

**PROGETTO MXL2/FGPH PER L'UPGRADE ENERGETICO-AMBIENTALE  
DELLA TURBINA A GAS DELLA CENTRALE DI ROSIGNANO**



**Istanza di Verifica di Assoggettabilità a VIA**

**Studio Preliminare Ambientale  
Allegato Monografico Atmosfera**

Gruppo di lavoro



**Direzione Tecnica**

Ing. Mauro Di Prete

**Gestione operativa**

Ing. Valerio Veraldi

Ing. Antonella Santilli

**Sviluppo attività e coordinamento  
tecnico specialistico**

Ing. Mario Massaro

## Sommario

1	Introduzione.....	5
2	L'analisi meteo - climatica.....	6
2.1	Il dato storico: andamento 1970 - 2001.....	6
2.1.1	Fonte e centralina di riferimento.....	6
2.1.2	Regime Termico.....	11
2.1.3	Regime Pluviometrico.....	19
2.1.4	Regime Anemometrico.....	26
2.2	Il dato attuale.....	37
2.2.1	Descrizione formato e disponibilità dei dati.....	37
2.2.2	Il regime Termico.....	38
2.2.3	Regime Anemometrico.....	39
2.2.4	Visibilità.....	40
2.3	Il confronto tra il dato storico e l'anno di riferimento delle simulazioni.....	41
2.3.1	Parametri di confronto.....	41
2.3.2	Regime Termico.....	41
2.3.3	Regime anemometrico.....	44
2.3.4	Conclusioni.....	45
3	Analisi delle emissioni.....	46
4	Analisi della qualità dell'aria.....	50
4.1	La normativa di riferimento.....	50
4.1.1	Il quadro normativo europeo.....	50
4.1.2	Il quadro normativo nazionale.....	50
4.2	La pianificazione e programmazione sulla qualità dell'aria.....	53
4.3	Analisi delle concentrazioni.....	57
4.3.1	La rete di monitoraggio della qualità dell'aria e la centralina di riferimento.....	57
4.3.2	Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> – NO <sub>2</sub> ).....	60
4.3.3	Monossido di carbonio (CO).....	67
4.3.4	Quadro sinottico della qualità dell'aria.....	71
5	Stima e valutazione degli impatti.....	72

5.1	Metodologia di analisi .....	72
5.2	Il modello di simulazione Aermid View.....	72
5.3	Dati meteorologici e orografici .....	75
5.4	Dominio di calcolo.....	76
5.5	Ricettori puntuali.....	77
5.6	Lo scenario emissivo .....	78
5.7	Modellazione del Building Downwash .....	80
5.8	Risultati.....	83
5.8.1	Premessa.....	83
5.8.2	Elaborazione dei risultati .....	84
5.8.3	Considerazioni conclusive.....	88

## 1 Introduzione

Nel presente documento vengono stimate le concentrazioni prodotte dalla Centrale di Rosignano nella configurazione di progetto, allo scopo di valutare gli impatti dell'esercizio della stessa sulla qualità dell'aria.

Allo scopo è stato anzitutto caratterizzato il territorio in cui è inserita la Centrale da un punto di vista meteorologico, emissivo ed in funzione della qualità dell'aria. Per quanto riguarda le caratteristiche meteorologiche dell'area di riferimento, queste risultano fondamentali nella stima delle concentrazioni in aria, in quanto rappresentative di uno degli input del modello di simulazione utilizzato. In merito invece alle analisi emissive e di qualità dell'aria degli inquinanti significativi individuati, queste sono state effettuate per fornire un quadro conoscitivo che caratterizzi la zona in esame.

Alla luce di tali analisi si è proceduto con la valutazione degli impatti, ossia con la stima delle concentrazioni degli inquinanti ritenuti significativi prodotti dalla centrale. Gli inquinanti assunti come riferimento nell'analisi sono quelli individuati nell'Autorizzazione Integrata Ambientale vigente (Decreto AIA n. DVA-DEC-2011-0000041 del 14 febbraio 2011), ossia il Monossido di carbonio (CO) e gli Ossidi di Azoto (sia come NO<sub>x</sub> che come NO<sub>2</sub>).

La dispersione atmosferica degli inquinanti emessi dalla Centrale è stata simulata mediante il software di calcolo Aermid Wiew comprendente il pre-processore meteorologico Aermid Met.

Il presente documento si articola quindi secondo i seguenti paragrafi principali:

1. analisi meteorologica dell'area di studio;
2. analisi delle emissioni degli inquinanti prodotti a livello regionale;
3. analisi dello stato attuale della qualità dell'aria, in cui sono riportati una sintesi della normativa e pianificazione di riferimento e i dati di concentrazione di NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> e CO, espressi in termini di parametri statistici di legge per gli inquinanti monitorati dalla centralina di ARPA Toscana considerata come riferimento per l'analisi;
4. stima e valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria dovuto dall'esercizio della Centrale, in cui si verifica la conformità delle ricadute da essa indotte con i limiti fissati dal D.Lgs. 155/10, considerando lo stato di qualità dell'aria attuale registrato dalla Centralina considerata.

## 2 L'analisi meteo - climatica

### 2.1 Il dato storico: andamento 1970 - 2001

#### 2.1.1 Fonte e centralina di riferimento

Lo strumento utilizzato per effettuare tale analisi è L'Atlante Climatico, il quale raccoglie i dati meteorologici nell'arco temporale di un trentennio, dal 1971 al 2000, permettendo così di ricostruire in termini medi l'andamento meteoclimatico nell'area in esame.

Tale atlante, sviluppato dall'Aeronautica Militare è coerente con quanto definito dall'OMM (Organizzazione Meteorologica Mondiale) che definisce il Clima operativamente come lo stato medio delle variabili fisiche atmosferiche riferito a uno specifico periodo di tempo per un'area geografica circoscritta, prescrivendo la raccolta dei dati ai fini climatici per periodi tra loro disgiunti di 30 anni.

Gli indicatori analizzati, e i cui valori sono riportati nel paragrafo successivo, sono distinguibili in tre categorie: Temperature, Precipitazioni e Venti.

Con specifico riferimento alle temperature, gli indicatori analizzati nel sopraccitato Atlante sono riportati in Tabella 2-1.

Simbolo	Descrizione	U.M.
Tm	Temperatura media (max + min)/2	°C
Tx 1d	Temperatura massima media della 1ª decade	°C
Tx 2d	Temperatura massima media della 2ª decade	°C
Tx 3d	Temperatura massima media della 3ª decade	°C
Txm	Temperatura massima media mensile	°C
Tn 1d	Temperatura minima media della 1ª decade	°C
Tn 2d	Temperatura minima media della 2ª decade	°C
Tn 3d	Temperatura minima media della 3ª decade	°C
Tnm	Temperatura minima media mensile	°C
TxP85-15	Differenza fra 85° e 15° percentile della distribuzione delle temperature massime	°C

Simbolo	Descrizione	U.M.
TnP85-15	Differenza fra 85° e 15° percentile della distribuzione delle temperature minime	°C
P99x (P99n)	99° percentile della distribuzione delle temperature massime (minime)	°C
P85x (P85n)	85° percentile della distribuzione delle temperature massime (minime)	°C
P15x (P15n)	15° percentile della distribuzione delle temperature massime (minime)	°C
P1x (P1n)	1° percentile della distribuzione delle temperature massime (minime)	°C
NgTn<=0	N° giorni con <b>Tn</b> (temperatura minima) <= 0 °C	(conteggio)
NgTn<=-5	N° giorni con <b>Tn</b> (temperatura minima) <= -5 °C	(conteggio)
NgTx>=25	N° giorni con <b>Tx</b> (temperatura massima) >= 25 °C	(conteggio)
NgTx>=30	N° giorni con <b>Tx</b> (temperatura massima) >= 30 °C	(conteggio)
GrGi>0	Gradi-giorno (Somme (Tm-S) solo se (Tm-S) > 0°), dove S = 0°C	°C
GrGi>5	Gradi-giorno (Somme (Tm-S) solo se (Tm-S) > 0°), dove S = 5°C	°C
GrGi_18	Gradi-giorno (Somme (S-Tm) solo se (S-Tm) > 0°), dove S = 18°C	°C
Txx	Temperatura massima assoluta	°C
An Txx	Anno in cui si è verificata <b>Txx</b>	-
Tnn	Temperatura minima assoluta	-°C
An Tnn	Anno in cui si è verificata <b>Tnn</b>	-

Tabella 2–1 Indicatori della Temperatura fonte: Atlante Climatico

Con riferimento alle precipitazioni ed eventi correlabili, i principali indicatori sono riportati in Tabella 2–2.

