO<sub>2</sub> (pari a 40-50 µg/m<sup>3</sup>) risulta dell'ordine del 50-60% della concentrazione media di NO<sub>x</sub> (70 – 110 µg/m<sup>3</sup>).

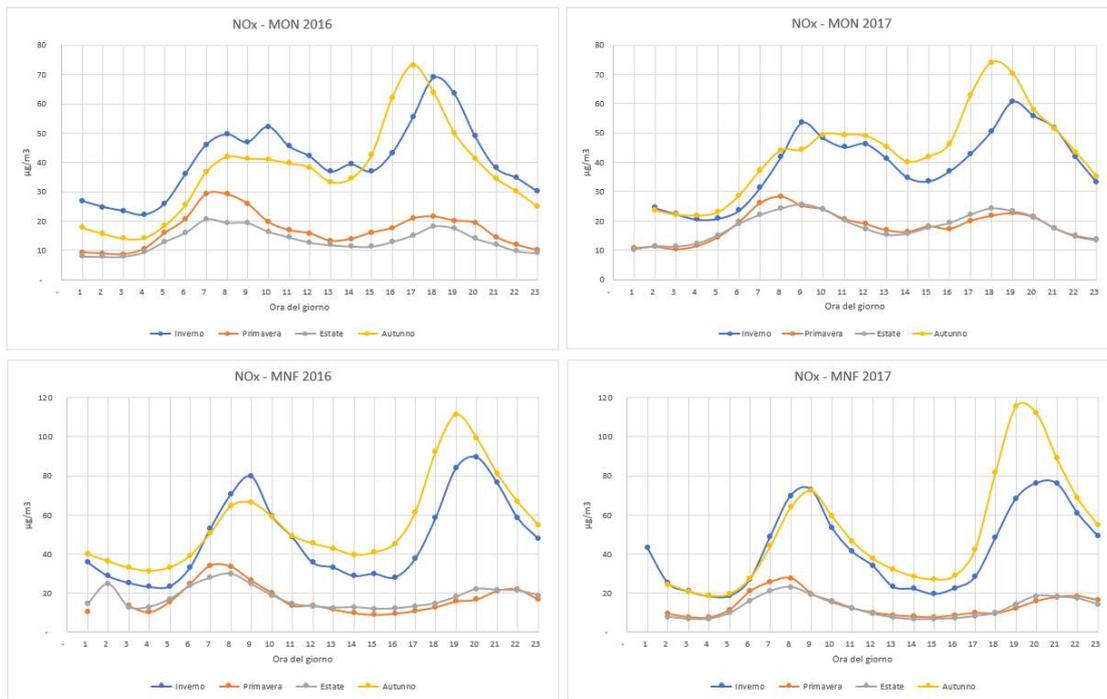
Le concentrazioni rilevate a Doberdò risultano per confronto molto più contenute, e con ridotta oscillazione giornaliera.



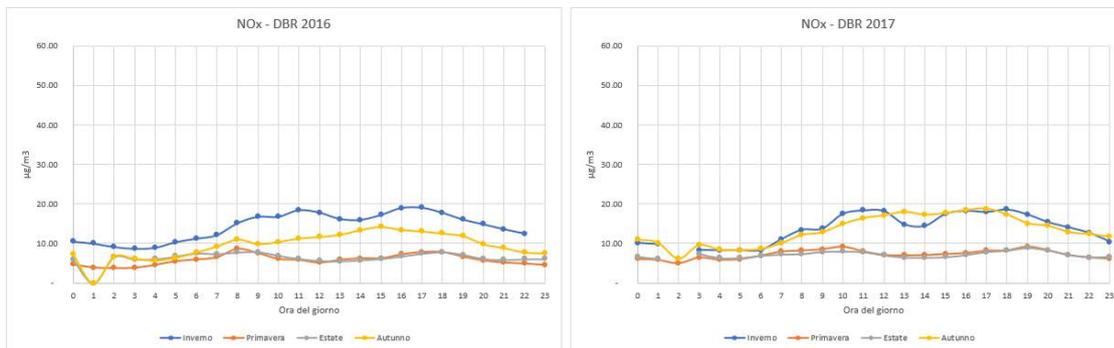
**Figura 3-9: Andamento della concentrazione di NO<sub>2</sub> nel giorno tipo (rif. 2016 – 2017) presso le stazioni di rilevamento di Monfalcone**



**Figura 3-10: Andamento della concentrazione di NO<sub>2</sub> nel giorno tipo (rif. 2016 – 2017) presso la stazione di rilevamento di Doberdò del Lago**



**Figura 3-11: Andamento della concentrazione di NOx nel giorno tipo (rif. 2016 – 2017) presso le stazioni di rilevamento di Monfalcone**



**Figura 3-12: Andamento della concentrazione di NOx nel giorno tipo (rif. 2016 – 2017) presso la stazione di rilevamento di Doberdò del Lago**

Nel grafico seguente è riportato l'andamento medio del rapporto tra NO<sub>2</sub> e NOx nelle stazioni di Monfalcone (MON, MNF). Risulta evidente, ed è ben noto in letteratura, come al crescere delle concentrazioni di NOx, la quota di NOx convertita in NO<sub>2</sub> si riduce sensibilmente. Nell'area in esame per NOx > 30 – 40 µg/m<sup>3</sup> il rapporto NO<sub>2</sub>/NOx risulta in media inferiore a 80% e scende sotto il 60% per NOx > 100 µg/m<sup>3</sup>.

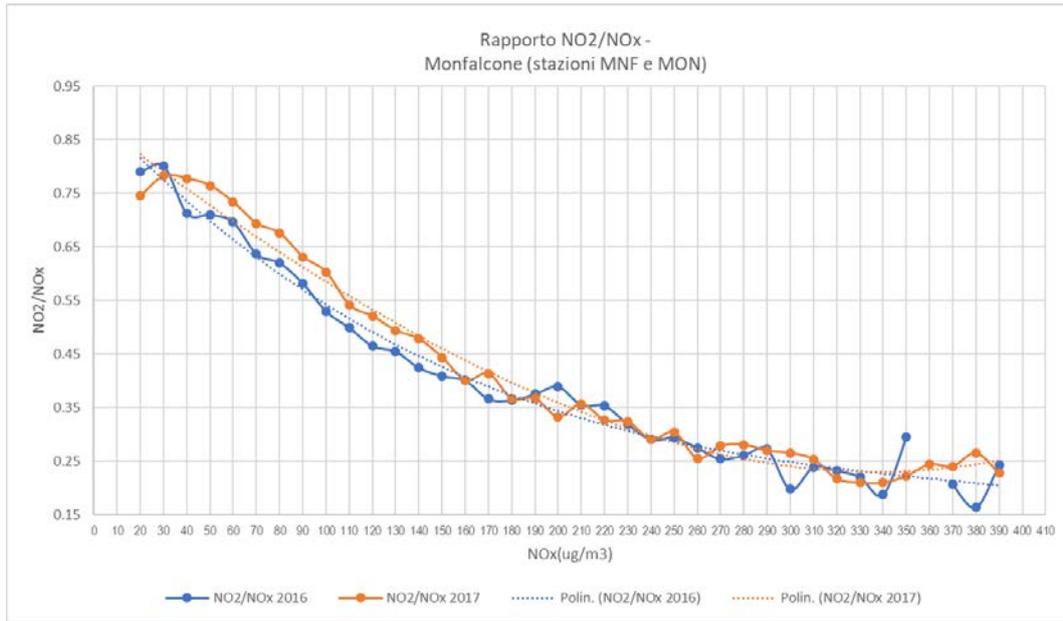


Figura 3-13: Rapporto NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (valore medio MNF, MON) 2016, 2017

## 4 DESCRIZIONE DELLE ELABORAZIONI EFFETTUATE

### 4.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO ADOTTATO

Il CALPUFF Model System è stato sviluppato a partire dal 1990 da J. Scire, inizialmente sponsorizzato da CARB (California Air Resources Board), poi passato alla Sigma Research Corporation (Earth Tech, Inc.) nell'ambito della ricerca di nuovi modelli di dispersione atmosferica del tipo non stazionario. Attualmente il modello è mantenuto e sviluppato da Exponent, Inc.

Il sistema è composto essenzialmente da tre componenti:

- a) un preprocessore meteorologico (CALMET) che ricostruisce campi meteorologici tridimensionali su una specificata griglia di calcolo, rendendo così il sistema capace di trattare condizioni atmosferiche complesse;
- b) un modello di dispersione non stazionario (CALPUFF), che simula il rilascio di inquinanti dalla sorgente come una serie di pacchetti discreti di materiale ("puff"), emessi ad intervalli di tempo pre-stabiliti; CALPUFF può avvalersi dei campi tridimensionali generati da CALMET, oppure utilizzare altri formati di dati meteorologici;
- c) un programma di postprocessing degli output di CALPUFF (CALPOST), che consente di ottenere i formati richiesti dall'utente ed è in grado di interfacciarsi con programmi di visualizzazione grafica dei risultati delle simulazioni.

La versione attuale del modello include i tre componenti principali (CALMET/ CALPUFF/ CALPOST) ed un set di vari programmi che consentono al sistema di interfacciarsi a dataset standard di dati meteorologici e geofisici.

Dopo varie fasi di validazione e analisi di sensibilità, a partire dal 2003 CALPUFF è stato inserito nella "Guideline on Air Quality Model" tra i modelli ufficiali di qualità dell'aria riconosciuti dall'U.S.EPA. Attualmente il modello risulta tra i preferiti di U.S.EPA nelle simulazioni in campo vicino per situazioni che coinvolgono terreno complesso e venti complessi; tali condizioni sono presenti nel caso in esame, caratterizzato da condizioni meteorologiche derivanti dall'interazione mare-terra e, in parte, da territorio con orografia complessa.

#### CALMET

CALMET è il preprocessore meteorologico che ricostruisce campi meteorologici tridimensionali su una specificata griglia di calcolo, rendendo così il sistema capace di trattare condizioni atmosferiche complesse, variabili nel tempo e nello spazio.

I dati di input richiesti da CALMET sono i seguenti:

- condizioni meteorologiche sia al suolo (velocità e direzione del vento, altezza dello strato rimescolato, copertura nuvolosa, temperatura, umidità, pressione e piovosità) sia in quota (velocità e direzione del vento, temperatura, pressione);
- caratteristiche del dominio computazionale (numero e dimensione delle celle della griglia);
- orografia;
- rugosità superficiale.

CALMET, a differenza di altri processori meteorologici, calcola internamente la classe di stabilità atmosferica, tramite la localizzazione del dominio (coordinate UTM), l'ora del giorno e la copertura del cielo. Consente, inoltre, di tener conto di diverse caratteristiche, quali la pendenza del terreno, la presenza di ostacoli al flusso, la presenza di zone marine o corpi d'acqua.

Il file di output di CALMET contiene, oltre alle informazioni generali sulle dimensioni del dominio di studio e l'intervallo di tempo della simulazione, le serie temporali delle variabili meteorologiche con risoluzione oraria e fornisce, quindi, a CALPUFF tutti i dati meteorologici del dominio di studio necessari per la valutazione.

## CALPUFF

CALPUFF è un modello di dispersione non stazionario a puff gaussiani, che consente di valutare il campo di concentrazione, simulando gli effetti delle condizioni meteorologiche, variabili nello spazio e nel tempo, sul trasporto, la trasformazione e la rimozione degli inquinanti in atmosfera.

Le cui caratteristiche principali sono:

1. capacità di trattare sorgenti puntuali, lineari, areali, di volume, con caratteristiche variabili nel tempo (flusso di massa dell'inquinante, velocità di uscita dei fumi, temperatura);
2. notevole flessibilità relativamente all'estensione del dominio di simulazione, da poche decine di metri (scala locale) a centinaia di chilometri dalla sorgente (mesoscala);
3. capacità di trattare situazioni meteorologiche variabili e complesse, come calme di vento, parametri dispersivi non omogenei, effetti vicino alla sorgente, come transitional plume rise (innalzamento del plume dalla sorgente), building downwash (effetti locali di turbolenza dovuti alla presenza di ostacoli lungo la direzione del flusso), partial plume penetration (parziale penetrazione del plume nello strato d'inversione), fumigation;
4. capacità di trattare condizioni di orografia complessa e caratterizzate da una significativa rugosità, nelle quali gli effetti della fisionomia del terreno influenzano la dispersione degli inquinanti;
5. capacità di trattare effetti a lungo raggio quali le trasformazioni chimiche, trasporto sopra l'acqua ed interazione tra zone marine e zone costiere;
6. possibilità di applicazione ad inquinanti inerti e polveri, soggetti a rimozione a secco o ad umido, ed a inquinanti reagenti.

Nel modello CALPUFF, per poter tener conto della non stazionarietà dei fenomeni, l'emissione di inquinante (plume) viene suddivisa in "pacchetti" discreti di materiale (puff) la cui forma e dinamica dipendono dalle condizioni di rilascio e dalle condizioni meteorologiche locali. Il contributo di ogni puff in un recettore viene valutato mediante un metodo "a foto": ad intervalli di tempo regolari (sampling step), ogni puff viene "congelato" e viene calcolato il suo contributo alla concentrazione. Il puff può quindi muoversi, evolversi in forma e dimensioni fino all'intervallo successivo. In CALPUFF sono presenti due opzioni per la rappresentazione dei "pacchetti":

- Puff: elementi gaussiani radiali-simmetrici;
- Slug: elementi non circolari allungati nella direzione del vento.

Per ogni sampling step, i pacchetti sono aggiornati in merito al trasporto, considerando gli spostamenti del baricentro dell'elemento e ai coefficienti di dispersione associati all'elemento stesso.

Come già indicato, il modello CALPUFF contiene moduli per il trasporto su ambiente terrestre, marino ed interazione mare-terra, per gli effetti del terreno complesso, deposizione secca e umida, semplici trasformazioni chimiche e per l'interazione degli edifici con il pennacchio (building downwash).

La dispersione e il "galleggiamento" di pennacchi rilasciati da sorgenti basse, possono essere significativamente modificati dalla presenza di palazzi o altri ostacoli in prossimità della sorgente; specificando altezza e larghezza di tali ostacoli, CALPUFF consente di parametrizzare questo effetto, detto di building downwash, utilizzando gli algoritmi di Huber-Snyder e Schulman-Scire.

Il modello CALPUFF è in grado di gestire le ore di calma di vento simulando dei puff "stagnanti", che, in condizioni di velocità del vento nulla, non sono dispersi tramite advezione, ma possono subire fenomeni di dispersione turbolenta.

Per quanto riguarda gli input meteorologici, CALPUFF utilizza il campo meteorologico tridimensionale generato da CALMET a partire dai dati registrati da stazioni al suolo e in quota.

## CALPOST

CALPOST è il post-processore che elabora il file di output di CALPUFF contenente i valori orari di concentrazione di inquinante considerato in corrispondenza dei recettori, per ottenere i parametri d'interesse, ad es. concentrazione massima o media per vari periodi, frequenze di superamento di soglie stabilite

---

dall'utente. CALPOST è, inoltre, in grado di produrre file direttamente interfacciabili con programmi di visualizzazione grafica dei risultati delle simulazioni.

### Versioni utilizzate

La simulazione è stata effettuata con il modello CALMET versione 6.334 livello 110421, e CALPUFF versione 6.42 livello 110325.

## 4.2 RICOSTRUZIONE DEL CAMPO METEOROLOGICO

Come precedentemente illustrato, il modello CALPUFF, per la stima della diffusione in atmosfera e del deposito al suolo, utilizza il campo meteorologico tridimensionale generato dal preprocessore CALMET a partire dai dati registrati da stazioni al suolo e in quota, sulla griglia e per il periodo temporale prescelto.

CALMET è un modello meteorologico diagnostico, cioè in grado di ricostruire il campo di vento su un dominio di calcolo con orografia complessa a partire da misure al suolo e da almeno un profilo verticale. Esso contiene inoltre degli algoritmi per il calcolo di parametri micrometeorologici fondamentali nell'applicazione di modelli di dispersione in atmosfera, come, ad esempio, l'altezza di rimescolamento, la lunghezza di Monin-Obukhov e la classe di stabilità atmosferica di Pasquill-Gifford.

CALMET ricostruisce il campo di vento in due successivi passi. Nel primo passo modifica il vento iniziale in funzione degli effetti cinematici del terreno e dei venti di pendenza; nel secondo passo questo vento viene ulteriormente modificato in funzione dei dati misurati e dell'equazione di conservazione della massa. Nei diversi punti del dominio di simulazione il vento misurato ha un peso che decresce con l'aumentare della distanza dalla stazione di misura.

Il vento allo step iniziale, che poi verrà corretto, può essere determinato come valore medio del vento misurato sul dominio a una certa quota, oppure può essere l'output di un modello meteorologico prognostico. In questo secondo caso i risultati del modello prognostico possono essere utilizzati in alcuni punti anche per rimpiazzare le misure meteorologiche.

Nel caso specifico l'analisi è stata effettuata a partire dai dati meteorologici relativi al 2016 e 2017 derivanti dal modello meteorologico prognostico WRF (Weather Research Research and Forecasting), un sistema numerico di previsione meteorologica su mesoscala di nuova generazione progettato sia per la ricerca atmosferica che per le applicazioni di previsione operativa. Il modello serve una vasta gamma di applicazioni meteorologiche su scale da decine di metri a migliaia di chilometri. Tale modello è stato sviluppato negli Stati Uniti a partire dalla fine degli anni '90 grazie allo sforzo congiunto di istituzioni quali National Center for Atmospheric Research (NCAR), Air Force Weather Agency (AFWA), Naval Research Laboratory, Università dell'Oklahoma e Federal Aviation Administration (FAA).

Il modello fornisce una serie di variabili micrometeorologiche complesse, quali temperatura, velocità e direzione del vento, umidità, radiazione solare ecc. a diverse quote e su diversa scala spaziale e temporale. I dati meteorologici CALMET-ready sono stati generati mediante l'applicazione del post processore CALWRF (contenuto nel CALPUFF v.7 modeling system) agli output del modello WRF ARW V 4.0 ottenuti a partire da run del modello WRF con tre domini innestati a 27km, 9km e 3km di risoluzione.

### 4.2.1 Domini di simulazione

Il sistema modellistico Calpuff-Calmet prevede tre distinti domini di riferimento:

- il **dominio meteorologico** – all'interno del quale è ricostruito il campo meteorologico tridimensionale;
- il **dominio computazionale** – la cui dimensione massima coincide con il dominio meteorologico - all'interno del quale il modello simula il movimento dei puff e la diffusione degli inquinanti;
- il **dominio di campionamento** – la cui dimensione massima coincide con il dominio computazionale – all'interno del quale sono calcolate le concentrazioni e deposizioni orarie degli inquinanti per ogni punto della griglia definita e per gli eventuali recettori discreti impostati.

Nel caso in esame il dominio meteorologico è stato impostato su una griglia orizzontale di 40 x 40 km con maglia di 0.5 km centrata sull'impianto.

Le coordinate UTM (zona 33) del centro del dominio sono  $X = 387.25$  km,  $Y = 5072.50$  km. Le coordinate UTM 33 dell'angolo di Sud Ovest del dominio meteorologico sono  $X = 367.25$  km,  $Y = 5052.5$  km.

È stata quindi considerata una griglia di calcolo 40 x 40 km con lato 0.5 km; per ogni cella del dominio descritto è stata determinata la quota sul livello del mare e l'uso del suolo.

In direzione verticale sono state utilizzate 12 griglie di calcolo per un'altezza totale di 3000 m. Il periodo temporale di simulazione è costituito dagli anni 2016 e 2017.

Il *dominio computazionale* è stato impostato coincidente con il dominio meteorologico. Il *dominio di campionamento* è stato impostato considerando l'area all'interno della quale la diffusione degli inquinanti raggiunge valori significativi. Sulla base dei risultati delle analisi preliminari è stato impostato un dominio di campionamento di 30 x 30 km. La griglia di calcolo è costituita da una suddivisione della griglia meteorologica con fattore di nesting 3. La maglia risultante è dunque di ca. 167 m.

Le figure seguenti mostrano l'altimetria e l'uso del suolo nel dominio di simulazione meteorologica. Nel riquadro interno è rappresentato il dominio di campionamento.

L'area di studio risulta caratterizzata dalla presenza del mare (e in parte della laguna) che occupa una consistente porzione dei quadranti meridionali. La porzione di terraferma a O dell'impianto è costituita dalla pianura friulana. I decisi rilievi delle Alpi Giulie chiudono il dominio a NE digradando verso i più modesti rilievi dell'altopiano del Carso paralleli alla linea di costa nel quadrante SO.

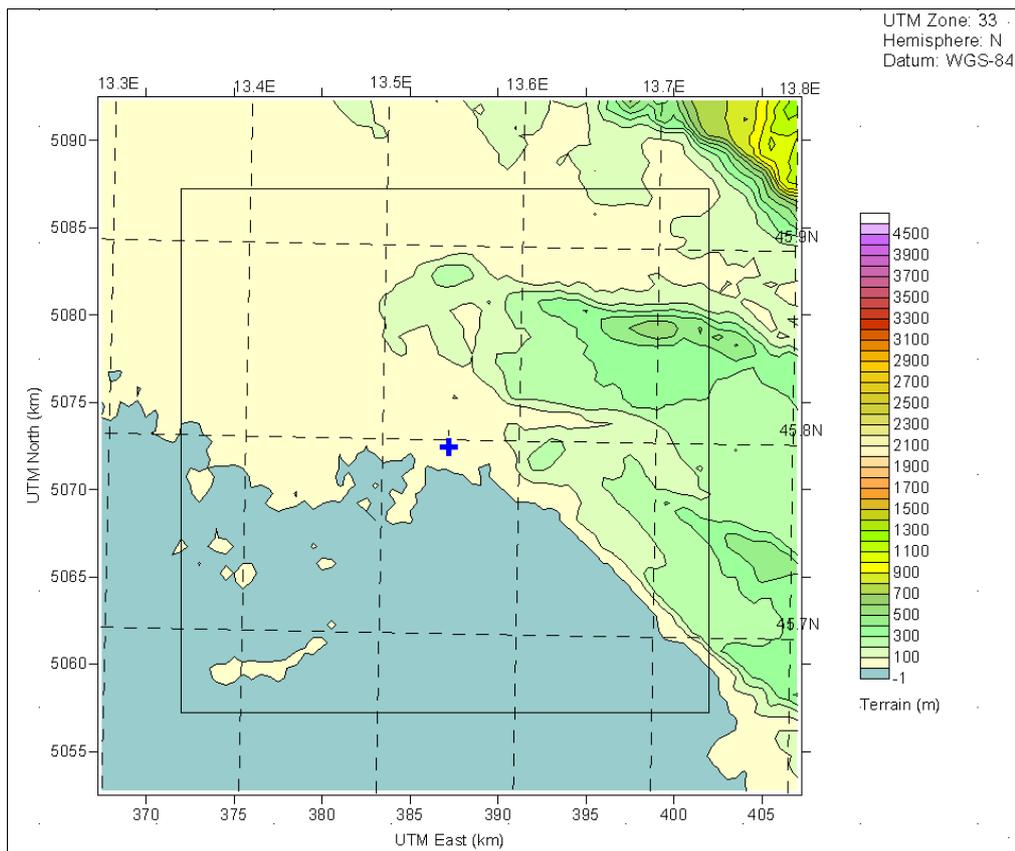
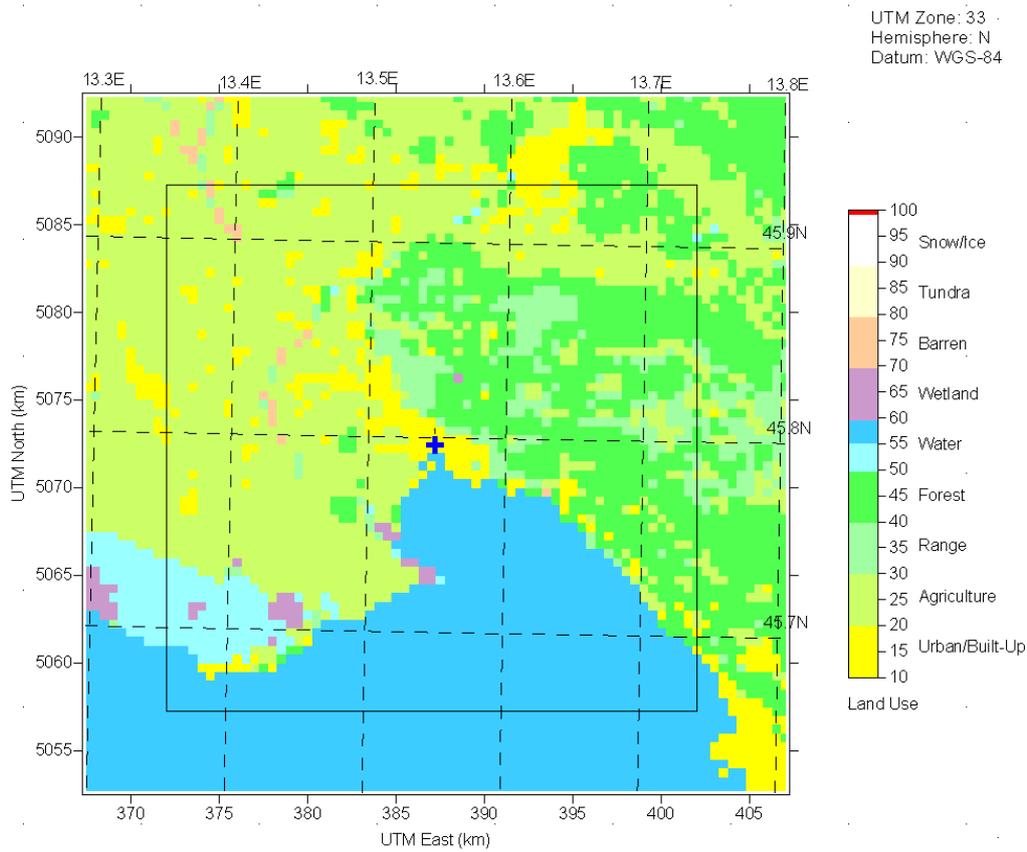


Figura 4-1: Domini di simulazione e orografia



**Figura 4-2: Uso del suolo nell'area di studio**

Nelle seguenti figure sono proposte a titolo di esempio alcune immagini relative all'andamento del campo di vento e dell'altezza dello strato di rimescolamento atmosferico calcolati dal modello in alcune ore di simulazione.

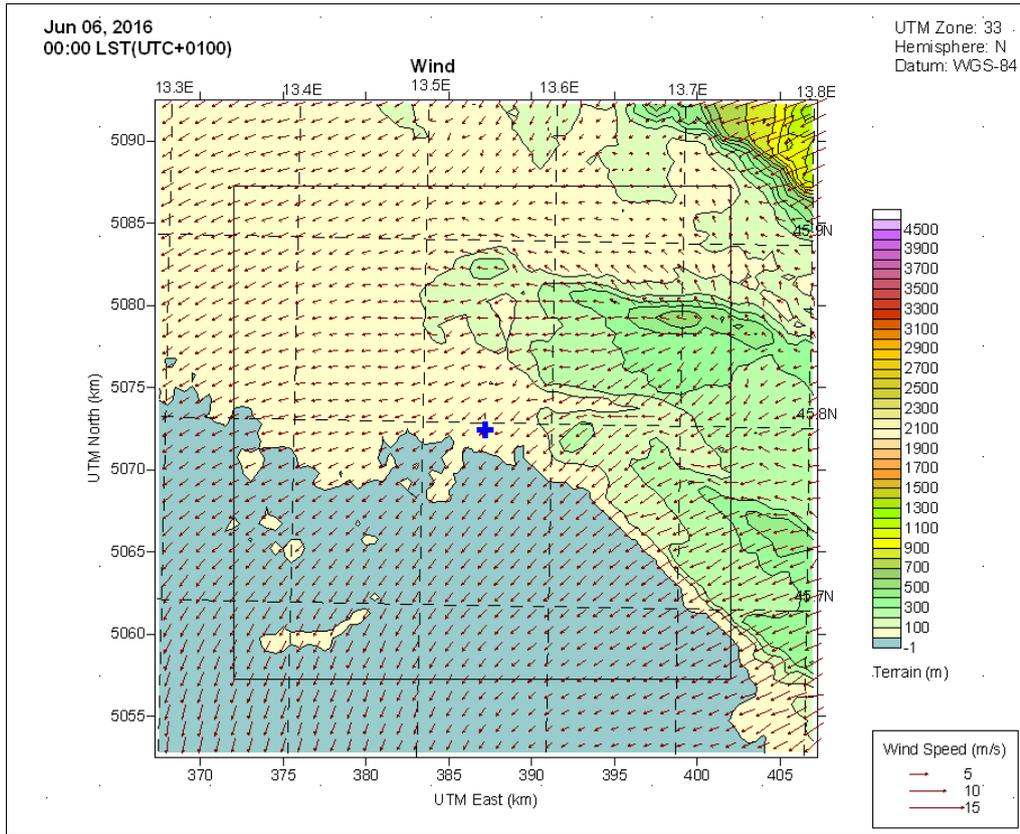
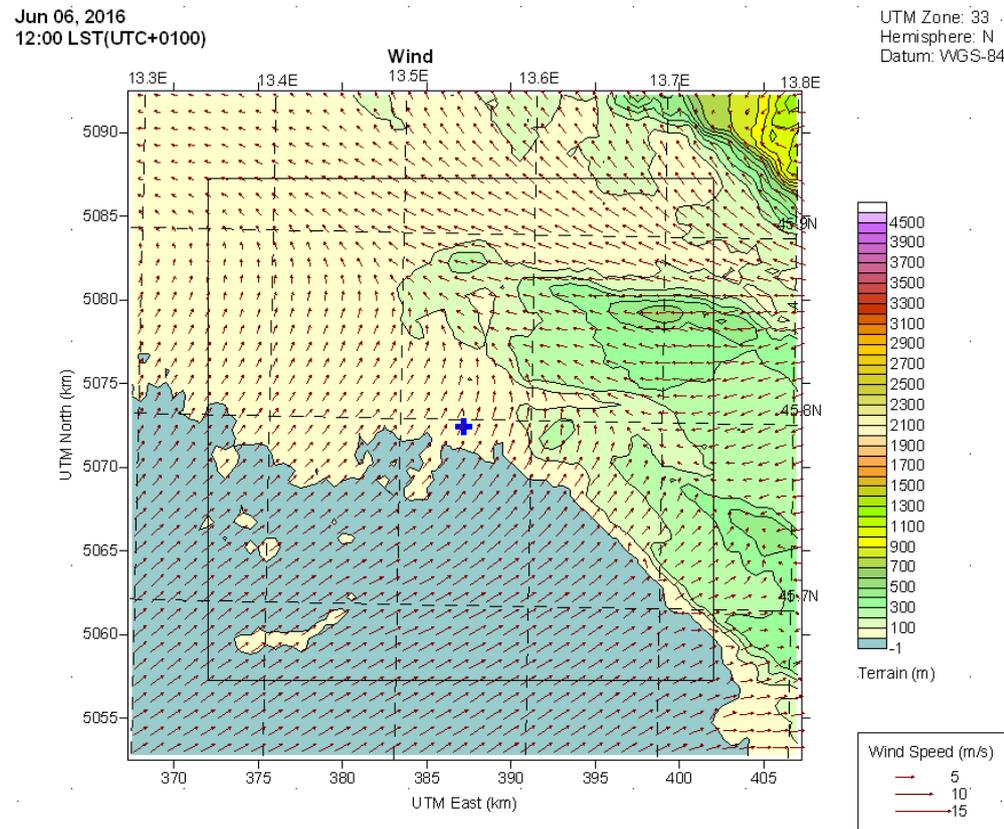
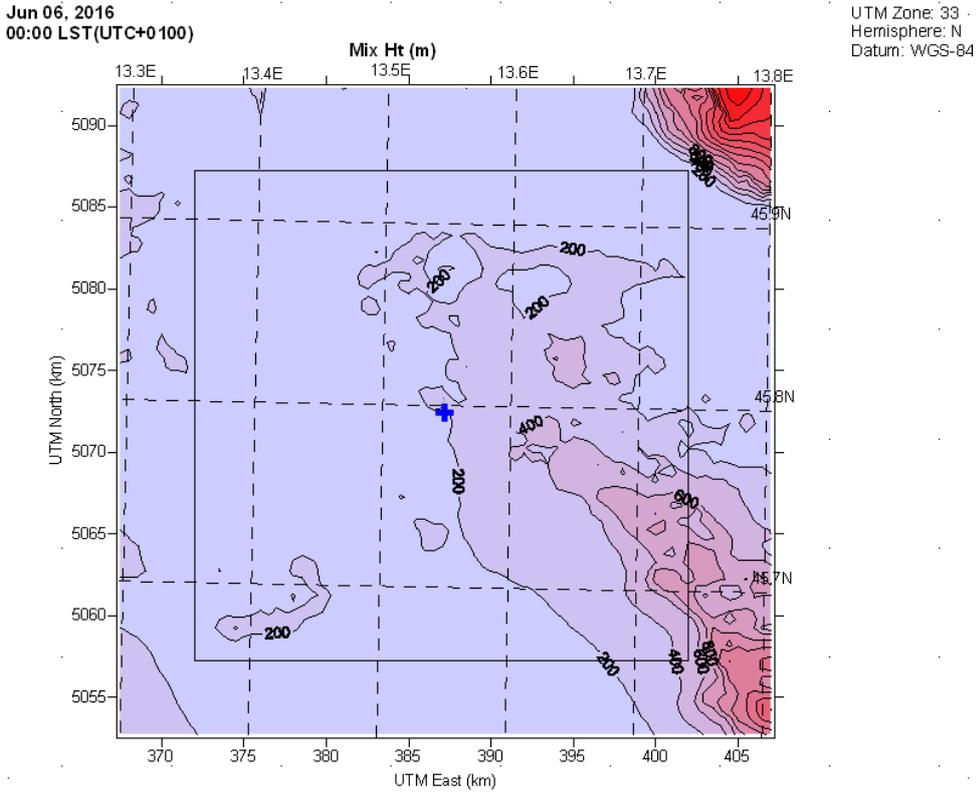


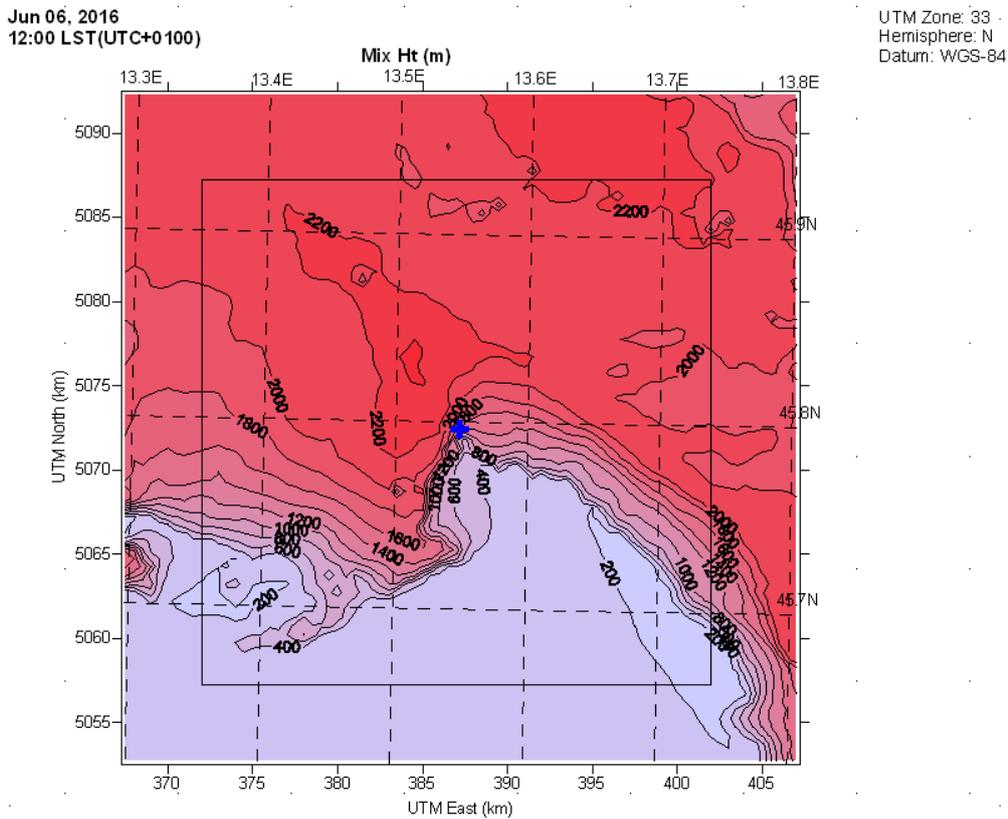
Figura 4-3: Campo di vento predetto da Calmet alle ore 00 del 06/06/2016



**Figura 4-4: Campo di vento predetto da Calmet alle ore 12 del 06/06/2016**



**Figura 4-5: Altezza dello strato rimescolato (Hmix) predetto da Calmet alle ore 00 del 06/06/2016**



**Figura 4-6: Altezza dello strato rimescolato (Hmix) predetto da Calmet alle ore 12 del 06/06/2016**

## 4.3 ANDAMENTO DELLE PRINCIPALI VARIABILI METEOROLOGICHE NEL PERIODO DI INDAGINE

### 4.3.1 Regime anemologico

Nelle figure seguenti sono illustrate le rose dei venti (per l'anno 2016 e per l'anno 2017 alle quote di 10 e di 100 m sul suolo), stimate dal modello Calmet in corrispondenza del camino della nuova Centrale di Monfalcone. Si evince un regime dei venti con caratteristiche poco variabili nei due anni esaminati, chiaramente influenzato dalla presenza della catena alpina (Alpi Carniche e Giulie) a N-NE e dai vicini rilievi del Carso a E-SE, nonché dall'interazione terra-mare (regime di brezza).