Simbolo	Descrizione	U. M.
RTot	Precipitazione totale media mensile	mm
RQ0	Minimo della distribuzione in quintili delle precipitazioni	mm
RQ1	Primo quintile della distribuzione delle precipitazioni	mm
RQ2	Secondo quintile della distribuzione delle precipitazioni	mm
RQ3	Terzo quintile della distribuzione delle precipitazioni	mm
RQ4	Quarto quintile della distribuzione delle precipitazioni	mm
RQ5	Massimo della distribuzione in quintili delle precipitazioni	mm
Rx12a	Precipitazione massima fra le ore 00 e le 12 (ora UTC)	mm
Rx12b	Precipitazione massima fra le ore 12 e le 24 (ora UTC)	mm
Rx24	Precipitazione massima in 24 ore	mm
An Rx24	Anno in cui si è verificata <b>Rx24</b>	
Ng R>1	Numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 1 mm	(conteggio)
Ng R>5	Numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 5 mm	(conteggio)
Ng R>10	Numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 10 mm	(conteggio)
Ng R>50	Numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 50 mm	(conteggio)
Ng Fog	Numero medio di giorni al mese con nebbia	(conteggio)
Ux%	Media mensile dell'umidità percentuale massima	%
Un%	Media mensile dell'umidità percentuale minima	%
Ng h6 Nuv<=4	Numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa <= 4/8 alle ore 6	(conteggio)
Ng h6 Nuv>4	Numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa > 4/8 alle ore 6	(conteggio)
Ngh18 Nuv<=4	Numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa <= 4/8 alle ore 18	(conteggio)

Simbolo	Descrizione	U. M.
Ngh18 Nuv>4	Numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa > 4/8 alle ore 18	(conteggio)

Tabella 2-2 Indicatori della precipitazioni fonte: Atlante Climatico

In relazione alla distribuzione dei venti è possibile fare riferimento alla Tabella 2-3.

Simbolo	Descrizione	U. M.
HH	Orario	UTC
MM	Mese	
Calme	Percentuali dei casi di vento con intensità = 0 nodi	%
N1-10	Percentuali dei casi di vento da Nord con intensità tra 1 e 10 nodi	%
N11-20	Percentuali dei casi di vento da Nord con intensità tra 11 e 20 nodi	%
N>20	Percentuali dei casi di vento da Nord con intensità superiore a 20 nodi	%
NE1-10	Percentuali dei casi di vento da Nord-Est con intensità tra 1 e 10 nodi	%
NE11-20	Percentuali dei casi di vento da Nord-Est con intensità tra 11 e 20 nodi	%
NE>20	Percentuali dei casi di vento da Nord-Est con intensità superiore a 20 nodi	%
E1-10	Percentuali dei casi di vento da Est con intensità tra 1 e 10 nodi	%
E11-20	Percentuali dei casi di vento da Est con intensità tra 11 e 20 nodi	%
E>20	Percentuali dei casi di vento da Est con intensità superiore a 20 nodi	%
SE1-10	Percentuali dei casi di vento da Sud-Est con intensità tra 1 e 10 nodi	%
SE11-20	Percentuali dei casi di vento da Sud-Est con intensità tra 11 e 20 nodi	%
SE>20	Percentuali dei casi di vento da Sud-Est con intensità superiore a 20 nodi	%
S1-10	Percentuali dei casi di vento da Sud con intensità tra 1 e 10 nodi	%
S11-20	Percentuali dei casi di vento da Sud con intensità tra 11 e 20 nodi	%
S>20	Percentuali dei casi di vento da Sud con intensità superiore a 20 nodi	%

Simbolo	Descrizione	U. M.
SW1-10	Percentuali dei casi di vento da Sud-Ovest con intensità tra 1 e 10 nodi	%
SW11-20	Percentuali dei casi di vento da Sud-Ovest con intensità tra 11 e 20 nodi	%
SW>20	Percentuali dei casi di vento da Sud-Ovest con intensità superiore a 20 nodi	%
W1-10	Percentuali dei casi di vento da Ovest con intensità tra 1 e 10 nodi	%
W11-20	Percentuali dei casi di vento da Ovest con intensità tra 11 e 20 nodi	%
W>20	Percentuali dei casi di vento da Ovest con intensità superiore a 20 nodi	%
NW1-10	Percentuali dei casi di vento da Nord-Ovest con intensità tra 1 e 10 nodi	%
NW11-20	Percentuali dei casi di vento da Nord-Ovest con intensità tra 11 e 20 nodi	%
NW>20	Percentuali dei casi di vento da Nord-Ovest con intensità superiore a 20 nodi	%
Vxx	Intensità massima del vento	KT

Tabella 2–3 Indicatori della distribuzione dei venti fonte: Atlante Climatico

In ultimo, si è scelta la centralina di rilevamento più prossima alla Centrale e con un sufficiente quantitativo di dati registrati utili all'analisi.

Per il presente studio si è presa come riferimento la centralina di Pisa San Giusto dell'Aeronautica Militare, che dista dall'area di studio circa 34 chilometri e può essere ritenuta significativa e rappresentativa delle condizioni meteorologiche dell'area in esame, in quanto, come riporta il documento dell'APAT "Dati e informazioni per la caratterizzazione della componente Atmosfera e prassi corrente di utilizzo dei modelli di qualità dell'aria nell'ambito della procedura di V.I.A.", le osservazioni rilevate dalle stazioni meteo dell'Aeronautica Militare sono rappresentative di un'area di circa 70 chilometri di raggio.



Figura 2-1 Centralina di riferimento per analisi storiche su Atlante Climatico

### 2.1.2 Regime Termico

Primo aspetto analizzato nella trattazione del dato storico riguarda il regime termico. La Tabella 2-4 riporta i dati principali circa le temperature nei tre decenni di analisi.