I venti alla quota di 10 m, influenzati in modo più significativo dall'orografia locale, si allineano su due settori di provenienza prevalenti: da E-ENE, largamente dominante e caratterizzato da venti più intensi (prevalentemente sopra i 3,3 m/s e con significativa percentuale sopra i 5 m/s); e secondariamente da S-SSW con venti che hanno carattere di brezza di mare diurna e assumono velocità prevalente compresa tra 1,8 e 3,3 m/s. Pressoché assenti risultano le calme di vento.

Alla quota di 100 m i venti risultano ovviamente più intensi in tutte le direzioni, grazie al minore effetto di attrito col suolo, e appaiono meno influenzati dall'orografia locale, aprendosi in particolare a ventaglio sul quadrante SE.

Dall'esame delle rose dei venti stagionali a 10 m (**Figura 4-11**) risulta evidente l'effetto del regime di brezza da sud innescato dalla radiazione solare: tale componente, significativa in primavera ed estate, è pressoché assente nella stagione invernale e autunnale.

Tale andamento è chiaramente confermato esaminando la variazione nella direzione del vento a 10 m nel passaggio dalle ore notturne alle ore diurne e pomeridiane (**Figura 4-12**): di notte (01-06) la direzione di provenienza del vento è pressoché concentrata nel settore E-ESE; durante la mattina (07-12) cresce la componente di vento dal mare (S-SSW), che diventa dominante nel pomeriggio. La componente E-SE torna nuovamente dominante nelle ore serali.

WIND2016 - CALMET.DAT: Nearest Grid Pt [(I,J)=( 41.000, 41.000)][(X,Y)km=( 387.500, 5072.750) in MODEL Projection]  
 Height = 10.00 m; [Jan 1, 2016 - 1:00:00 AM to Jan 1, 2017 - 12:00:00 AM (UTC+0100)]  
 Annual(Jan to Dec): Total Periods = 8784; Valid Periods = 8784 (100%); Calm Wind Periods = 175

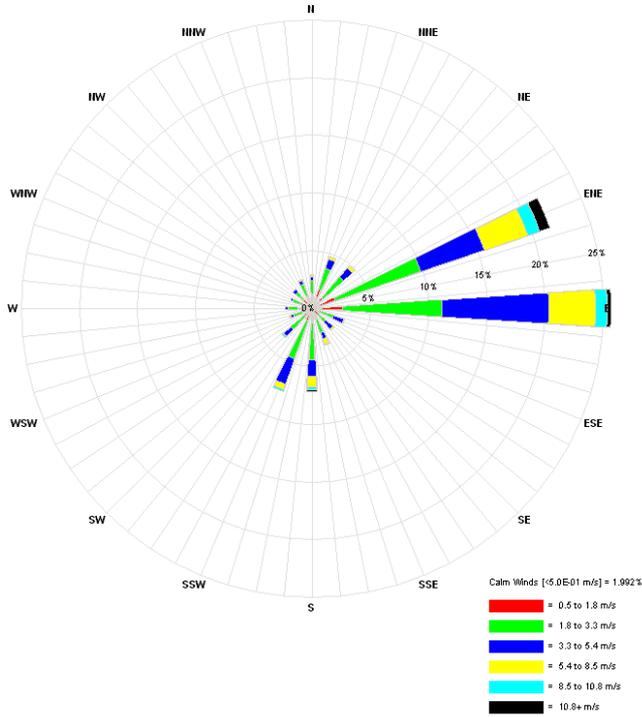


Figura 4-7: Rosa dei venti a 10 m – Anno 2016

2017CAM - CALMET.DAT: Nearest Grid Pt [(I,J)=( 41.000, 41.000)][(X,Y)km=( 387.500, 5072.750) in MODEL Projection]  
 Height = 10.00 m; [Jan 1, 2017 - 1:00:00 AM to Jan 1, 2018 - 12:00:00 AM (UTC+0100)]  
 Annual(Jan to Dec): Total Periods = 8760; Valid Periods = 8760 (100%); Calm Wind Periods = 246

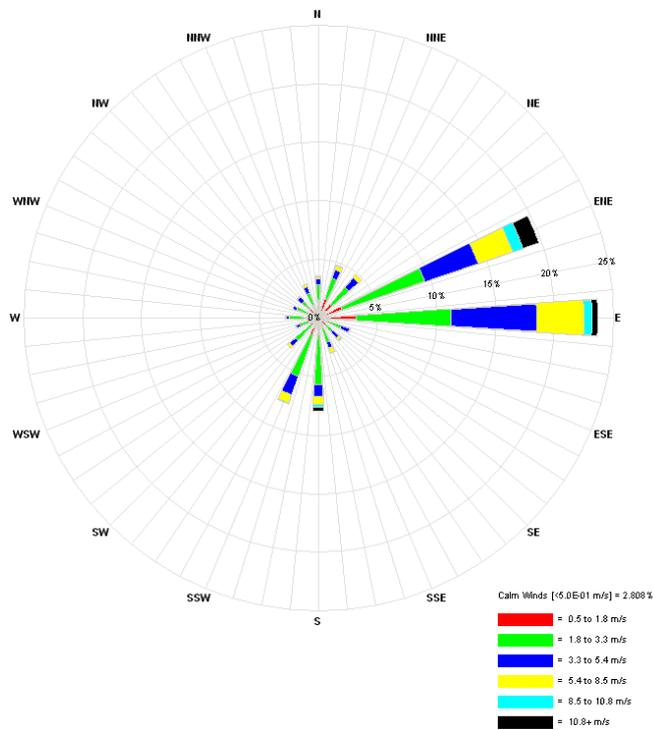


Figura 4-8: Rosa dei venti a 10 m – Anno 2017

WIND2016 - CALMET.DAT: Nearest Grid Pt [(I,J)=( 41.000, 41.000)][(X,Y)km=( 387.500, 5072.750) in MODEL Projection]  
 Height = 100.00 m; [Jan 1, 2016 - 1:00:00 AM to Jan 1, 2017 - 12:00:00 AM (UTC+0100)]  
 Annual(Jan to Dec): Total Periods = 8784; Valid Periods = 8784 (100%); Calm Wind Periods = 156

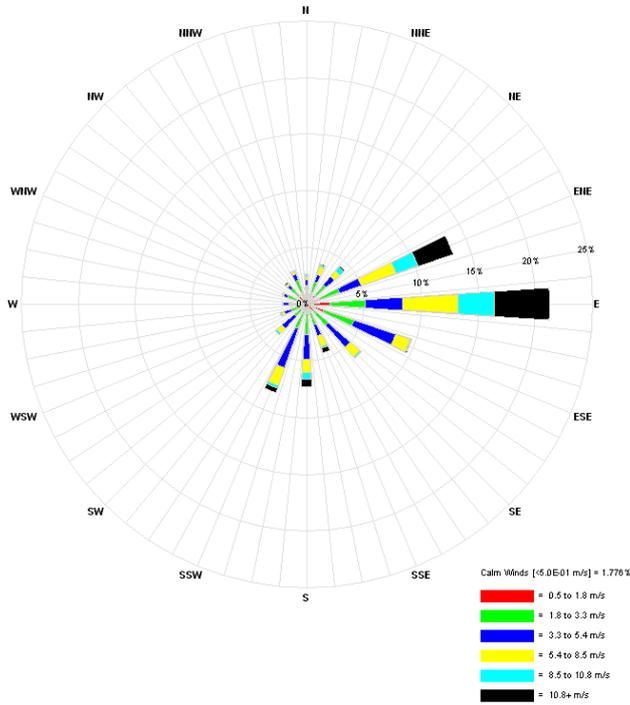


Figura 4-9: Rosa dei venti a 100 m – Anno 2016

2017CAM - CALMET.DAT: Nearest Grid Pt [(I,J)=( 41.000, 41.000)][(X,Y)km=( 387.500, 5072.750) in MODEL Projection]  
 Height = 100.00 m; [Jan 1, 2017 - 1:00:00 AM to Jan 1, 2018 - 12:00:00 AM (UTC+0100)]  
 Annual(Jan to Dec): Total Periods = 8760; Valid Periods = 8760 (100%); Calm Wind Periods = 207

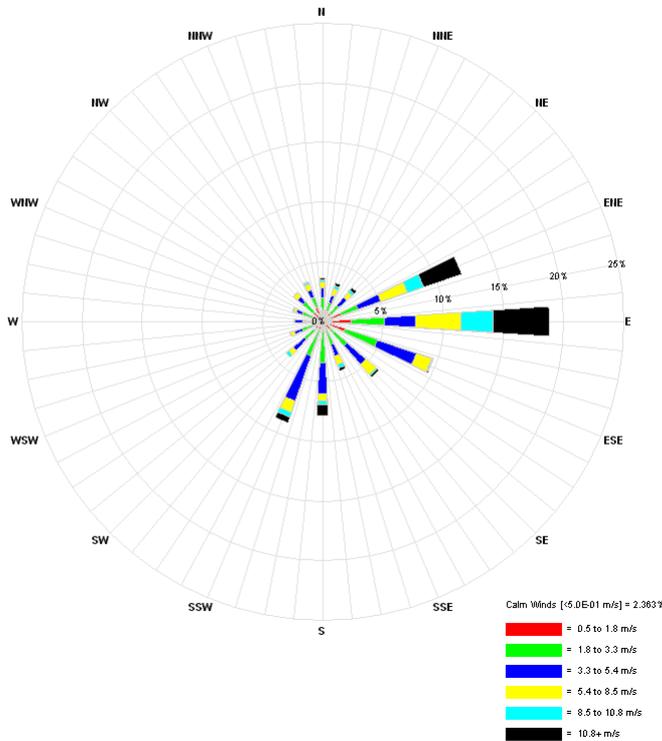


Figura 4-10: Rosa dei venti a 100 m – Anno 2017

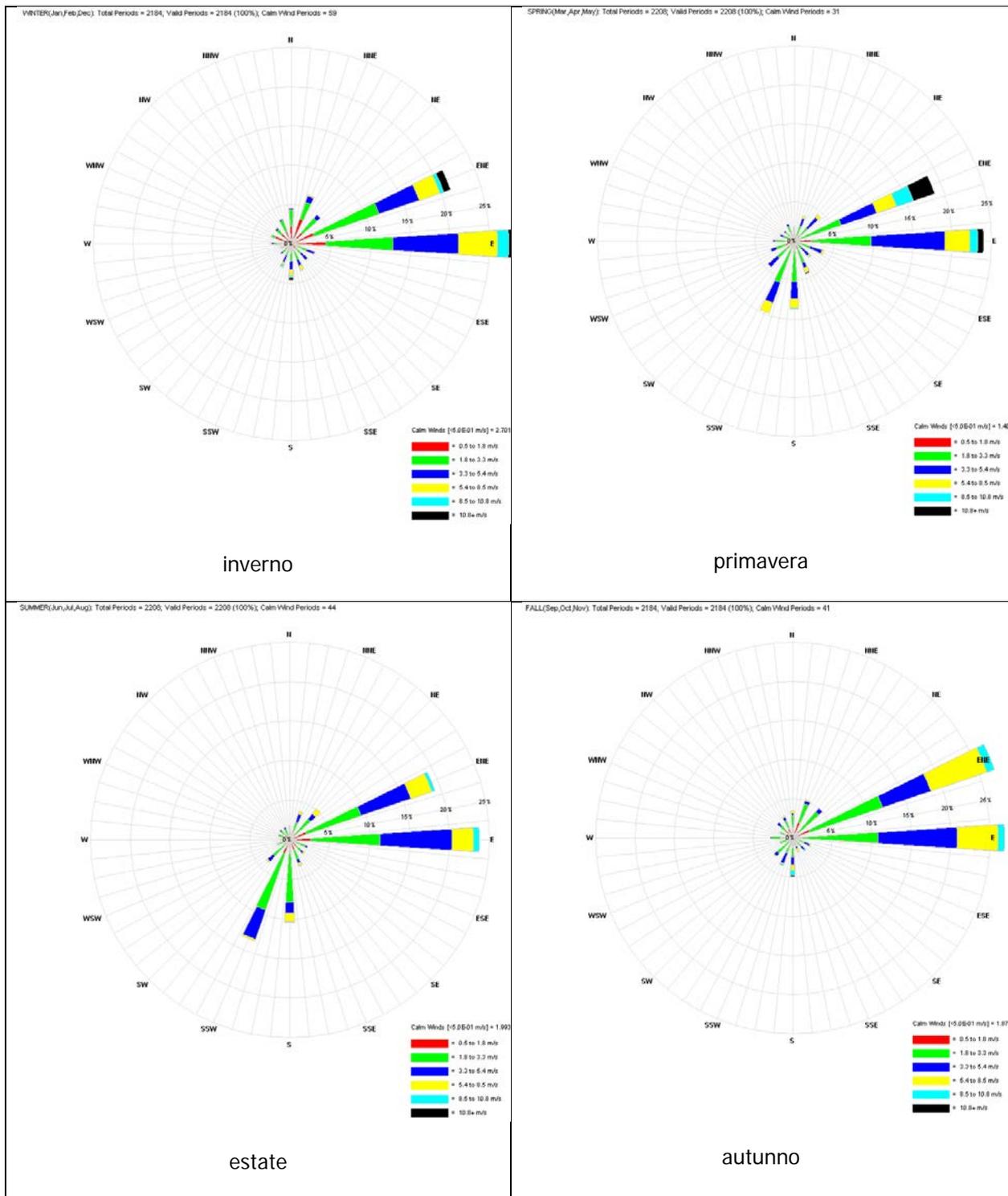


Figura 4-11: Rosa dei venti stagionale a 10 m – Anno 2016

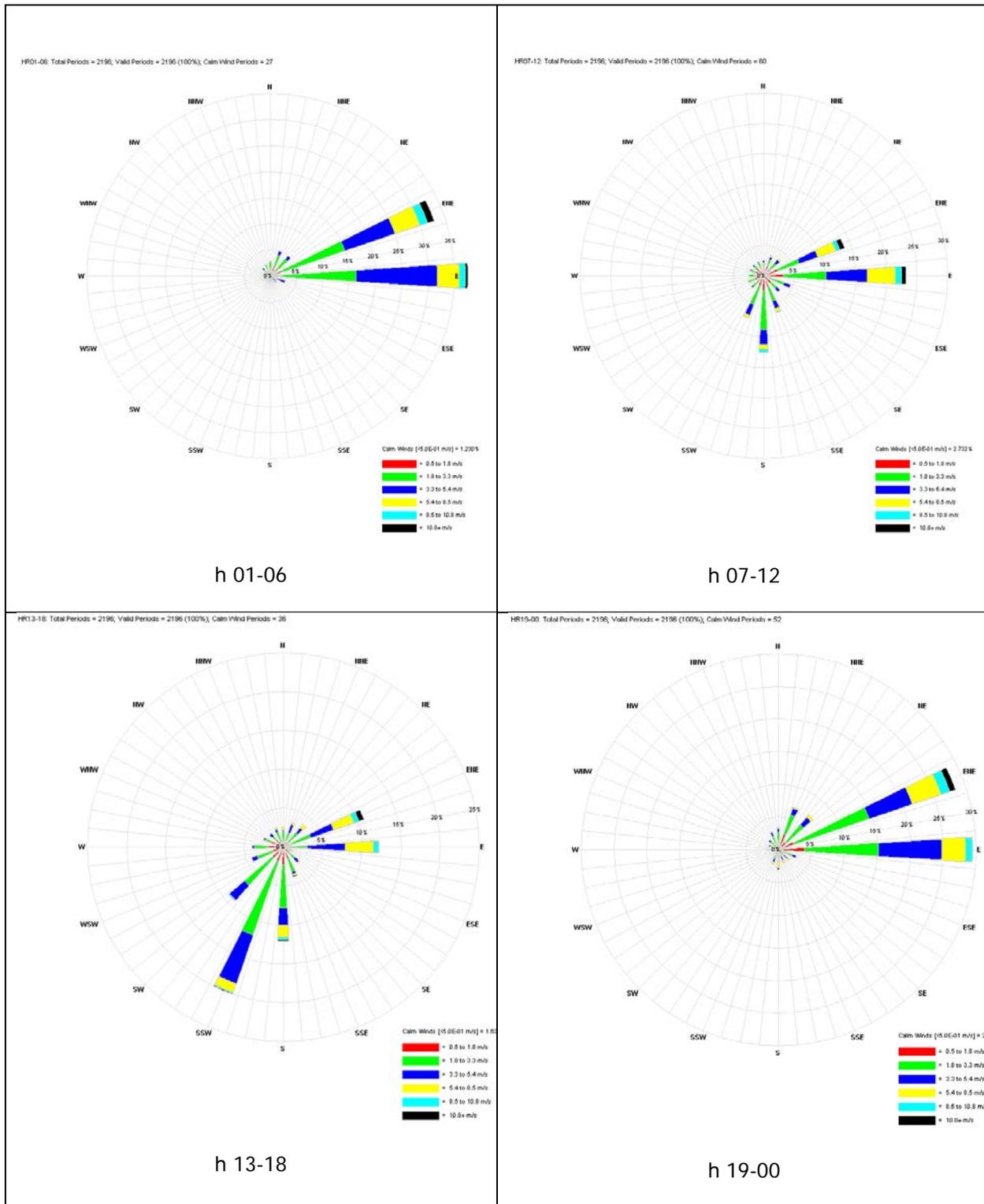


Figura 4-12: Rosa dei venti diurna e notturna a 10 m – Anno 2016

### 4.3.2 Andamento giornaliero della velocità del vento

L'intensità media del vento a 10 m in corrispondenza del camino mostra un andamento altalenante nell'arco della giornata, differenziato per stagione, con flessi in corrispondenza delle ore tipiche di inversione della direzione del vento e picchi di velocità nelle ore intermedie. L'intensità media più elevata si registra nelle prime ore del mattino in periodo invernale e autunnale e nelle ore centrali della giornata in periodo primaverile ed estivo.