Mese	Tm	Tx 1d	Tx 2d	Tx 3d	Txm	Tn 1d	Tn 2d	Tn 3d	Tnm	Tx P85-15	Tn P85-15
Gen	6,8	10,9	11,3	11,9	11,4	2	2,1	2,5	2,2	6,2	9,2
Feb	7,6	12,7	12,1	13,2	12,6	2,7	2,4	2,5	2,5	6,2	8,8
Mar	9,8	14	15,6	16,1	15,2	3,5	4,3	5,4	4,4	5,9	8
Apr	12,5	17,1	17,4	18,8	17,8	6,9	6,5	8	7,2	5,6	6,7
Mag	16,4	20,6	22,3	23,4	22,2	9,5	10,9	11,5	10,7	7,2	5,4
Giu	20	25,3	25,7	27	26	13,3	14	14,9	14,1	6,8	5
Lug	23,1	28,8	29,2	30	29,4	16	16,8	17,2	16,7	5,4	4,9
Ago	23,4	30,5	30	28,2	29,5	17,7	17,5	16,6	17,2	6,4	5
Set	20	26,9	25,8	24,5	25,7	15	14,2	13,8	14,3	5,9	6
Ott	15,8	22,6	21,3	19	20,9	12,2	11,1	8,9	10,7	6,8	8,2
Nov	10,7	17,2	15,5	13,1	15,3	7,9	6,1	4,2	6,1	6,8	9,7
Dic	7,6	12,2	11,9	11,3	11,8	3,6	3,4	3,1	3,4	6,1	9,2

Mese	NgTn ≤0	NgTn ≤-5	NgTx ≥25	NgTx ≥30	GrGi >0	GrGi >5	GrGi_18	Txx	An Tx	TNN	An Tn
Gen	9,7	1,1	0	0	214	61	349	17,6	1992	-13,8	1985
Feb	8,3	0,7	0	0	215	74	295	21	1990	-8,4	1993
Mar	4	0,3	0	0	305	151	253	24	1989	-8,2	1985
Apr	0,6	0	0,2	0	376	225	167	27,9	1975	-3,2	1973
Mag	0	0	6,6	0	512	356	62	30,9	1975	2,8	1976
Giu	0	0	18,7	3,4	593	445	8	35	1990	5,8	1975
Lug	0	0	29,2	13,5	714	559	0	37,8	1983	8,8	1975
Ago	0	0	29,3	14,9	728	572	0	38,8	1984	8,2	1972
Set	0	0	18,3	2,5	581	436	9	36,2	1975	3,8	1972
Ott	0	0	3,5	0	492	336	81	30,2	1990	0,3	1971
Nov	2,9	0,2	0	0	322	171	221	24	1985	-7,2	1973
Dic	7,6	0,6	0	0	236	82	325	20,4	1989	-7,2	1988

Tabella 2-4 Regime Termico fonte: Atlante climatico

Con riferimento alla Temperatura Media registrata nei tre decenni è possibile notare come le temperature siano comprese tra 6,8 °C e 23,4 °C, rispettivamente registrati nei mesi di Gennaio e di Agosto, per poi scendere fino a 7,6 °C nel mese di dicembre.

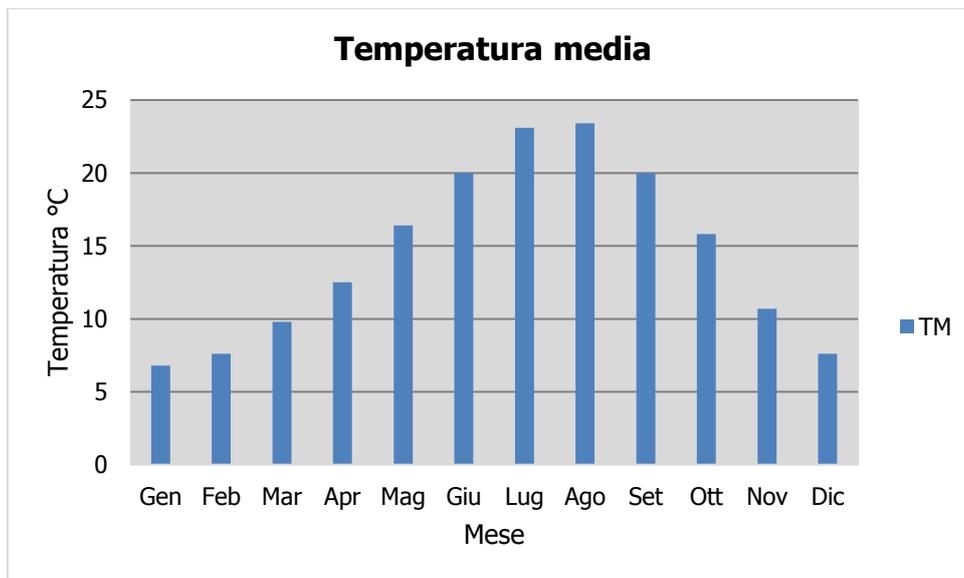


Figura 2-2 Temperatura media nelle tre decadi di riferimento fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico

Analizzando i valori massimi e minimi medi della temperatura nelle tre decadi si osserva come il trend analizzato per la temperatura media nelle tre decadi sia individuabile anche in tali valori, evidenziando come mese con temperature massime medie più elevate il mese di Agosto con 29,5 °C, mentre il mese con le temperature minime medie più basse risulta Gennaio con 2,2 °C.

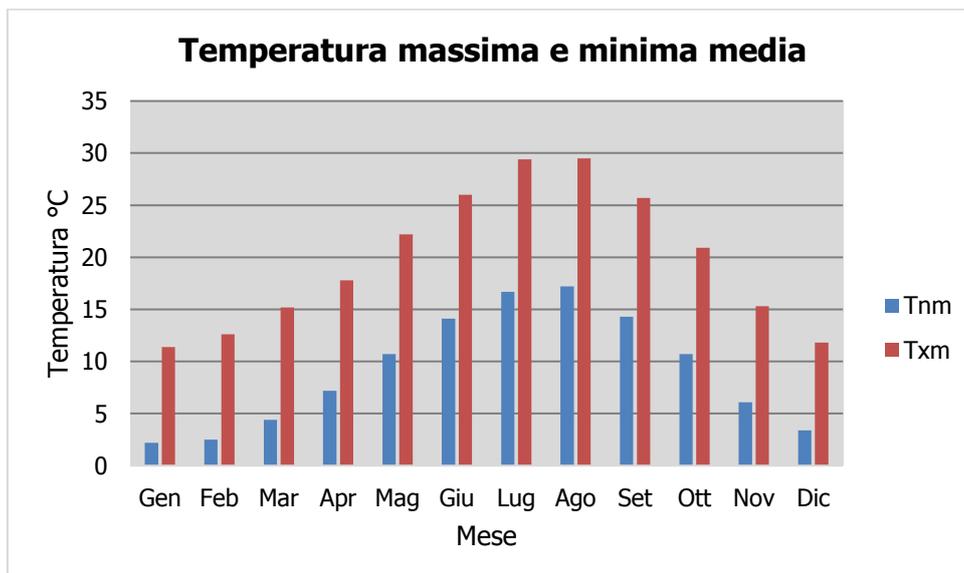


Figura 2-3 Temperatura massima e minima media nelle tre decadi di riferimento fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico

Al fine di poter valutare dei trend di evoluzione della temperatura è possibile fare riferimento ai valori di temperatura minima e massima media mensile analizzata nelle tre differenti decadi di riferimento (1971 – 1980; 1981 – 1990; 1991 – 2000).

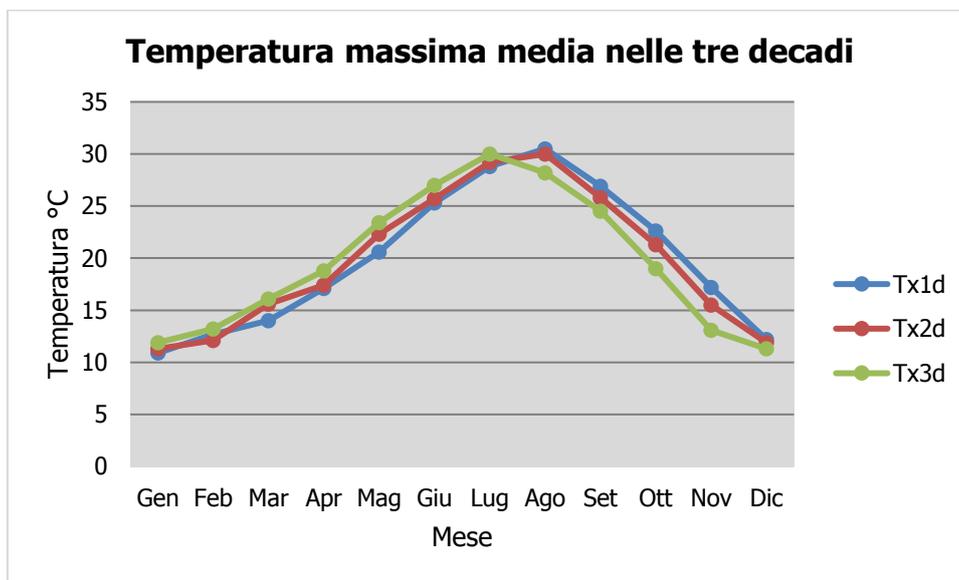


Figura 2-4 Temperatura massima media suddivisa per decadi fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico

Dalla Figura 2-4 si può notare nel corso dei decenni una buona corrispondenza del trend delle temperature, con un anticipo delle temperature massime di circa un mese solo per la terza decade. L'indicatore verde rappresenta la terza e più recente decade di analisi, la quale fa registrare valori più elevati delle altre due nei mesi compresi tra Gennaio e Luglio. Nei mesi da Agosto a Dicembre si registra, invece, un trend opposto con il valore della temperatura massima sempre inferiore a quello delle altre due decadi. Nell'ultima decade di analisi il mese con la temperatura massima media più elevata risulta Luglio con un valore di 30°C.

Analoghe considerazioni possono essere effettuate in riferimento alle temperature minime così come mostrato in Figura 2-5.

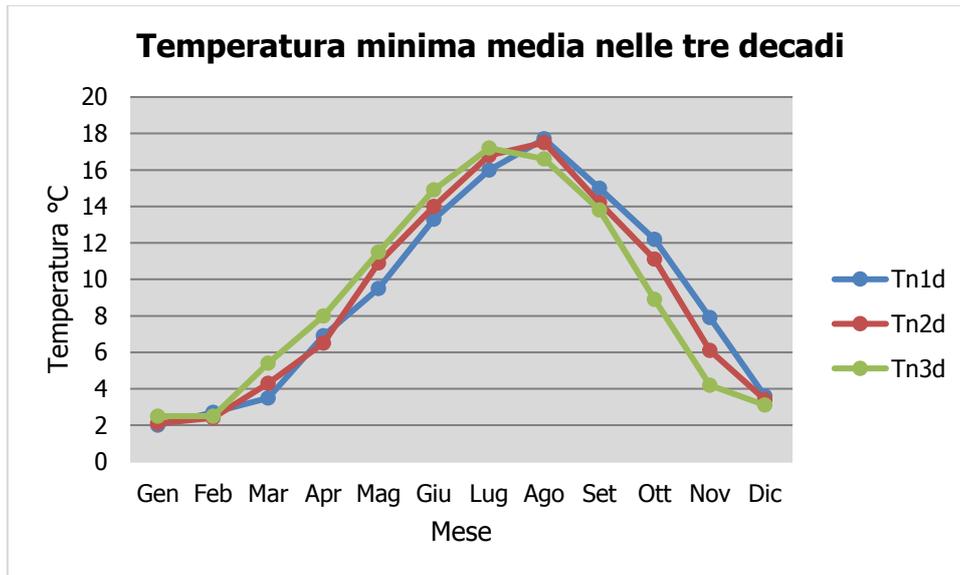


Figura 2-5 Temperatura minima media suddivisa per decadi fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico

È inoltre possibile analizzare il fenomeno termico anche dal punto di vista dei percentili. In particolare si può osservare la distribuzione in termini di differenze tra l'85° ed il 15° percentile al fine di determinare un intervallo di variazione dei valori contenuti tra tali percentili. Tale differenza può essere effettuata sia in termini di temperatura massima sia in termini di temperatura minima.

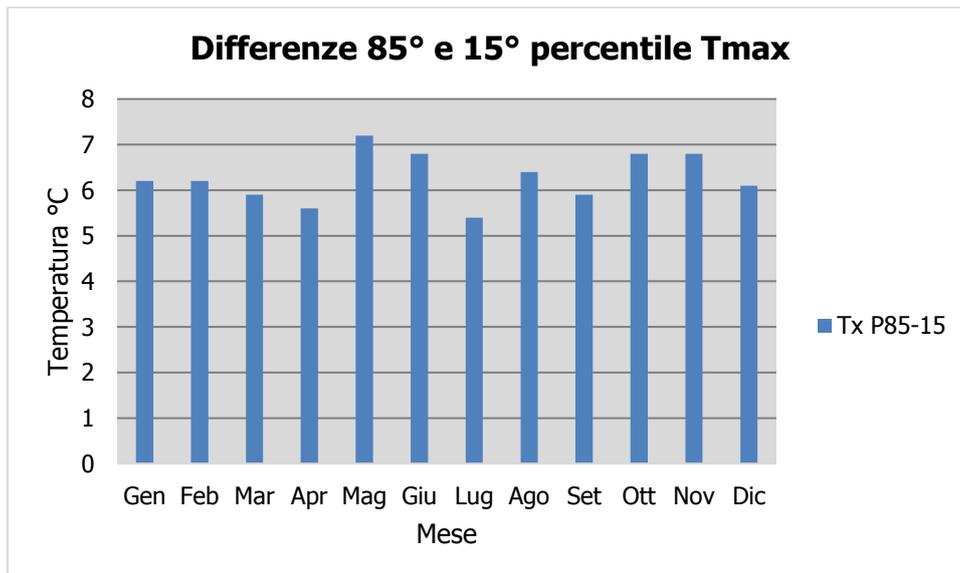


Figura 2-6 Differenza 85 – 15 percentile temperatura massima fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico

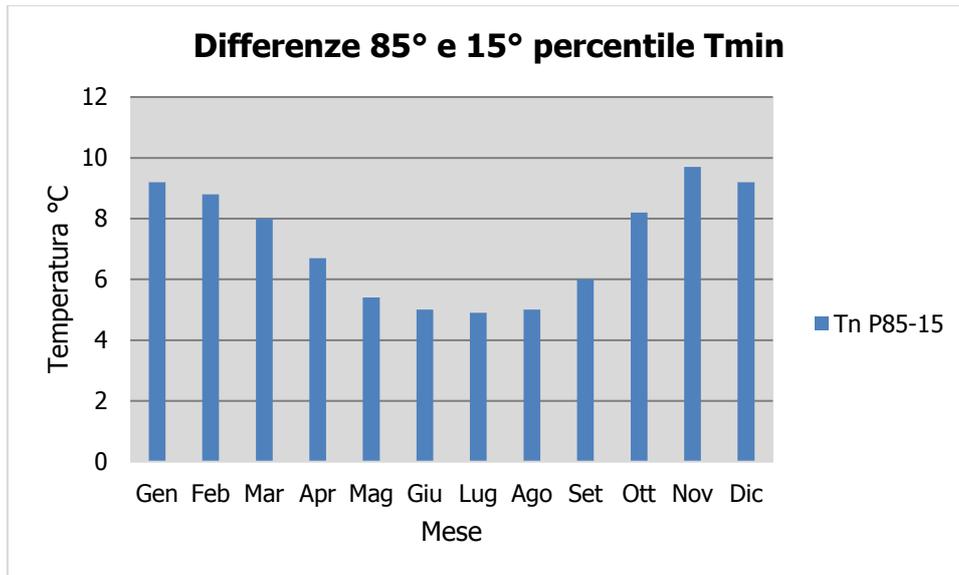


Figura 2-7 Differenza 85 – 15 percentile temperatura minima fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico

Dall'analisi delle temperature massime si può notare come il delta sia variabile nei mesi, con un minimo nel mese di luglio, e compreso tra 1 °C ed i 2°C. Con riferimento alla temperatura minima si registra un trend simile con i minimi nei mesi estivi.