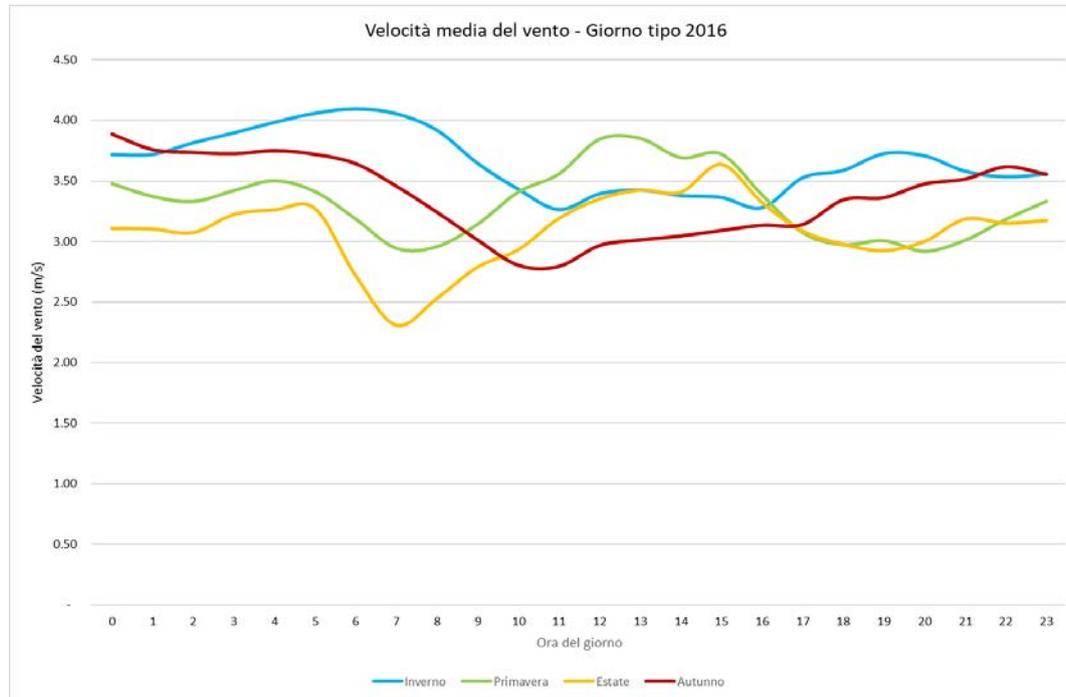


Figura 4-13: Andamento medio giornaliero della velocità del vento h 10 m (Calmet rif. 2016)

### 4.3.3 Classe di stabilità atmosferica e altezza dello strato rimescolato

Nelle due figure seguenti si riporta l'andamento tipico giornaliero al centro del dominio di calcolo, corrispondente al camino principale della nuova CTE, dei parametri Classe di stabilità e Altezza dello strato di rimescolamento atmosferico, riferiti all'anno 2016.

Si nota per quanto riguarda la stabilità atmosferica (secondo la classificazione di Pasquill-Gilford: da 1 molto instabile a 6 molto stabile) la tipica prevalenza di classi stabili in periodo notturno, con graduale evoluzione verso classi neutre/ instabili nelle ore diurne. A partire dalle prime ore della sera si assiste ovviamente al fenomeno inverso. Trattandosi di un fenomeno strettamente connesso con l'intensità dell'irraggiamento solare, l'effetto risulta più marcato nei mesi estivi.

Per quanto riguarda l'altezza media dello strato di rimescolamento atmosferico questa risulta minima nelle ore notturne dove è mediamente superiore a 400. L'altezza di rimescolamento atmosferico cresce rapidamente durante il giorno raggiungendo nelle ore centrali della giornata valori medi dell'ordine di 1200/1400 m in primavera/estate e 800/1000 m in inverno/autunno, per poi calare bruscamente al crepuscolo.

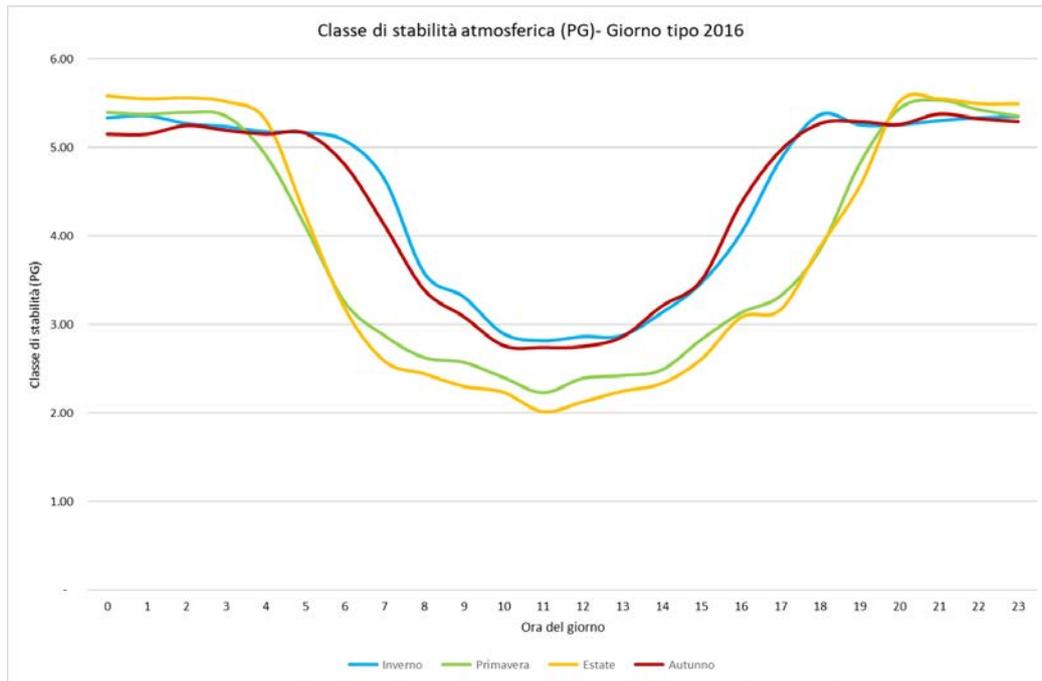


Figura 4-14: Andamento medio giornaliero della Classe di stabilità atmosferica (Calmet rif. 2016)

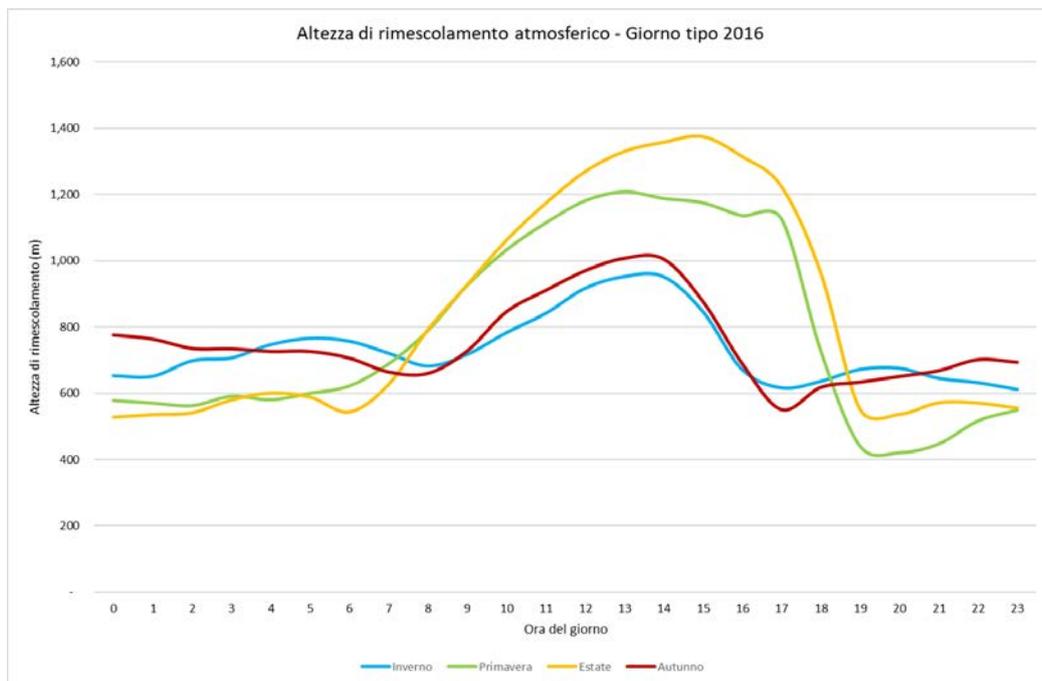


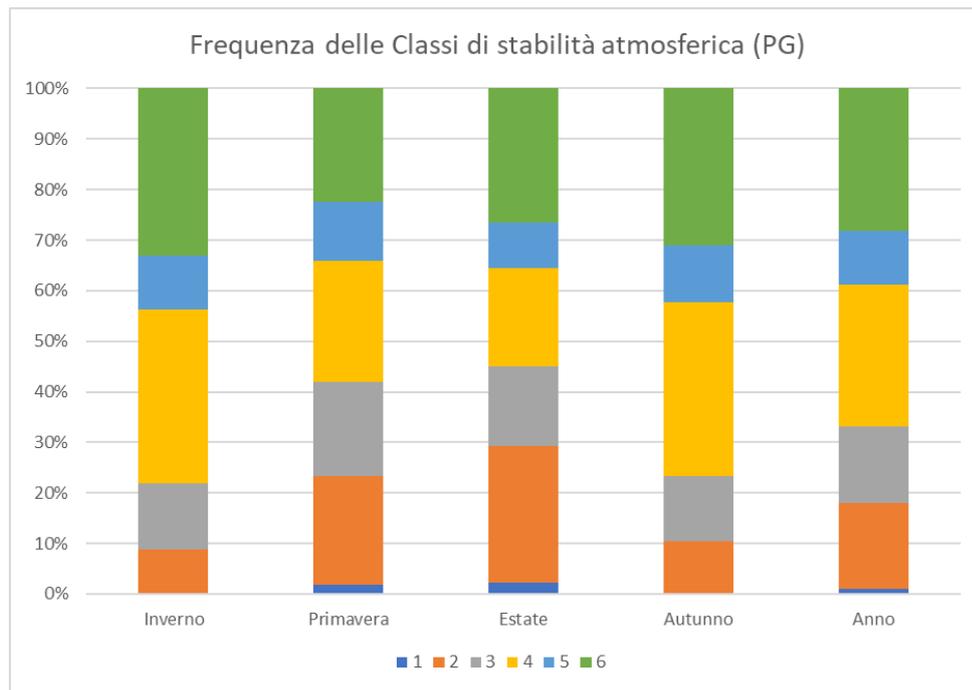
Figura 4-15: Andamento medio giornaliero dell'Altezza di rimescolamento atmosferico nel giorno tipo (Calmet rif. 2016)

Nella tabella e nel grafico seguente è illustrata la frequenza delle classi di stabilità atmosferica nelle diverse stagioni (rif. 2016).

Si nota la presenza molto limitata di condizioni fortemente instabili in tutte le stagioni; in periodo invernale e autunnale si registra la larga prevalenza di condizioni da neutre a fortemente stabili, mentre in periodo primaverile ed estivo sono prevalenti condizioni da moderatamente instabili a neutre (ca. 60-65%).

**Tabella 4-1: Frequenza delle Classi di stabilità atmosferica stimata da Calmet al centro del dominio (rif 2016)**

	Classe di stabilità (PG)					
	1	2	3	4	5	6
Inverno	0%	9%	13%	34%	11%	33%
Primavera	2%	21%	19%	24%	12%	22%
Estate	2%	27%	16%	19%	9%	27%
Autunno	0%	10%	13%	34%	11%	31%
Totale complessivo	1%	17%	15%	28%	11%	28%



**Figura 4-16: Distribuzione delle Classi di stabilità atmosferica stimata da Calmet al centro del dominio (rif 2016)**

## 4.4 DATI IN INGRESSO E PRINCIPALI ASSUNZIONI DELLE SIMULAZIONI EFFETTUATE

Di seguito sono riportate le caratteristiche fisiche dell'emissione considerate nelle presenti simulazioni, riferite alle condizioni di esercizio alla massima potenza nominale (100%). Sono simulate separatamente le condizioni di emissione con ipotesi di funzionamento continuativo per 8760 ore/anno in configurazione in Ciclo Aperto e in configurazione in Ciclo Combinato. Le due condizioni vanno intese come alternative.

**Tabella 4-2: Parametri chimico fisici di emissione utilizzati nelle simulazioni**

Parametro		Esercizio in Ciclo Aperto	Esercizio in Ciclo Combinato
Punto di emissione		Camino di Bypass	Camino Principale
Latitudine (WGS84 UTM 33N)	m	387.238 E	387.288 E
Longitudine	m	5.072.481 N	5.072.510 N
Altezza	m	60	60
Velocità uscita fumi	m/s	44.8	20.8
Temperatura emiss.	°C	670	73
<u>Concentrazioni garantite</u>			
NOx media giornaliera	mg/Nm <sup>3</sup> @15% O <sub>2</sub>	30	10
CO media giornaliera	mg/Nm <sup>3</sup> @15% O <sub>2</sub>	30	30
NH <sub>3</sub> media annuale	mg/Nm <sup>3</sup> @15% O <sub>2</sub>	-	3
<u>Emissioni massiche</u>			
NOx	g/s	34.1	11.4
CO	g/s	34.1	34.1
NH <sub>3</sub>	g/s	-	3.4

### 4.4.1 Opzioni di calcolo

Il modello di simulazione è stato utilizzato con le seguenti opzioni di calcolo di default.

- è stato considerato il *building downwash*, utilizzando il modello BPIP dell'EPA per predisporre le quote medie equivalenti degli ostacoli attorno alle sorgenti;
- è stato considerato lo *stack tip downwash*;
- è stata considerata la *buoyancy induced dispersion*;
- è stato considerato il *transitional plume rise*.

Il termine *building downwash* indica l'interazione tra il pennacchio emesso da un camino e gli edifici circostanti. Questa interazione provoca sempre un aumento di concentrazione al suolo in prossimità del punto di emissione.

Il termine *stack tip downwash* indica l'interazione tra il pennacchio emesso e il camino. Quando la velocità di emissione dei fumi è bassa relativamente alla velocità del vento (cioè inferiore a 1.5 volte la velocità del vento), le emissioni possono risentire dell'effetto di scia che si genera sottovento al camino per effetto della sua stessa presenza, e quindi risentire di una spinta verso il basso. Questo effetto, a parità di velocità di emissione e di velocità del vento, aumenta all'aumentare del diametro del camino, cioè del suo ingombro

fisico. L'effetto finale di questo fenomeno è di provocare una diminuzione dell'altezza di rilascio. Quando la velocità di emissione è molto maggiore della velocità del vento questo fenomeno non si manifesta.

Il termine *buoyancy induced dispersion* indica la dispersione aggiuntiva, oltre a quella di origine atmosferica, indotta dal galleggiamento termico del pennacchio.

Il termine *transitional plume rise* indica l'opzione che permette di determinare la quota del pennacchio prima che esso raggiunga la sua quota di equilibrio. L'applicazione di questa opzione di simulazione è importante quando si attendono impatti non distante dal punto di emissione a causa di terreno relativamente complesso.

## 5 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Per ognuno dei recettori posizionati sulla griglia di calcolo di 30 x 30 km, centrata sull'impianto e avente maglia di 167 metri, è stata condotta, con riferimento all'anno 2016 e all'anno 2017, la stima su base oraria delle ricadute al suolo di inquinanti emessi dalla Centrale a Ciclo Combinato di Monfalcone.

L'analisi è stata effettuata con riferimento al parametro NOx (i risultati in termini di concentrazione al suolo sono calcolati per gli altri parametri inquinanti in funzione del rapporto tra le concentrazioni all'emissione).

Per la stima della conversione in atmosfera da NOx a NO<sub>2</sub> (parametro cui si riferiscono i limiti di qualità dell'aria a protezione della salute umana) nelle tabelle seguenti è adottato un coefficiente cautelativo NO<sub>2</sub>/NOx = 0.8 per le concentrazioni orarie, in linea con quello proposto dalla procedura EPA ARM (Ambient Ratio Method), che risulta normalmente sovrastimare NO<sub>2</sub>.

La metodologia EPA ARM 2 (2013), propone un ulteriore approccio, più articolato, alla conversione da NOx a NO<sub>2</sub>, basato su una curva di conversione derivata dal rapporto rilevato tra NOx e NO<sub>2</sub> nell'aria ambiente. In Figura 3-13 è riportato l'andamento del rapporto medio NO<sub>2</sub>/NOx nelle stazioni di misura di Monfalcone (MON, MNF) negli anni 2016 e 2017. Si nota che per valori di NOx > 20 µg/m<sup>3</sup> tale rapporto è sempre inferiore a 0,8; l'adozione di tale coefficiente è da ritenere pertanto cautelativo.

**Tabella 5-1: Massimi territoriali di concentrazione al suolo**

<b>Esercizio in Ciclo Combinato (CCGT)</b>		<b>NOX</b>	<b>NO<sub>2</sub>*</b>	<b>CO</b>	<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>Dx</b>	<b>Dy</b>	<b>Dist</b>
CCGT rif. 2016		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	km	km	km
	PE 99.8 1h	11.1	8.9	33.3	3.3	0.4	0.6	0.7
	Max 8h	19.3	15.5	58.0	5.8	- 0.9	- 1.2	1.5
	Max 24h	7.8	6.2	23.4	2.3	- 0.6	- 0.2	0.6
	Max media annuale	0.53	0.43	1.60	0.16	- 1.1	- 0.2	1.1
CCGT rif. 2017								
	PE 99.8 1h	11.0	8.8	33.1	3.3	- 0.1	0.8	0.8
	Max 8h	19.9	15.9	59.7	6.0	0.8	- 0.7	1.0
	Max 24h	8.5	6.8	25.5	2.6	- 0.6	- 0.2	0.6
	Max media annuale	0.45	0.36	1.35	0.13	-0.9	-0.2	0.9
<b>Esercizio in Ciclo Aperto (OCGT)</b>		<b>NOX</b>	<b>NO<sub>2</sub>*</b>	<b>CO</b>	<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>Dx</b>	<b>Dy</b>	<b>Dist</b>
OCGT rif. 2016		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	km	km	km
	PE 99.8 1h	7.6	6.0	7.6	-	- 1.7	- 0.2	1.7
	Max 8h	30.2	24.2	30.2	-	1.8	- 0.1	1.8
	Max 24h	10.1	8.1	10.1	-	1.8	- 0.1	1.8
	Max media annuale	0.10	0.08	0.10	-	- 1.4	- 0.2	1.4
OCGT rif. 2017								
	PE 99.8 1h	10.7	8.6	10.7	-	- 0.7	- 0.2	0.8
	Max 8h	41.5	33.2	41.5	-	- 1.1	1.4	1.8
	Max 24h	14.0	11.2	14.0	-	- 1.1	1.4	1.8
	Max media annuale	0.14	0.11	0.14	-	- 0.9	- 0.2	0.9

\*: NO<sub>2</sub>= 0.8 NOx

Dal confronto tra il 2016 e il 2017 emergono valori di ricaduta al suolo, per ciascuna configurazione di esercizio, strettamente confrontabili sia per le medie annuali che per i parametri statistici rappresentativi dei massimi di ricadute al suolo di breve periodo. In generale si nota che la configurazione di esercizio in Ciclo aperto, caratterizzata da velocità e temperatura di emissione molto superiore, presenta massimi di ricaduta più distanti e concentrazioni al suolo inferiori a parità di emissione (il confronto è immediato per il parametro CO per il quale i valori di concentrazione all'emissione sono identici nelle due configurazioni; per i parametri NOx e NO<sub>2</sub>, l'emissione in Ciclo combinato è pari a un terzo dell'emissione in Ciclo aperto).