In ultimo, al fine di completare l'analisi sulle distribuzioni delle temperature nei diversi mesi nelle tre decadi di riferimento, è possibile effettuare un'analisi sull'occorrenza di determinati eventi, oltre che sulla loro entità.

In particolare è possibile valutare l'occorrenza di fenomeni "estremi", quali il superamento di temperature "soglia" sia in termini di temperatura massima, sia in termini di temperatura minima.

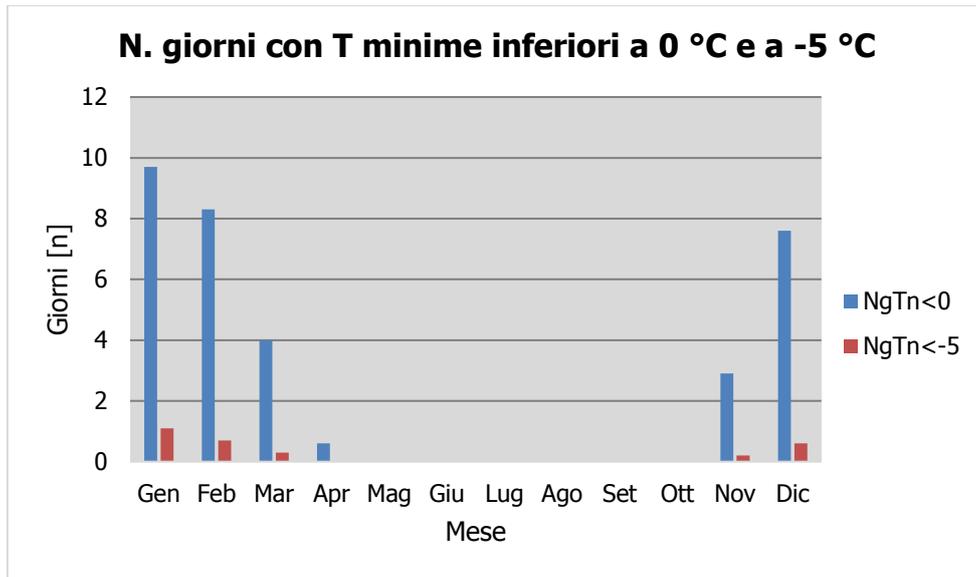


Figura 2-8 N° giorni con temperature minime inferiori a 0° e a -5° fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico

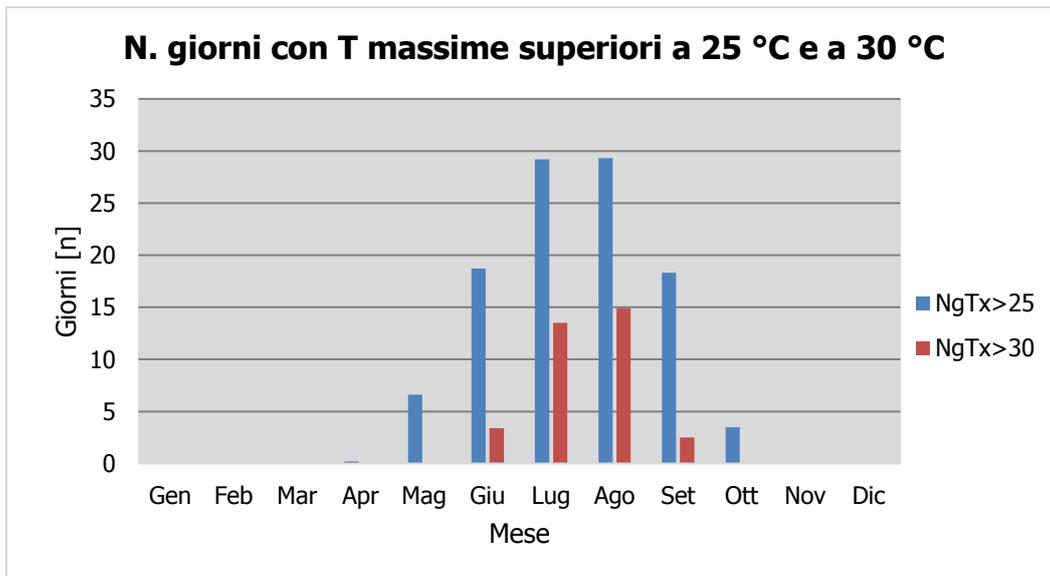


Figura 2-9 N° giorni con temperature massime superiori a 25° e 30° fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico

Con riferimento alle figure soprastanti è possibile verificare come siano presenti alcuni giorni con temperature inferiori ai -5°C nei mesi invernali, mentre come le giornate con temperature inferiori allo 0°C arrivino sino al mese di aprile.

Per quanto riguarda le temperature massime si registrano superamenti della soglia di 30° nei mesi di Giugno, Luglio, Agosto e Settembre. I superamenti della soglia di 25° sono molto frequenti, partendo dai pochi valori di aprile sino ad arrivare ad ottobre, con picchi a luglio e agosto.

Ultimo aspetto riguarda l'analisi dei giorni in cui si sono verificati i massimi ed i minimi assoluti rispetto al periodo di riferimento dell'Atlante Climatico. E' possibile notare, con riferimento alle temperature massime e minime, che la distribuzione nelle tre decadi è dispersa.

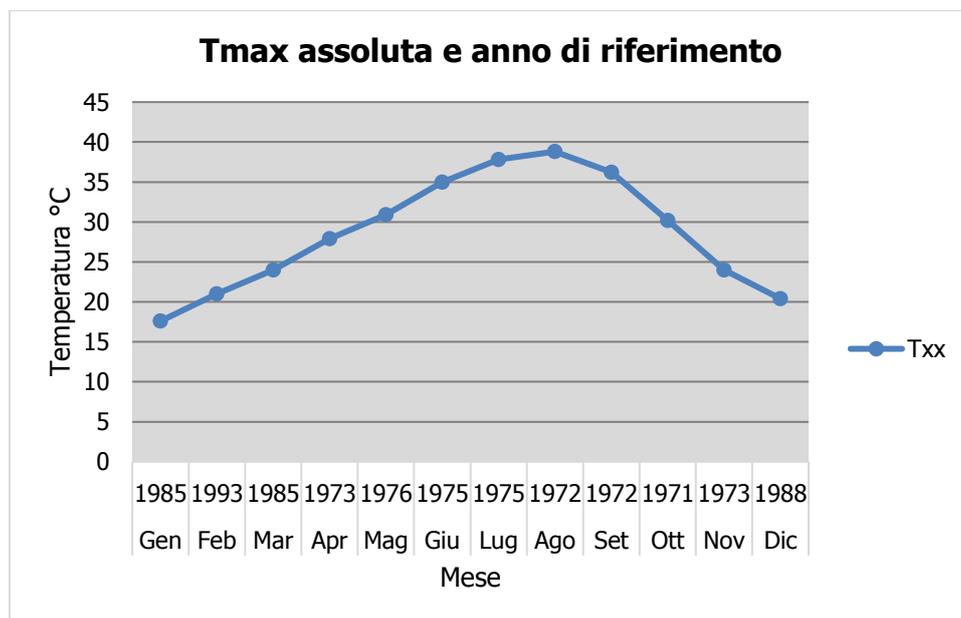


Figura 2-10 Temperatura massima assoluta ed anno di riferimento fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico

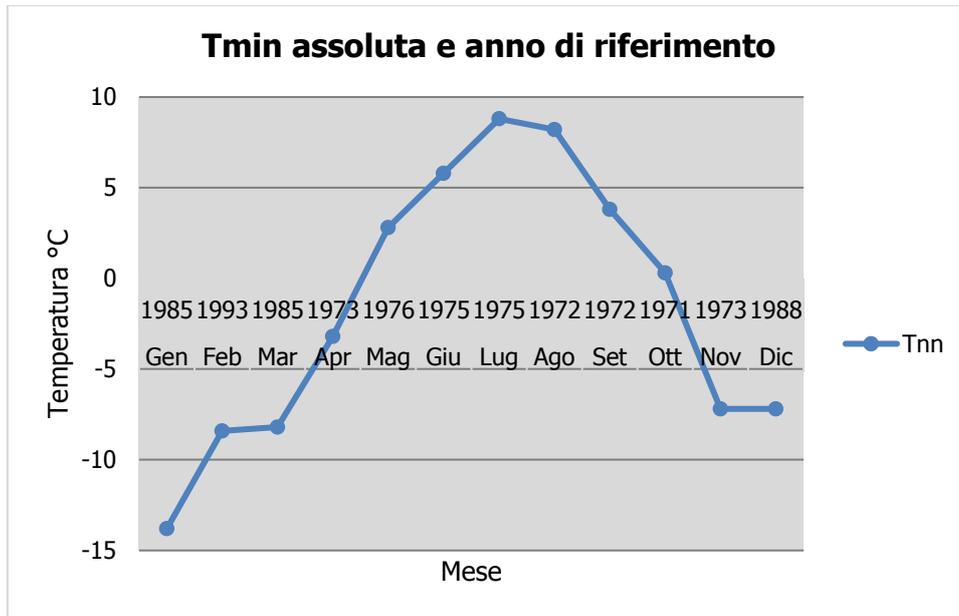


Figura 2-11 Temperatura minima assoluta ed anno di riferimento fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico

### 2.1.3 Regime Pluviometrico

Il regime pluviometrico è definito attraverso i dati registrati e riportati nella Tabella 2–5. In tale tabella sono anche riportati i dati circa l'umidità registrata nonché la presenza di nebbia e di copertura nuvolosa.

Mese	Rtot	RQ0	RQ1	RQ2	RQ3	RQ4	RQ5	Rx12a	Rx12b	Rx24	An Rx24
Gen	63,4	3,3	22,9	46,3	64,7	102,4	153,6	49	43,8	76	1987
Feb	57,5	1,5	17,3	41	72,4	93,7	121,9	47,6	41,6	47,6	1976
Mar	59,8	0,4	20	43,9	60,6	94,8	153,7	36,2	34,4	43,6	1977
Apr	89,1	9,2	48,2	64,9	87	113,8	251,1	44	28	50,8	1990
Mag	61,5	0,4	21,6	29,2	45,9	114,5	173,8	129,4	66,6	129,6	1992
Giu	47,8	5	20,6	36,6	49,8	70,8	116,6	31,2	29,8	45,2	1971
Lug	25,4	0	3,1	9,1	17	45,6	160,5	56,8	157,2	165,8	1991
Ago	49,4	0	7,6	29,6	50,9	85,4	133,4	71,4	45,4	71,4	1985
Set	101,5	1,6	38,8	76,6	98,3	148,5	414,9	91,2	167,2	223,6	1991
Ott	140,3	8,5	60,5	106,1	134,7	231,1	351,6	115,2	92,6	131	1987
Nov	123,5	0,5	59,8	77,3	117	193,4	362,4	50,8	122	134,6	1990
Dic	74,4	12,4	39,7	52	73,4	111,5	193,2	59,2	32	62,8	1990

Mese	Ng R>1	Ng R>5	Ng R>10	Ng R>50	Ng Fog	Ux%	Un%	Ng h6 Nuv<=4	Ng h6 Nuv>4	Ngh18 Nuv<=4	Ngh18 Nuv>4
Gen	8,1	4	2,3	0,1	7,1	93	57	13,3	17,7	14,9	16
Feb	7,2	3,6	1,7	0	5,8	92	50	12,9	15,3	13,7	14,6
Mar	7,6	3,9	2,1	0	6,4	93	47	12,7	18	14,2	16,6
Apr	9,7	5,4	3,3	0	5,4	94	52	10,7	20,1	11,9	18,9
Mag	7,3	3,8	2	0,1	5,3	95	51	14,3	16,6	14,4	16,5
Giu	5,2	2,8	1,5	0	3,7	94	47	15,5	14,3	17,4	12,5
Lug	2,5	1,1	0,6	0,1	2,4	94	42	21,2	9,8	22,9	8,1
Ago	3,6	2,6	1,7	0,1	2,3	94	44	20,6	10,3	21,9	9
Set	6,3	3,9	3	0,4	2,9	94	49	16,1	13,8	18,2	11,7
Ott	8,8	5,9	4,2	0,5	4,7	94	55	14,5	16,4	16,4	14,6
Nov	9,4	5,8	3,8	0,2	4,1	94	59	12,9	17	13,9	15,9
Dic	8,5	4,6	2,6	0	6	93	60	13,6	17,3	14,8	16

Tabella 2-5 Regime Pluviometrico fonte: Atlante Climatico

Il primo aspetto di analisi fa riferimento alla precipitazione totale media mensile registrata dalla stazione di riferimento in termini di millimetri, così come riportato in Figura 2-12.

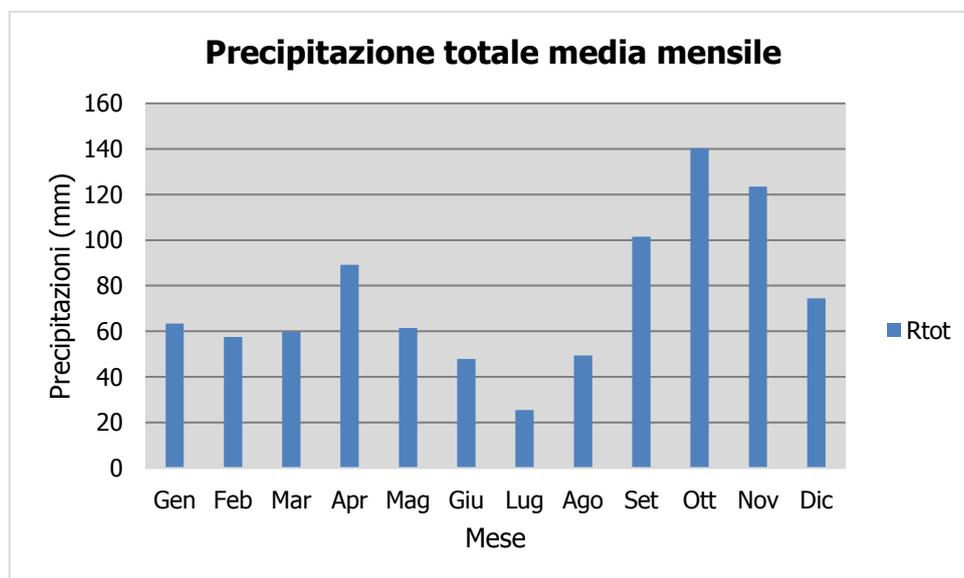


Figura 2-12 Precipitazione totale media mensile fonte: elaborazione da Atlante Climatico

E' possibile notare come il mese con la media mensile più elevato è Ottobre con circa 140 mm di precipitazione, mentre il mese maggiormente asciutto è Luglio con un valore di circa 25 mm.