Nella seguente tabella è riassunto il confronto tra i valori massimi di ricaduta al suolo stimati per l'impianto e i limiti di legge vigenti. Si nota che in tutte le situazioni le simulazioni effettuate evidenziano l'ampio rispetto dei limiti di legge vigenti, con concentrazioni massime al suolo tra 1 e 2 ordini di grandezza inferiori

ai limiti di riferimento. I massimi territoriali dei parametri statistici analizzati si situano in prossimità dell'impianto, a distanza compresa tra 0,6 e 1,7 km dal punto di emissione.

Si nota che per quanto riguarda il rispetto dei limiti normativi l'esercizio in Ciclo Aperto comporta per ogni parametro statistico di riferimento valori inferiori all'esercizio in Ciclo Combinato.

**Tabella 5-2: Massime concentrazioni al suolo stimate per la CTE in progetto – confronto con i limiti di legge**

Parametro	Riferimento statistico	Valore Limite D.Lgs. 155/2010	Ciclo Combinato (CCGT)				Ciclo Aperto (OCGT)			
			Rif. 2016		Rif. 2017		Rif. 2016		Rif. 2017	
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	% Lim						
<b>NO<sub>2</sub></b>	P 99.8 1h	<b>200</b>	8.88	4.4%	8.81	4.4%	6.04	3.0%	8.58	4.3%
<b>NO<sub>2</sub></b>	Media annuale	<b>40</b>	0.43	1.1%	0.36	0.9%	0.08	0.2%	0.11	0.3%
<b>NO<sub>x</sub></b>	Media annuale	<b>30 (*)</b>	0.53	1.8%	0.45	1.5%	0.10	0.3%	0.14	0.5%
<b>CO</b>	Max 8h	<b>10,000</b>	57.96	0.6%	59.69	0.6%	30.20	0.3%	41.52	0.4%
<b>NH<sub>3</sub></b>	Media 24h	<b>100 (**)</b>	2.34	2.3%	2.55	2.6%	-	0.0%	-	0.0%

(\*) Valore a protezione della vegetazione  
(\*\*) In assenza di limite imposto dalla legislazione europea si fa riferimento indicativo al valore limite degli Ambient Air Quality Criteria (AAQC) del Ministero dell'Ambiente dell'Ontario (Canada): 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per la media di 24 ore.

L'andamento territoriale dei valori stimati di ricaduta al suolo è riportato nelle mappe di seguito allegate, riferite a NO<sub>x</sub>.

## NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>

### PE 99.8 Concentrazioni orarie NO<sub>2</sub>

In condizioni di esercizio in Ciclo Combinato il percentile 99.8 (corrispondente al 18° valore nell'anno) delle concentrazioni orarie nell'anno di NO<sub>2</sub> raggiunge valori massimi a 0,7 – 0,8 km dall'impianto in direzione N-NE, pari a ca. 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (ca. 11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  NO<sub>x</sub>), corrispondenti a poco più del 4% del limite normativo di 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  relativo alla concentrazione oraria di NO<sub>2</sub> da non superare più di 18 volte. Le massime ricadute si situano in nelle vicinanze del centro urbano di Monfalcone, in area caratterizzata da concentrazioni di NO<sub>2</sub> ampiamente inferiori ai limiti di legge, con assenza di superamenti del limite orario di 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e solo occasionali superamenti del valore di 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In condizioni di esercizio in Ciclo Aperto il percentile 99.8 NO<sub>2</sub> raggiunge valori massimi a 0,8 – 1,7 km dall'impianto in direzione O, pari 6-9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (ca. 8-11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  NO<sub>x</sub>), corrispondenti al 3 - 4% del limite normativo di 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le massime ricadute si situano all'interno dell'area urbana di Monfalcone, caratterizzata da concentrazioni di NO<sub>2</sub> ampiamente inferiori ai limiti di legge, con assenza di superamenti del limite orario di 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e solo occasionali superamenti del valore di 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Media annuale NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>

L'andamento delle ricadute medie annuali di NO<sub>x</sub> si dispone secondo due assi (NNE e SO) corrispondenti alle direzioni prevalenti dei venti al suolo e presenta in tutte le situazioni valori di concentrazione trascurabili rispetto ai limiti normativi.

In condizioni di esercizio in Ciclo Combinato i valori massimi delle concentrazioni medie annuali sono localizzati a circa 1 km di distanza dal camino e risultano pari a ca. 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (circa 1,8% del limite normativo di 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a protezione della vegetazione; limite peraltro applicabile ad almeno 20 km di distanza da aree urbane, e ad almeno 5 km da autostrade e impianti industriali); in termini di NO<sub>2</sub> tale valore corrisponde a ca. 0,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pari all'1% circa del limite normativo di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a protezione della salute umana.

In condizioni di esercizio in Ciclo Aperto le ricadute medie annuali di NO<sub>x</sub> presentano massimi del tutto trascurabili pari a 0,1-0,14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,08-0,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i termini di NO<sub>2</sub>); tali valori corrispondono a ca. 0,3% del limite relativo alla media annuale di NO<sub>2</sub> e ca. 0,5% del limite (a protezione della vegetazione) relativo alla media annuale di NO<sub>x</sub>.

## CO

Per quanto riguarda CO la massima media sulle 8 ore assume massimi territoriali tra ca. 30 e 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pari allo 0,3– 0,6 % circa del limite normativo di 10.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Come già evidenziato il parametro CO è da tempo privo di criticità nell'area di indagine.

### NH<sub>3</sub>

L'emissione di NH<sub>3</sub> è presente solo in condizioni di esercizio in Ciclo Combinato a causa del rilascio di tracce di NH<sub>3</sub> dal sistema di abbattimento catalitico degli ossidi di azoto, dove tale sostanza è iniettata quale reagente. In assenza di limiti europei si fa qui riferimento al limite di 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per la media giornaliera, previsto dallo stato dell'Ontario (Canada). I valori massimi stimati di concentrazione nelle 24 h risultano dell'ordine di 2,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pari al 2,5% del limite di riferimento proposto.

## 5.1 CONFRONTO CON CENTRALE ESISTENTE

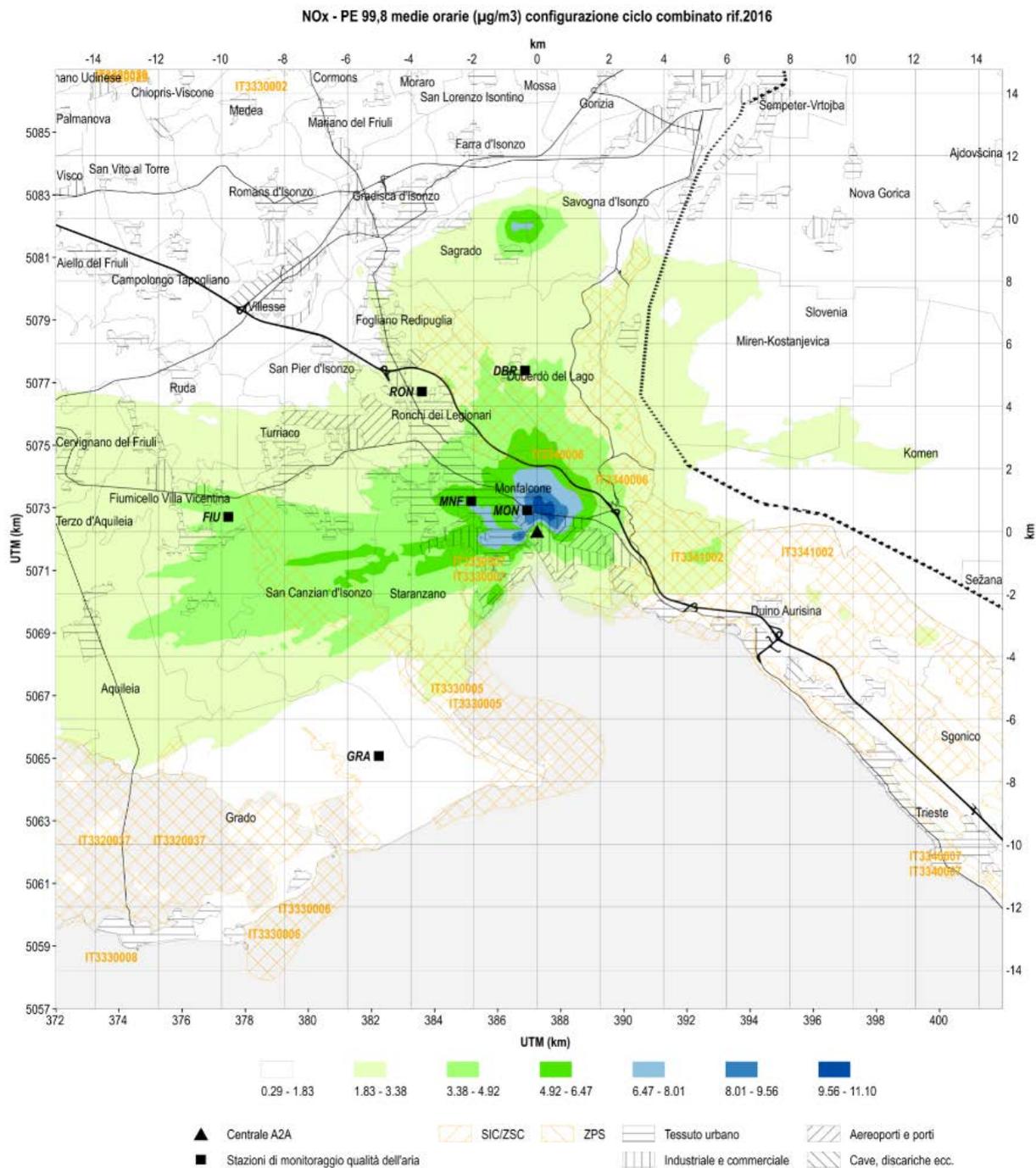
Si riportano per confronto i valori massimi di ricaduta (riferiti a dati meteo 2007) stimati per la centrale attualmente autorizzata (*Doc. P01MF00189 Rev. 00 – 26 novembre 2013 - Valutazione della diffusione atmosferica degli effluenti aeriformi* - presentato in allegato alla istanza di AIA per l'installazione del sistema DeNOx sui gruppi a carbone 1 e 2).

Data la notevole altezza del camino i massimi di ricaduta stimati per la CTE esistente sono in generale situati a distanza maggiore dall'impianto in progetto nella configurazione in Ciclo combinato. Per quanto riguarda NO<sub>2</sub> occorre sottolineare che i valori non sono direttamente confrontabili in quanto la simulazione per la centrale esistente prevedeva un approccio meno cautelativo nella valutazione della conversione da NOx a NO<sub>2</sub> (a titolo di esempio per la media annuale il rapporto NO<sub>2</sub>/NOx risulta pari a circa 0,6 a fronte di 0,8 adottato nel presente studio). Il parametro PE 99.8 NO<sub>2</sub> assume un valore massimo pari a circa 2,5 volte quelli stimati per il nuovo impianto in progetto (23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a fronte di 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per la nuova CTE in configurazione Ciclo combinato). La massima media annuale di NO<sub>2</sub> assume valori analoghi a quelli stimati per la nuova CTE (0.44 contro 0.36-0.43 della nuova CTE in configurazione CCGT). Per gli altri parametri la CTE esistente presenta ricadute al suolo di SO<sub>2</sub>, PTS e microinquinanti non previsti per l'impianto in esame.

**Tabella 5-3: Massime concentrazioni al suolo stimate per la CTE esistente - Gruppi 1 e 2 – Rif meteo 2007 (Arianet 2013)**

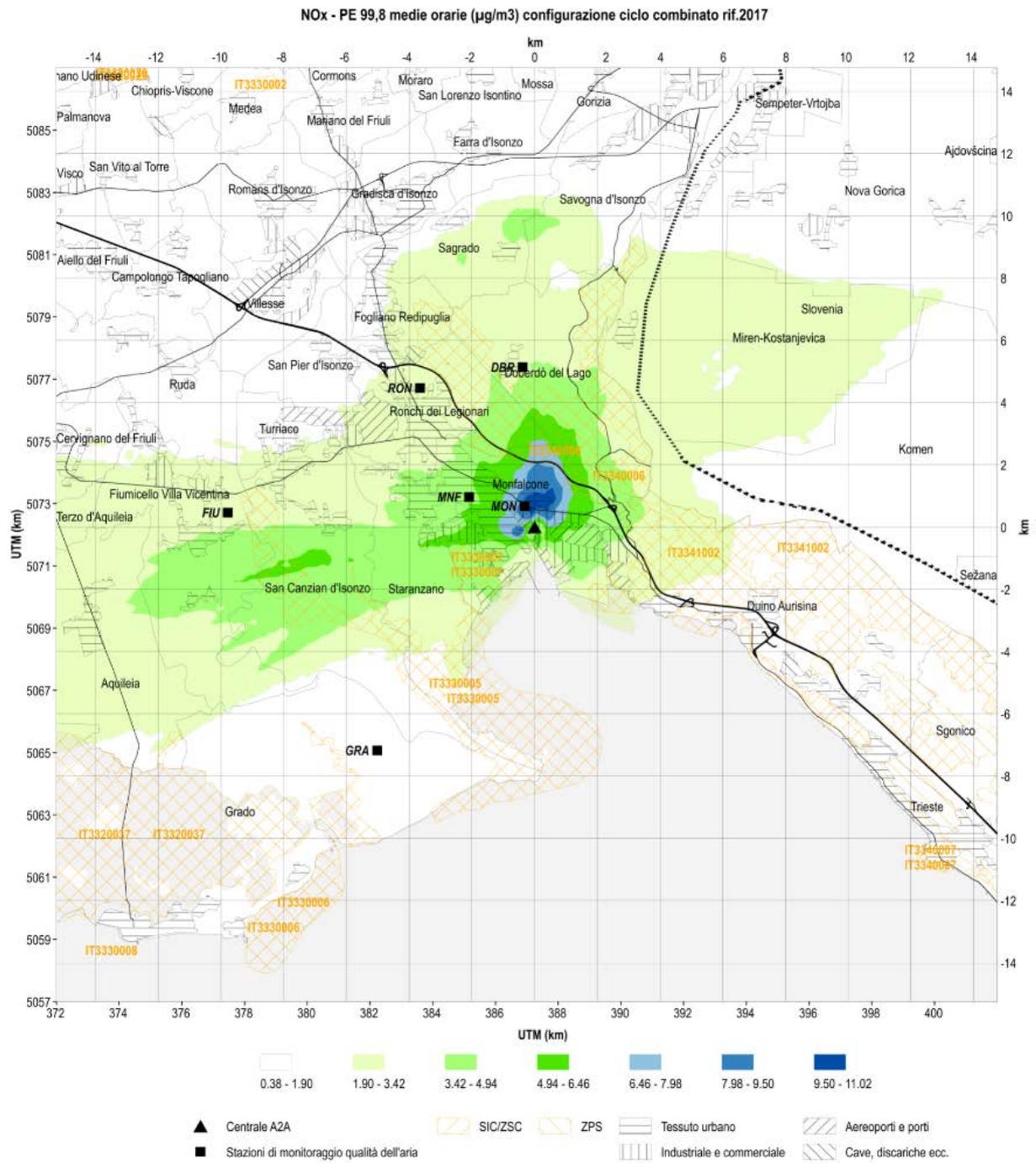
Parametro	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	X (km)	Y (km)	Dist. (km)	direzione
PE 99.8 1 h NO <sub>2</sub>	23	-0.2	-1.4	1.4	S
Media annuale NOx	0.75	2.2	4.2	4.7	NE
Media annuale NO <sub>2</sub>	0.44	2.2	4.2	4.7	NE
PE 99.7 1 h SO <sub>2</sub>	27.5	-0.2	-1.4	1.4	S
PE 99.2 1 h SO <sub>2</sub>	12.9	3.4	3	4.5	SE
Media annuale SO <sub>2</sub>	0.75	2.2	4.2	4.7	NE
PE 90.5 PTS	0.56	5.4	8.4	10.0	NE
Media annuale PTS	0.08	2.2	4.2	4.7	NE

In termini di valori di emissione garantiti, con riferimento alla Tabella 2-2, si nota che la CTE in progetto in configurazione Ciclo Combinato, a fronte di una produzione di energia elettrica 2,7 volte superiore consente una riduzione in termini di emissione in atmosfera di ca. 1200 t/a di NOx, 300 t/a di CO, 1800 t/a di SO<sub>2</sub> e 180 t/a di polveri (rif. 8760 h/anno).



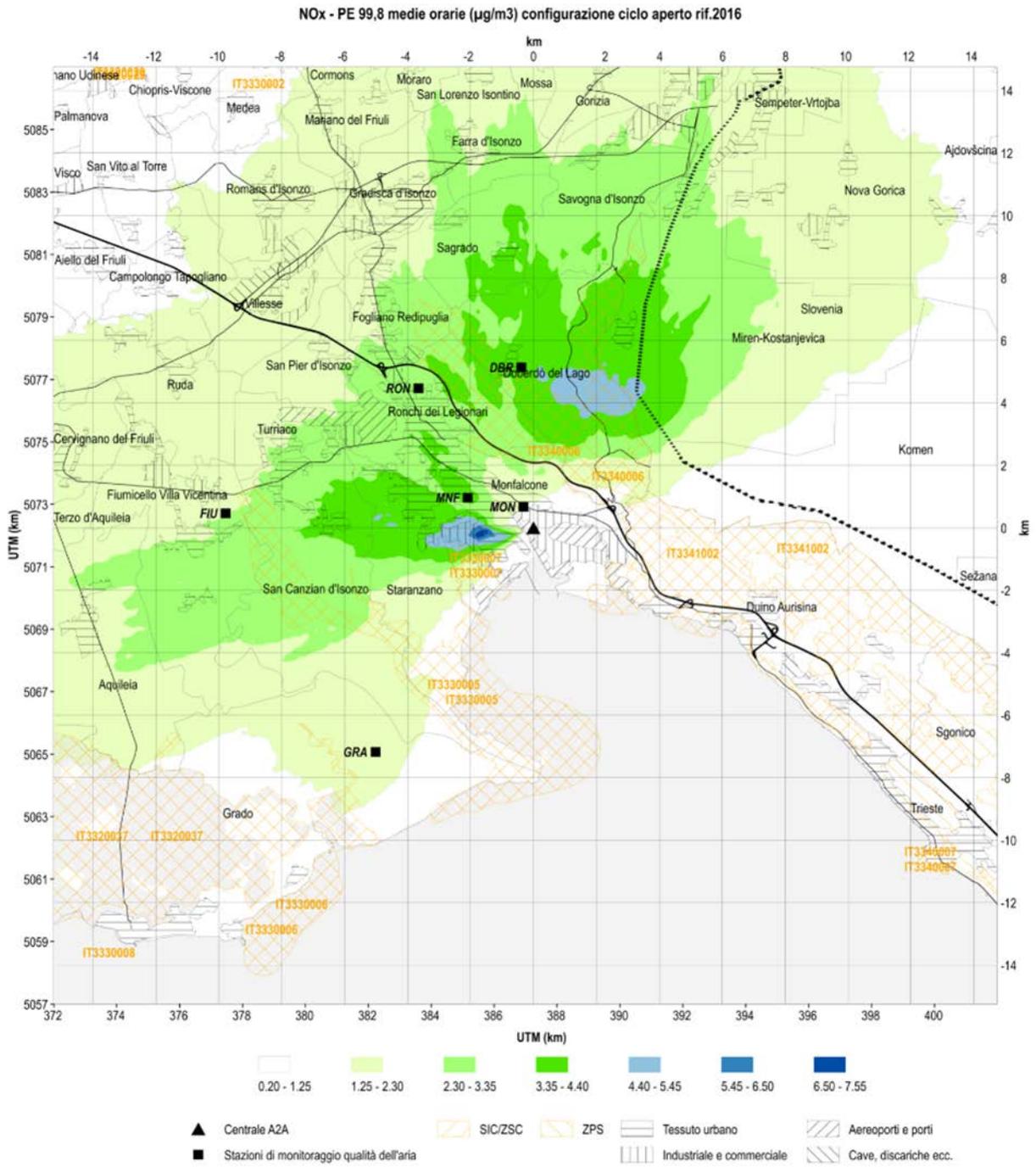
Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-1: NOx – PE 99.8 delle concentrazioni orarie nell’anno (µg/m<sup>3</sup>) – Esercizio in Ciclo Combinato - Rif. anno meteo 2016**



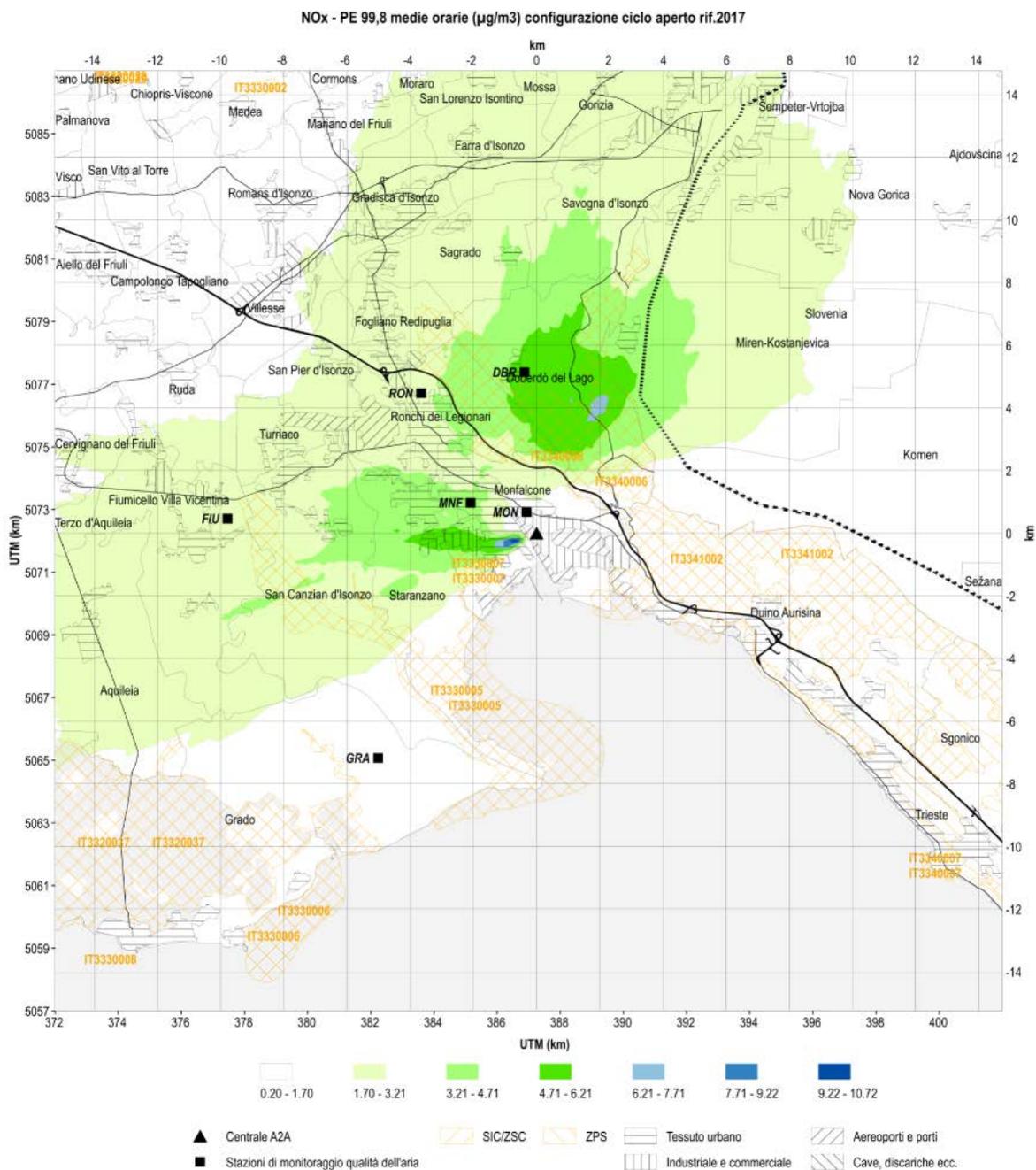
Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-2: NOx – PE 99.8 delle concentrazioni orarie nell'anno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – Esercizio in Ciclo Combinato Rif. anno meteo 2017**



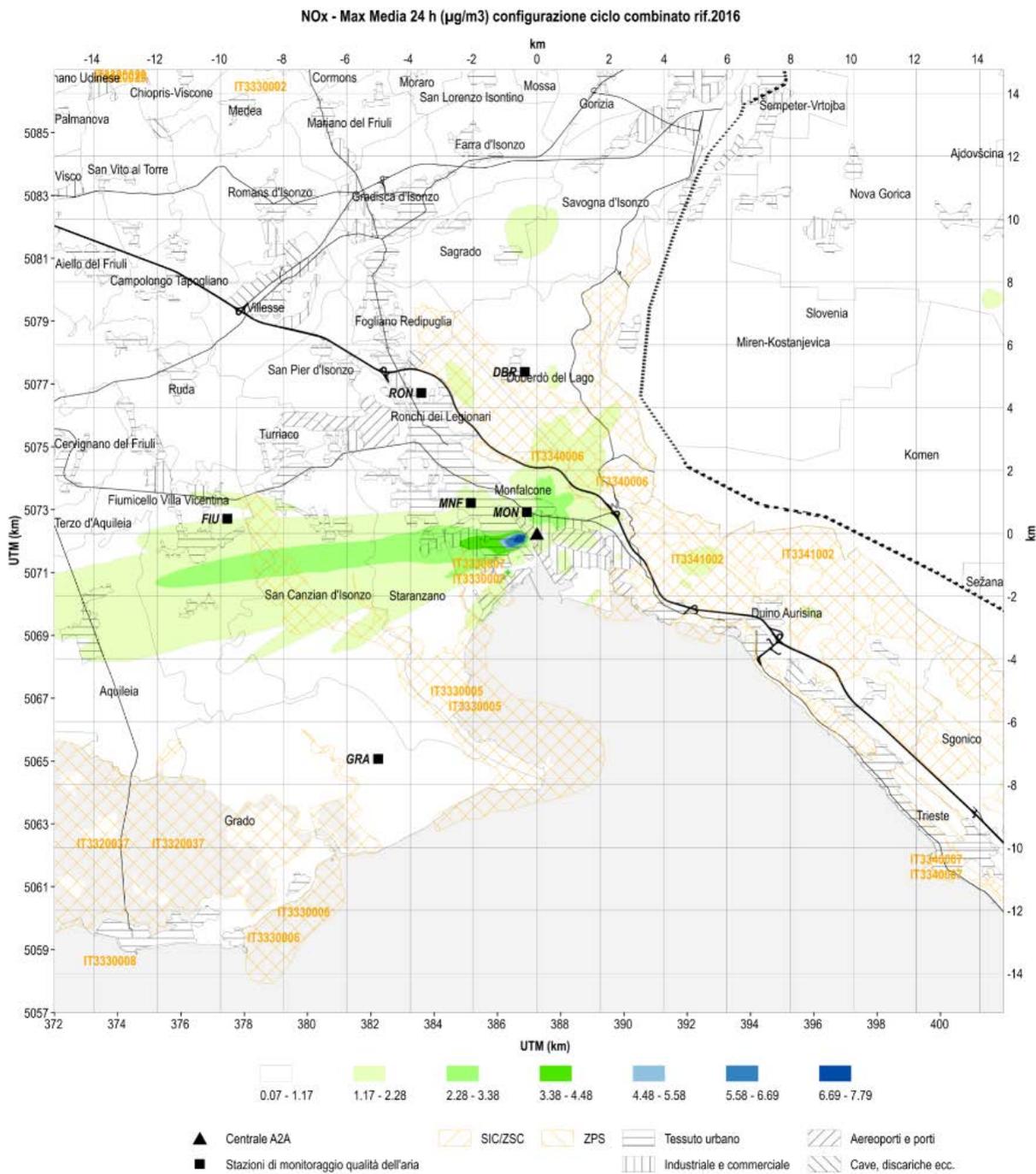
Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-3: NOx – PE 99.8 delle concentrazioni orarie nell'anno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – Esercizio in Ciclo Aperto - Rif. anno meteo 2016**



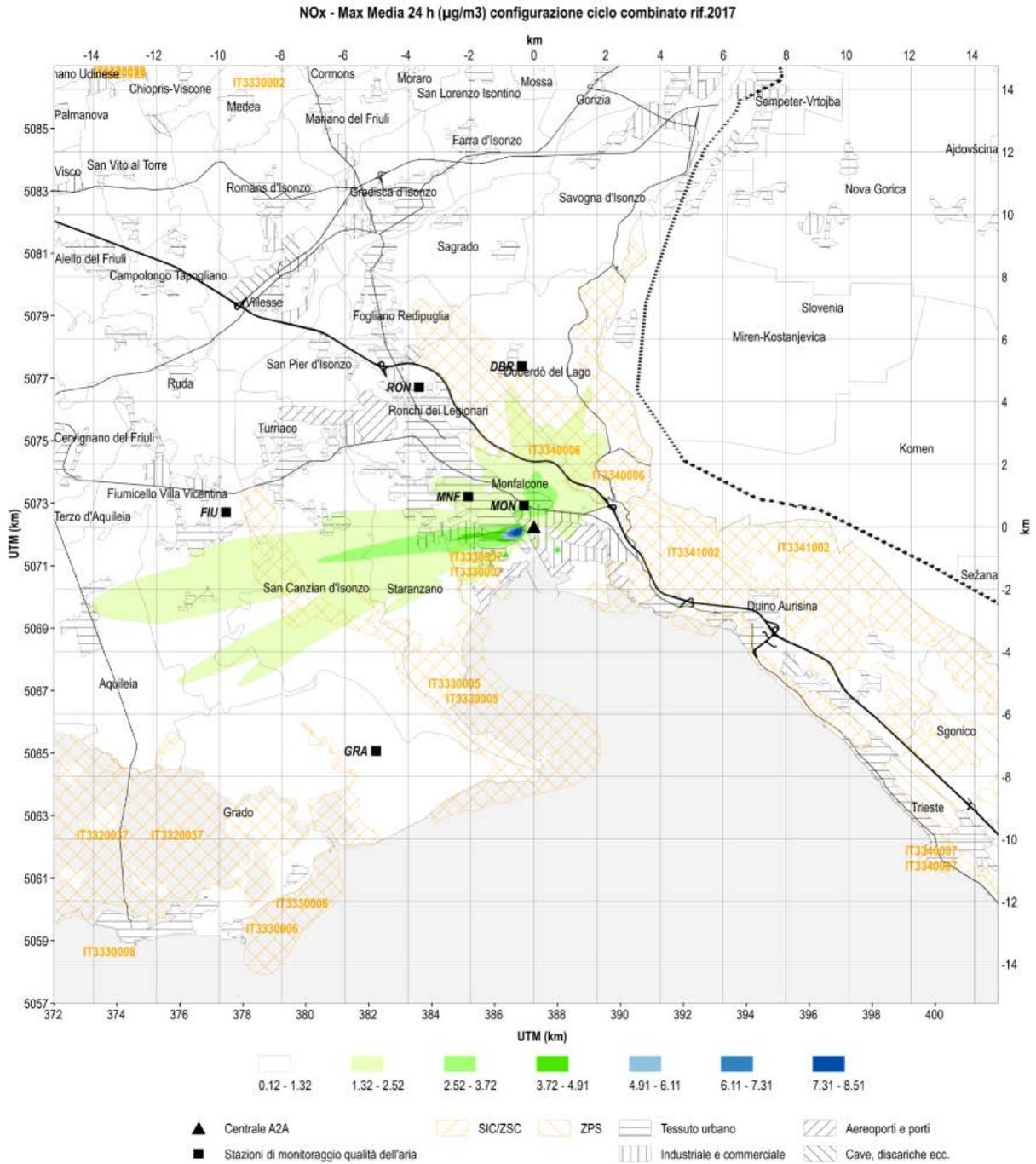
Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-4: NOx – PE 99.8 delle concentrazioni orarie nell'anno (µg/m<sup>3</sup>) – Esercizio in Ciclo Aperto Rif. anno meteo 2017**



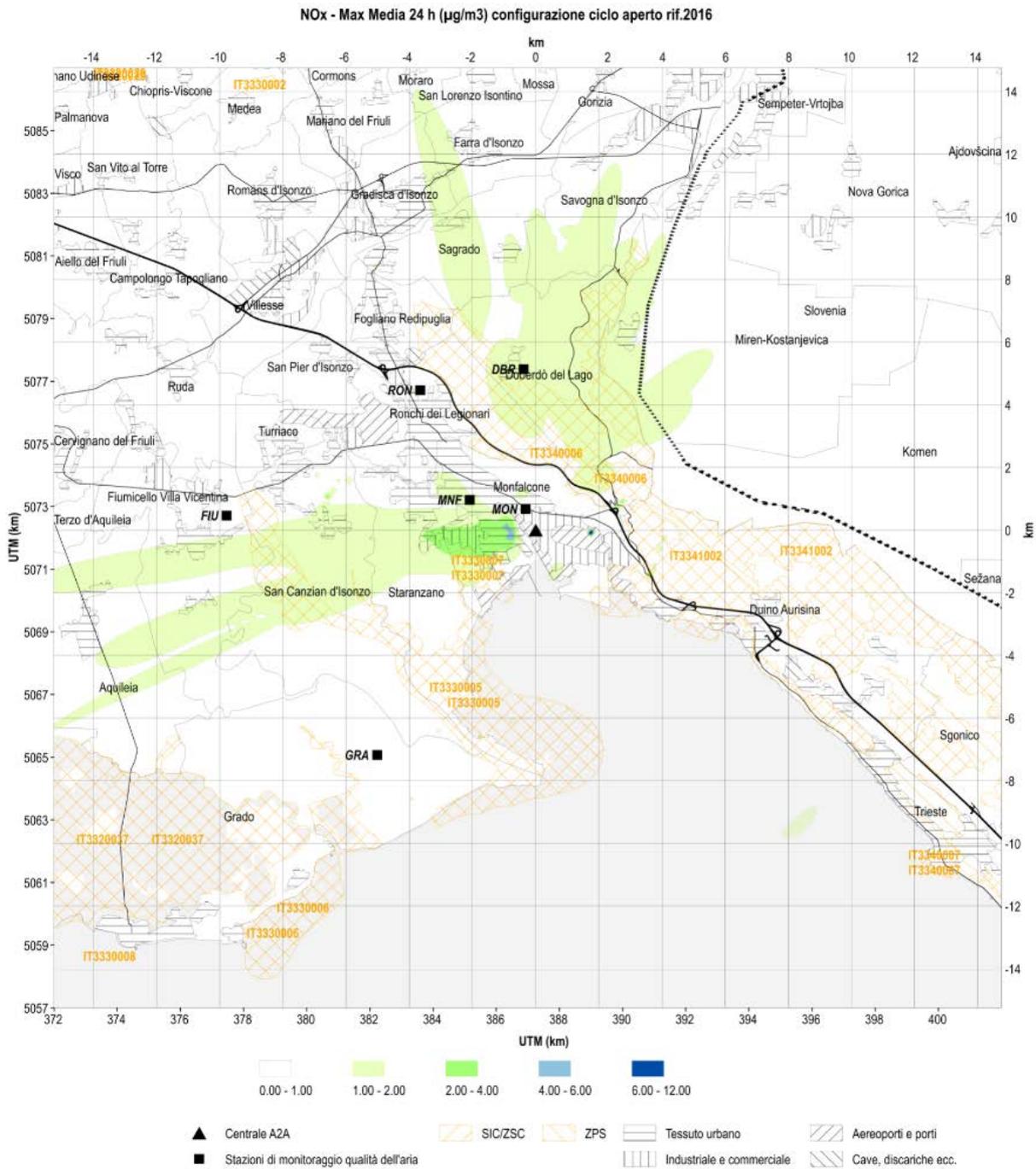
Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-5: NOx – Massima media giornaliera delle concentrazioni orarie nell'anno (µg/m<sup>3</sup>) – Esercizio in Ciclo Combinato Rif. anno meteo 2016 – (NH<sub>3</sub>=NOx \* 0,3)**