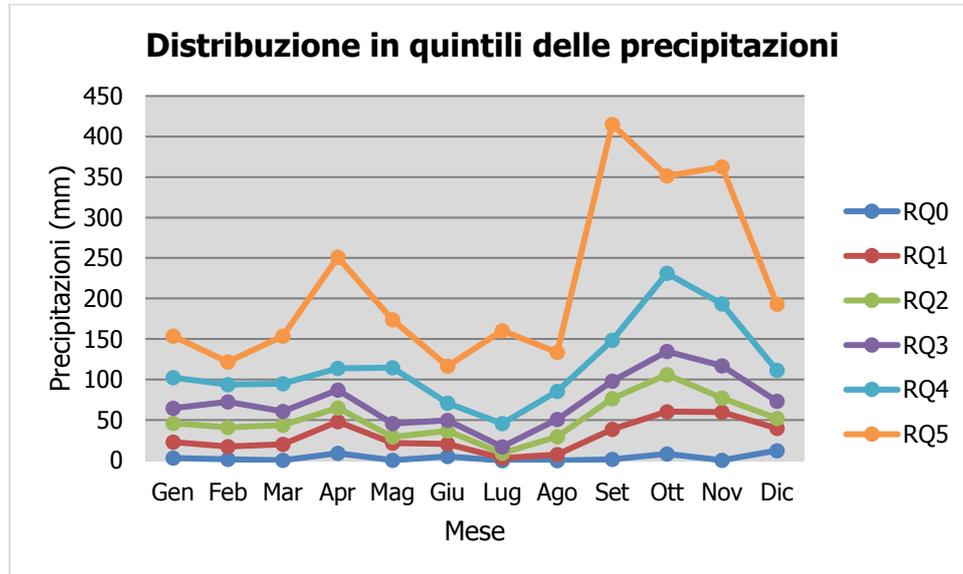


Figura 2-13 Distribuzione in quintili delle precipitazioni mensili fonte: elaborazione da Atlante Climatico

Al fine di avere una valutazione quantitativa della distribuzione delle precipitazioni nei diversi mesi è possibile fare riferimento alla Figura 2-13.

In termini qualitativi è possibile evidenziare un delta marcato tra il quarto ed il quinto quintile, ovvero il massimo della distribuzione in quintili, mentre le differenze tra il terzo ed il primo quintile sono molto più contenute.

E' inoltre possibile valutare la divisione delle precipitazioni massime con riferimento a due intervalli temporali 00-12 e 12-24, così come definito nella Figura 2-14.

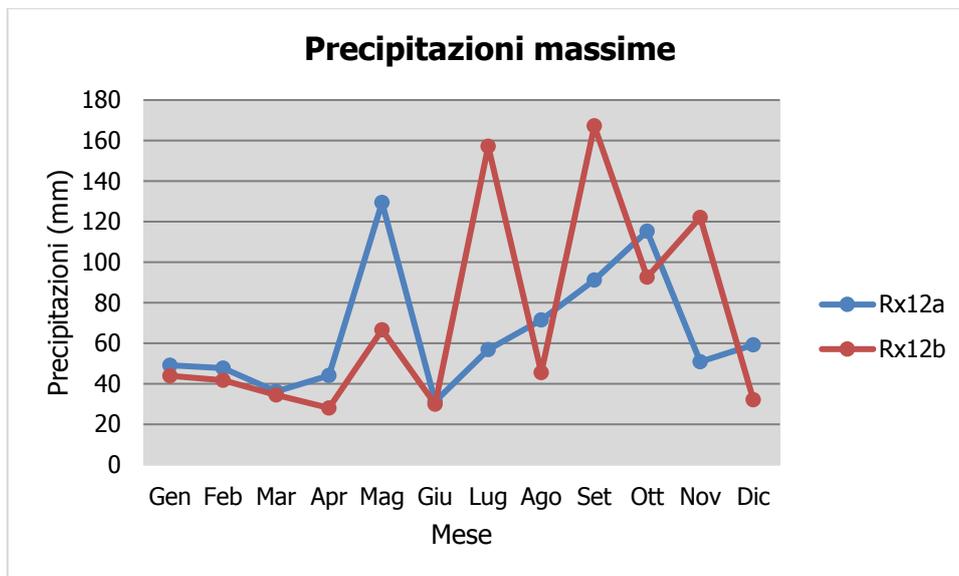


Figura 2-14 Precipitazioni massime periodi 00-12 e 12-24 fonte: elaborazione da Atlante Climatico

E' possibile notare come, rispetto al primo periodo di riferimento il massimo si registri nel mese di Maggio con circa 129 mm di precipitazione, mentre rispetto al secondo periodo il massimo sia registrabile nel mese di Settembre il cui valore si attesta a circa 167 mm.

Di seguito si riporta la distribuzione dei massimi nelle 24 ore nonché la data in cui si è verificata rispetto al periodo di analisi dell'Atlante Climatico.

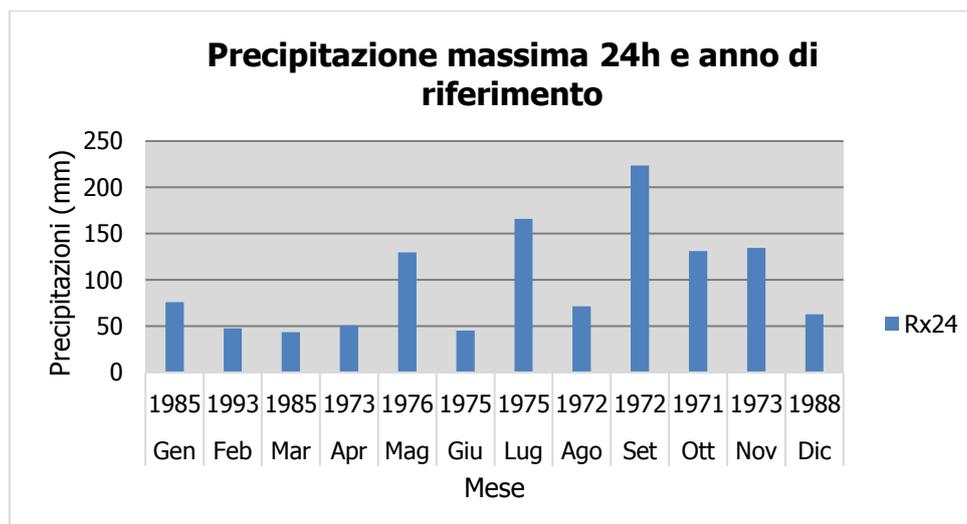


Figura 2-15 Precipitazioni massima nelle 24h ed anno di occorrenza fonte: elaborazione da Atlante Climatico

In ultimo, in analogia a quanto visto per le temperature, anche per il regime pluviometrico viene effettuata un'analisi circa il numero di giorni in cui si verifica il superamento di determinati valori di soglia. Nel caso in esame, riportato in Figura 2-16, vengono riportati il numero medio di giorni con precipitazioni superiori ad 1, 5, 10 e 50 mm.