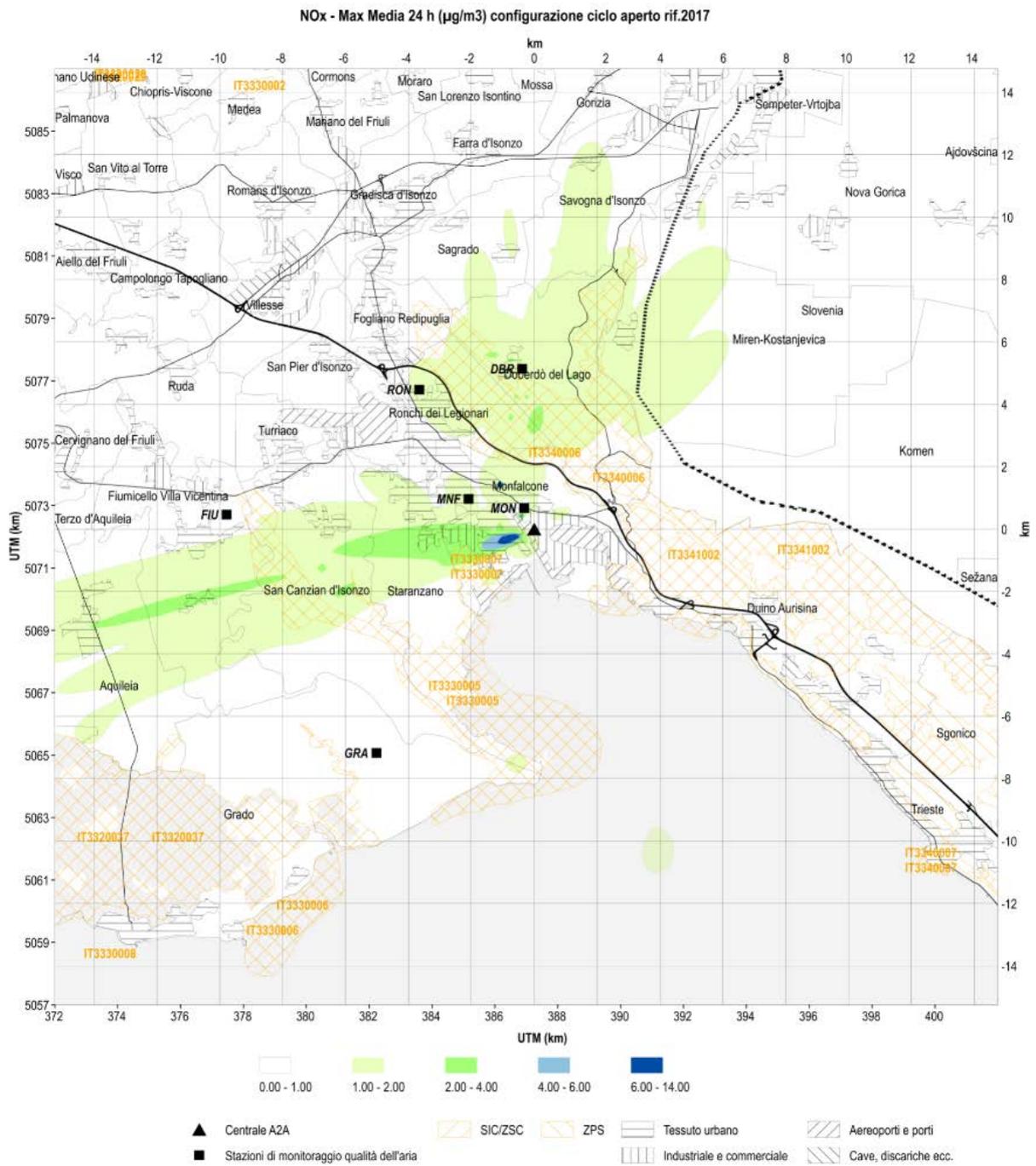
Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-6: NOx – Massima media giornaliera delle concentrazioni orarie nell'anno (µg/m<sup>3</sup>) – Esercizio in Ciclo Combinato Rif. anno meteo 2017 (NH<sub>3</sub>=NOx \* 0,3)**



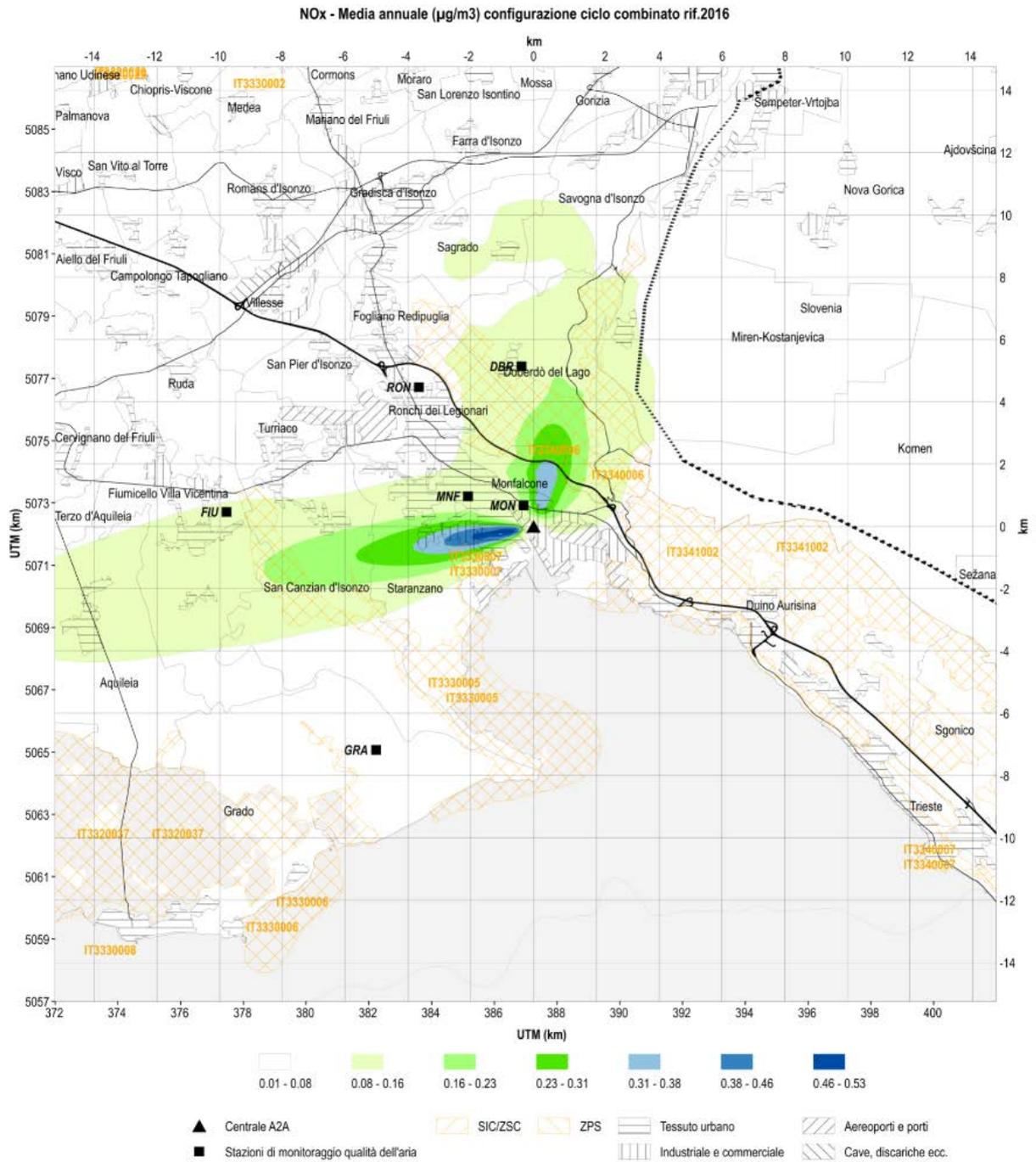
Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-7: NOx – Massima media giornaliera delle concentrazioni orarie nell'anno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – Esercizio in Ciclo Aperto Rif. anno meteo 2016**



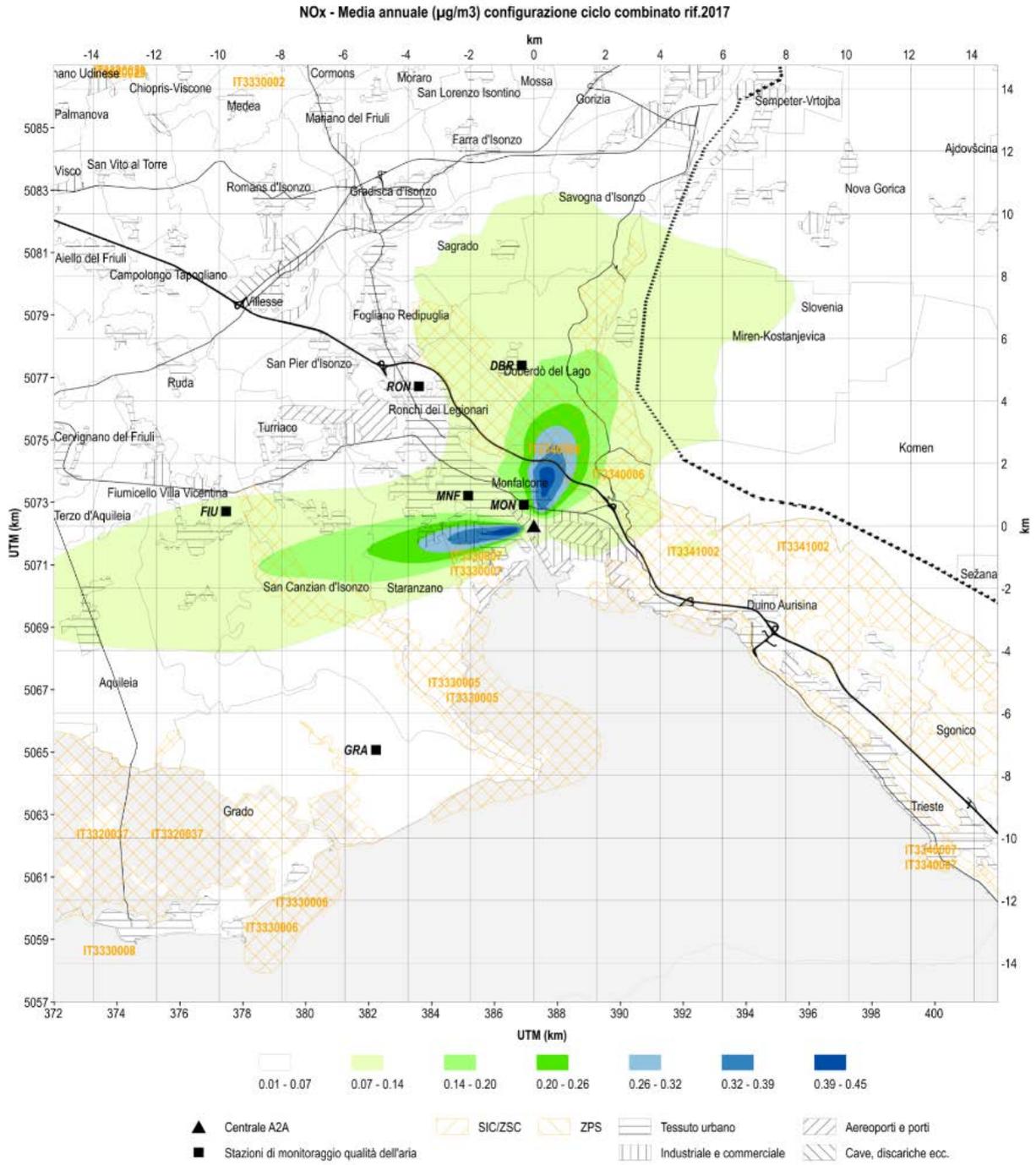
Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-8: NOx – Massima media giornaliera delle concentrazioni orarie nell'anno (µg/m<sup>3</sup>) – Esercizio in Ciclo Aperto Rif. anno meteo 2017**



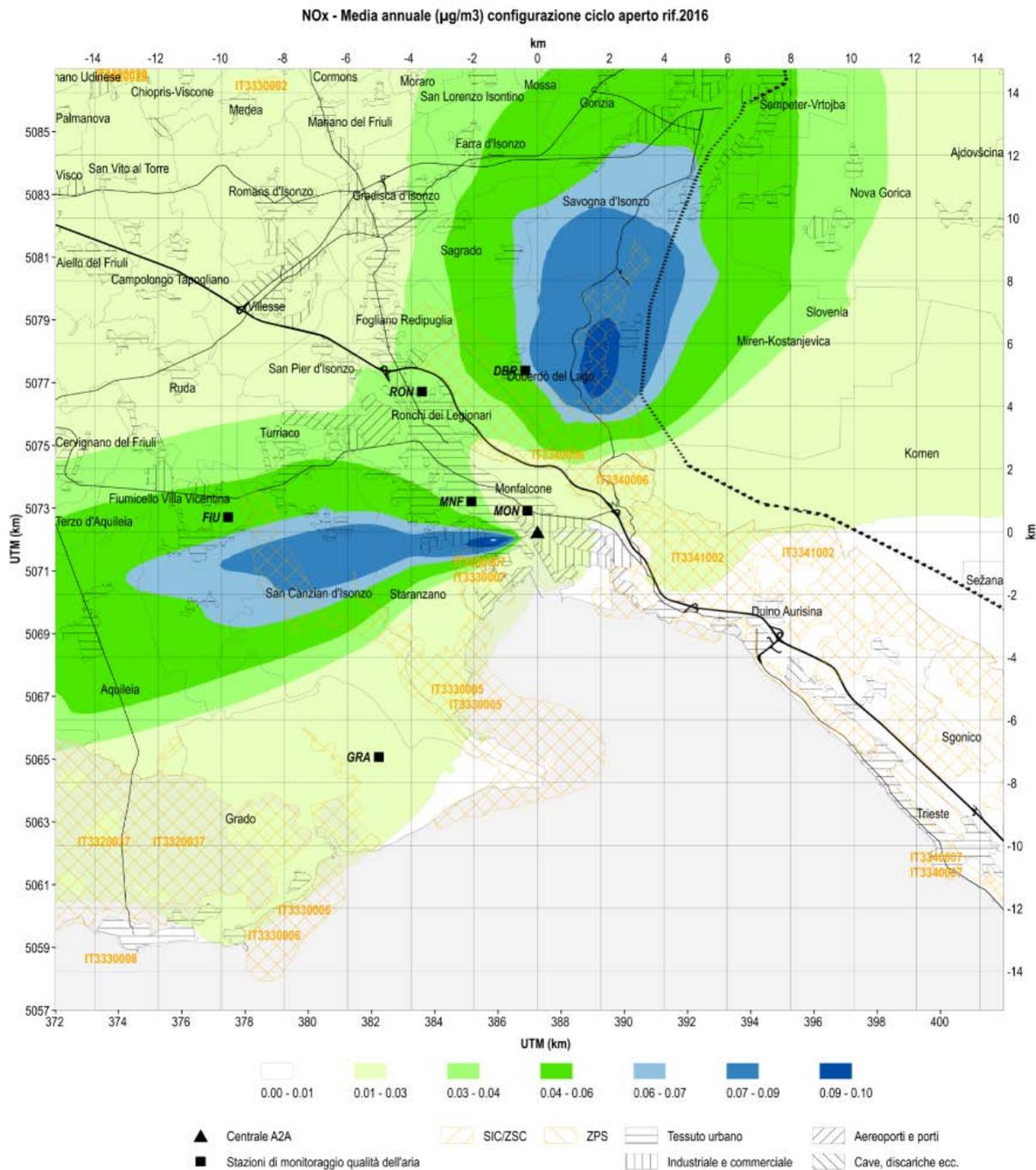
Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-9: NOx – Concentrazione media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – Esercizio in Ciclo Combinato Rif. anno 2016**



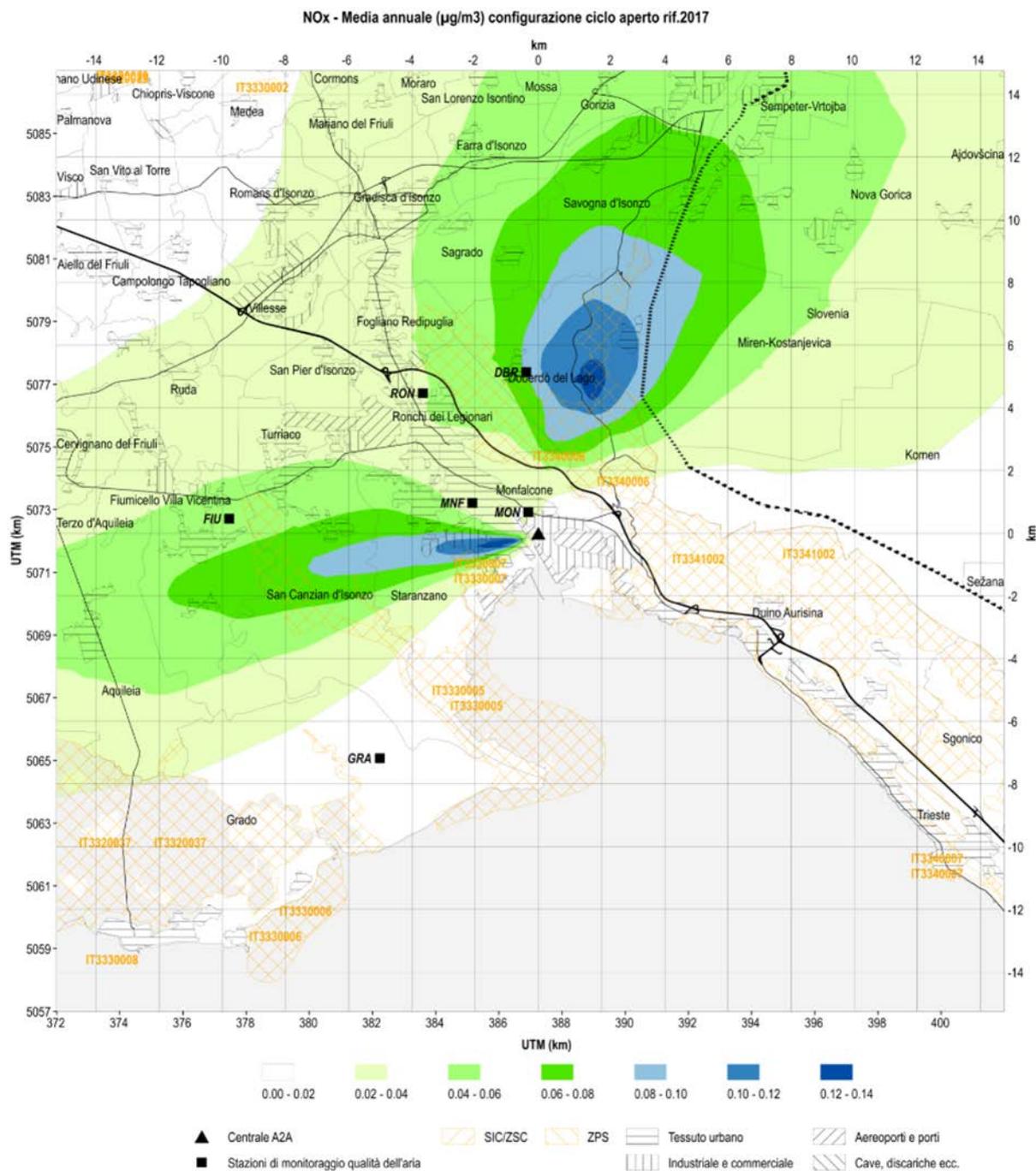
Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-10: NOx – Concentrazione media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – Esercizio in Ciclo Combinato Rif. anno 2017**



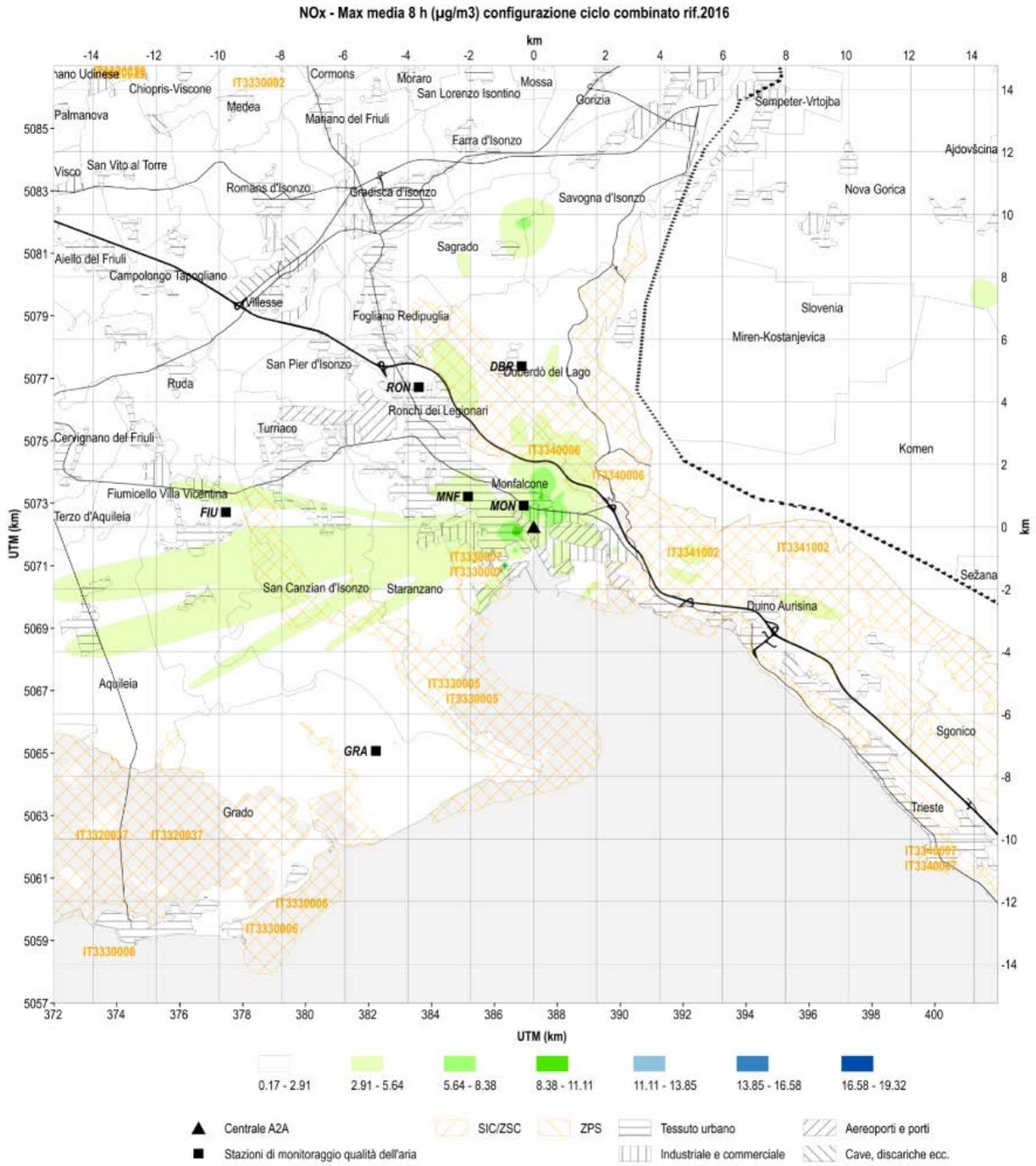
Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-11: NOx – Concentrazione media annuale (µg/m<sup>3</sup>) – Esercizio in Ciclo Aperto Rif. anno 2016**



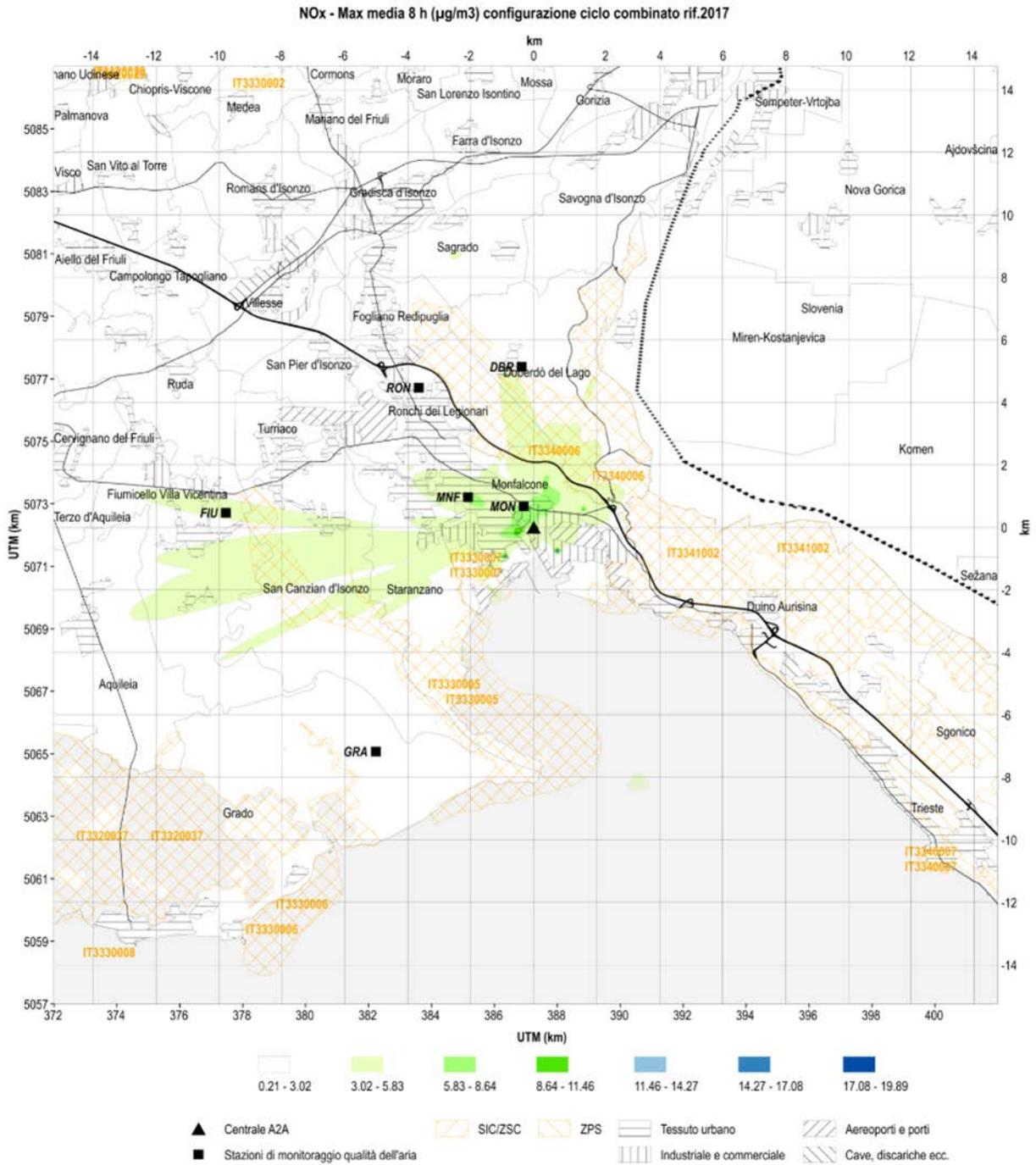
Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

Figura 5-12: NOx – Concentrazione media annuale (µg/m<sup>3</sup>) – Esercizio in Ciclo Aperto Rif. anno 2017



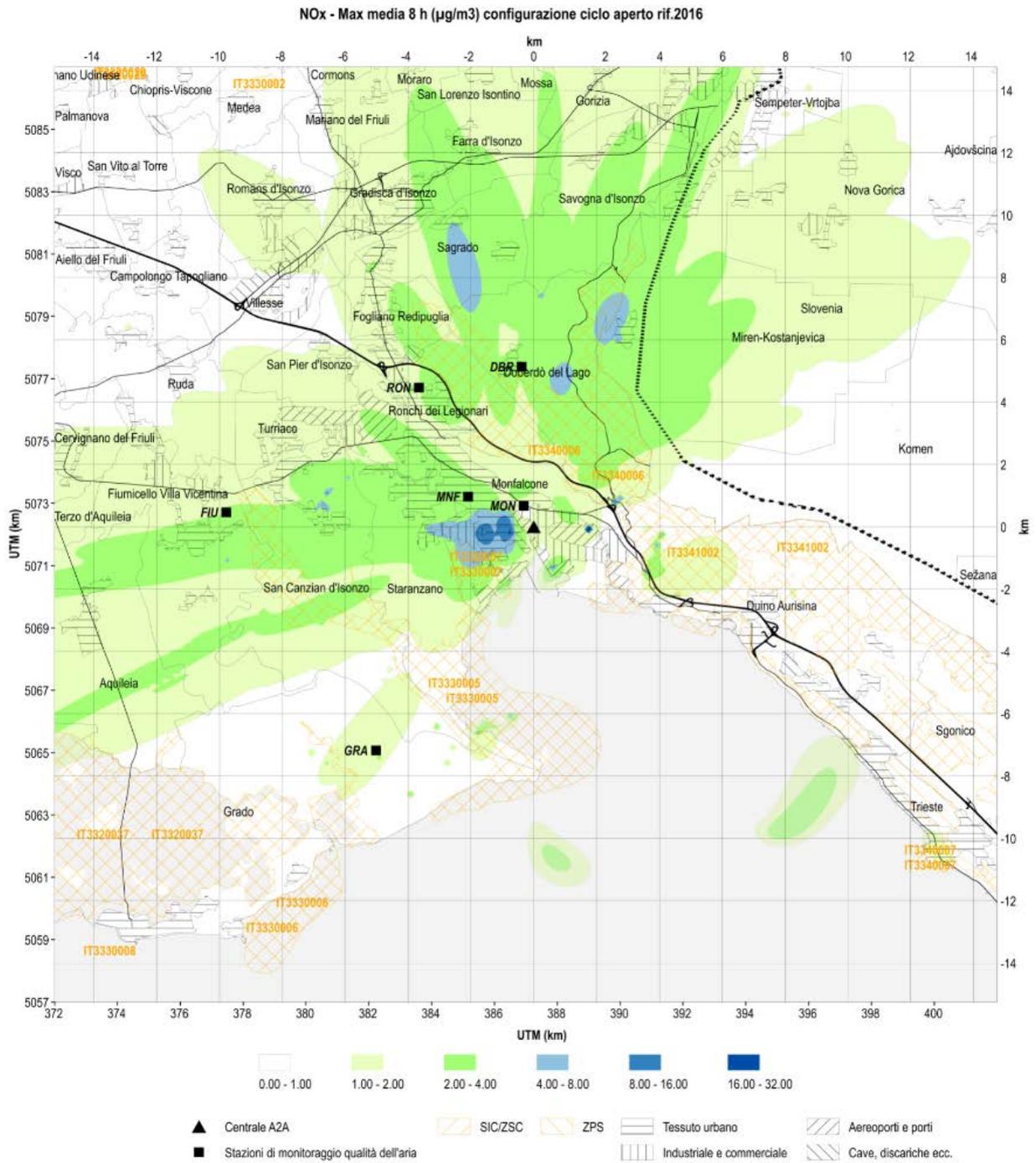
Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-13: NOx – Massima media 8 h nell'anno (µg/m<sup>3</sup>) – Esercizio in Ciclo Combinato Rif. anno meteo 2016 (CO= 3 \* NOx)**

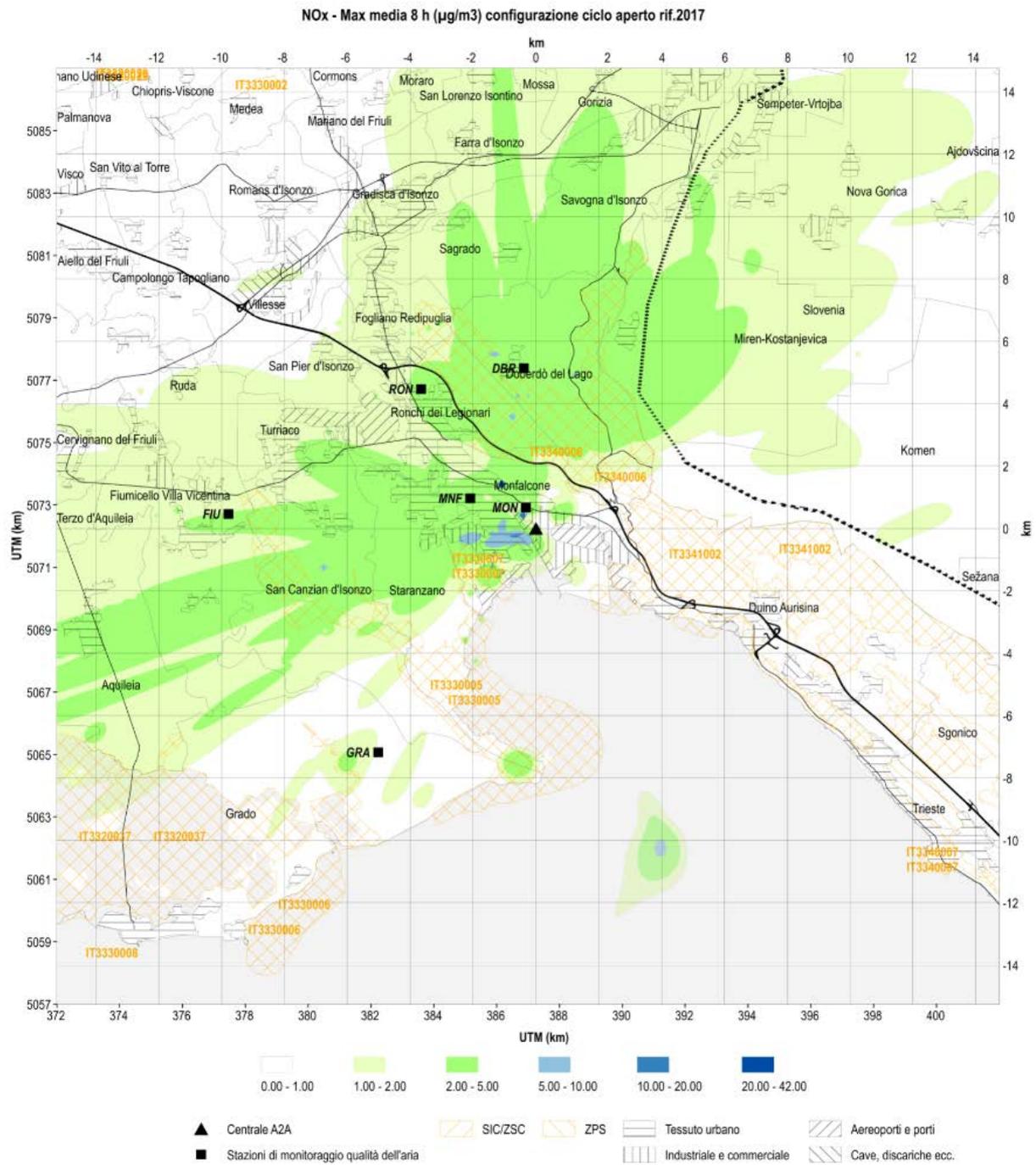


Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-14: NOx – Massima media 8 h nell'anno (µg/m<sup>3</sup>) – Esercizio in Ciclo Combinato Rif. anno meteo 2017 (CO = 3 \* NOx)**



**Figura 5-15: NOx Massima media 8 h nell'anno (µg/m<sup>3</sup>) – Esercizio in Ciclo Aperto Rif. anno meteo 2016 (CO= NOx)**



Coordinate UTM WGS84 Fuso 33 - Griglia chilometrica centrata sull'impianto A2A nel punto (0,0 km)

**Figura 5-16: NOx – Massima media 8 h nell'anno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – Esercizio in Ciclo Aperto Rif. anno meteo 2017 (CO=NOx)**

## 6 CONCLUSIONI

La situazione relativa alla qualità dell'aria complessivamente rilevabile dai dati riportati nei paragrafi precedenti non evidenzia criticità per gli inquinanti emessi dalla centrale in progetto.

Per quanto riguarda il possibile contributo della nuova centrale al superamento degli Standard di qualità dell'aria, sulla base delle simulazioni eseguite con riferimento ai dati meteo relativi al 2016 e 2017, risulta quanto segue:

- **NO<sub>2</sub>** – Il DLGS 155/2010 prevede un limite per la media oraria di 200 µg/Nm<sup>3</sup> da non superarsi per più di 18 ore nell'anno. Tale valore limite non risulta mai superato in alcuna centralina di monitoraggio nell'area in esame. Il percentile **P99.8** delle concentrazioni orarie (18° valore orario nell'anno), determinate dall'impianto in esame nel punto di massima ricaduta risulta dell'ordine di 9 µg/m<sup>3</sup> nei due anni esaminati, pari a ca. 4% del limite normativo. Il contributo dell'impianto in progetto non risulta pertanto tale da incidere significativamente sulla qualità dell'aria nell'area in esame né sul rispetto dei limiti di legge. Per quanto riguarda la concentrazione **media annuale**, il contributo stimato dell'impianto nel punto di massima ricaduta risulta dell'ordine di 0,4 µg/m<sup>3</sup>, pari a circa un centesimo del limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup> a protezione della salute umana (DLGS 155/2010) e quindi trascurabile rispetto al limite normativo.
- **NO<sub>x</sub> (ossidi di azoto)**: il contributo dell'impianto alla concentrazione media annuale al suolo nel punto di massima ricaduta risulta pari a ca. 0,5 µg/m<sup>3</sup>, pari a circa un sessantesimo del valore limite di 30 µg/m<sup>3</sup> a protezione della vegetazione (DLGS 155/2010); limite peraltro non applicabile in aree urbanizzate.
- **CO (monossido di carbonio)**: le ricadute stimate di CO nel punto di massima ricaduta risultano inferiori a 0,06 mg/m<sup>3</sup> (60 µg/m<sup>3</sup>) per la concentrazione media di 8 ore, valore inferiore di 2 ordini di rispetto al limite normativo di 10 mg/m<sup>3</sup> (10'000 µg/m<sup>3</sup>) per le concentrazioni medie di 8 ore (DLGS 155/2010) e tali quindi da non influire su tale parametro.
- **NH<sub>3</sub> (ammoniaca)**: le ricadute massime di NH<sub>3</sub> risultano pari a ca. 2,5 µg/m<sup>3</sup> per la concentrazione media di 24 ore, valore pari a circa un quarantesimo del valore di riferimento normativo stabilito dal Ministero dell'ambiente dell'Ontario e qui adottato quale riferimento in assenza di limiti su base europea.