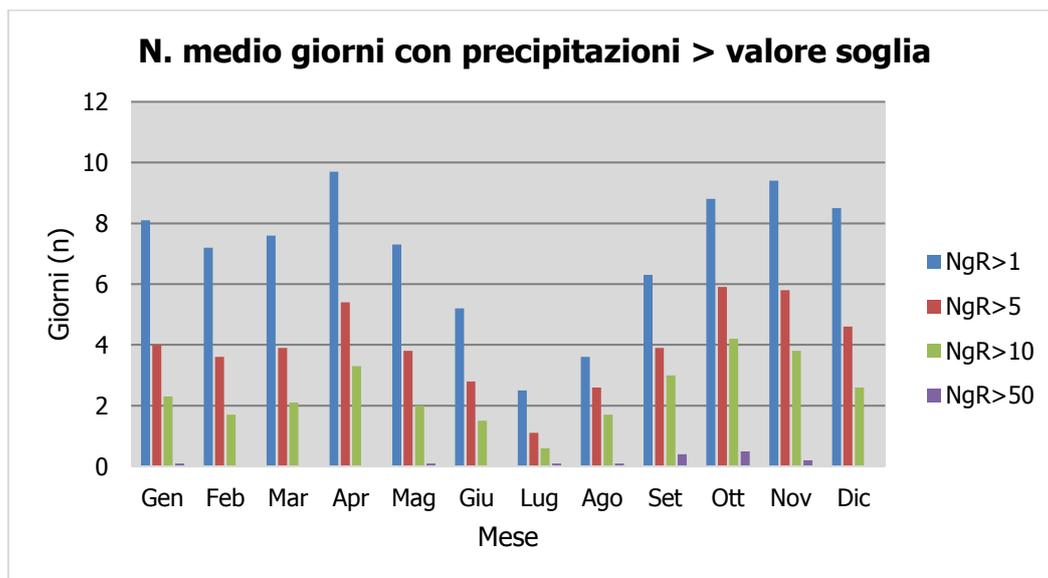


Figura 2-16 N° di giorni medio al mese con precipitazioni superiori a 1, 5, 10 e 50mm di precipitazioni  
fonte: elaborazione da Atlante Climatico

Dall'analisi di tali dati è possibile evidenziare una notevole variabilità, con valori massimi compresi sia nei mesi di ottobre, novembre e dicembre sia nel mese di aprile con specifico riferimento al superamento del valore di 1 mm ma per quanto riguarda la soglia più elevata (50 mm) si deve fare riferimento ai mesi di settembre, ottobre e novembre, denotando tuttavia una presenza dell'indicatore in quasi tutti i mesi dell'anno, a conferma della dispersione del dato.

Con riferimento al secondo parametro analizzato, ovvero la presenza di nebbia, è possibile fare riferimento alla Figura 2-17, in cui vengono rappresentati i giorni medi al mese in cui è presente la nebbia. La distribuzione di tali valori è significativa nei mesi invernali e primaverili, mentre è contenuta nei mesi estivi.

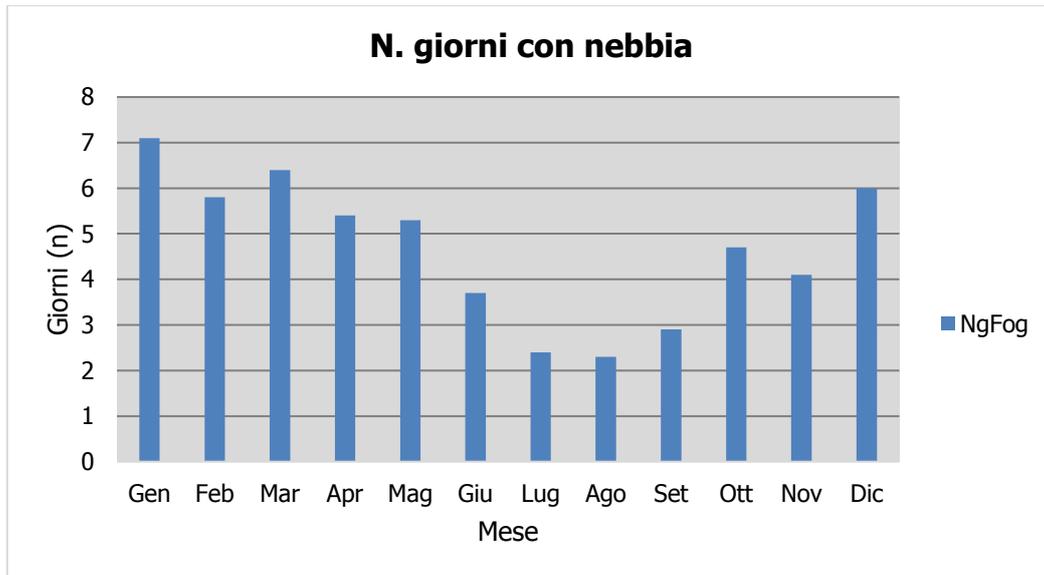


Figura 2-17 Numero di giorni medio al mese con presenza di nebbia fonte: elaborazione da Atlante Climatico

Con riferimento all'umidità percentuale massima e minima si nota come il primo parametro sia compreso quasi sempre prossimo al 100%, con oscillazioni contenute. Con riferimento al secondo parametro i valori minimi si registrano da marzo e settembre con valori compresi tra il 40 e il 55%.

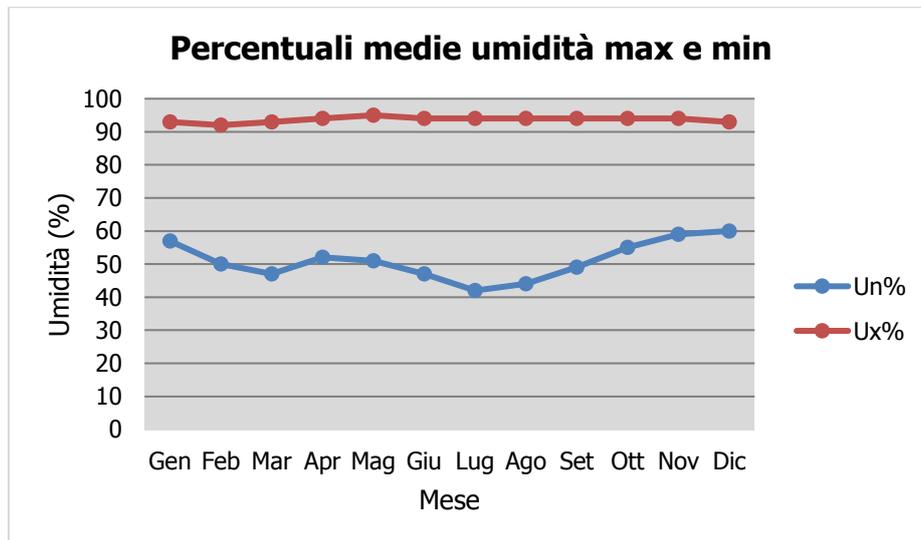


Figura 2-18 Media mensile dell'umidità percentuale massima e minima fonte: elaborazione da Atlante Climatico

Ultimo aspetto del presente paragrafo riguarda l'analisi della copertura nuvolosa. In particolare tale aspetto viene considerato con riferimento al numero di giorni in relazione ad alcuni aspetti che possono essere così riassunti:

- la copertura nuvolosa espressa in ottavi, ed in particolare se inferiore o superiore ai quattro ottavi;
- le ore del giorno, definendo due scenari di analisi alle ore 6 e alle ore 18.

La combinazione di tali aspetti dà luogo a quattro scenari di analisi:

1. numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa inferiore o uguale a 4/8 alle ore 6;
2. numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa superiore a 4/8 alle ore 6;
3. numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa inferiore o uguale a 4/8 alle ore 18;
4. numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa superiore a 4/8 alle ore 18;

Le risultanze di tali analisi sono riportate nella Figura 2-19.

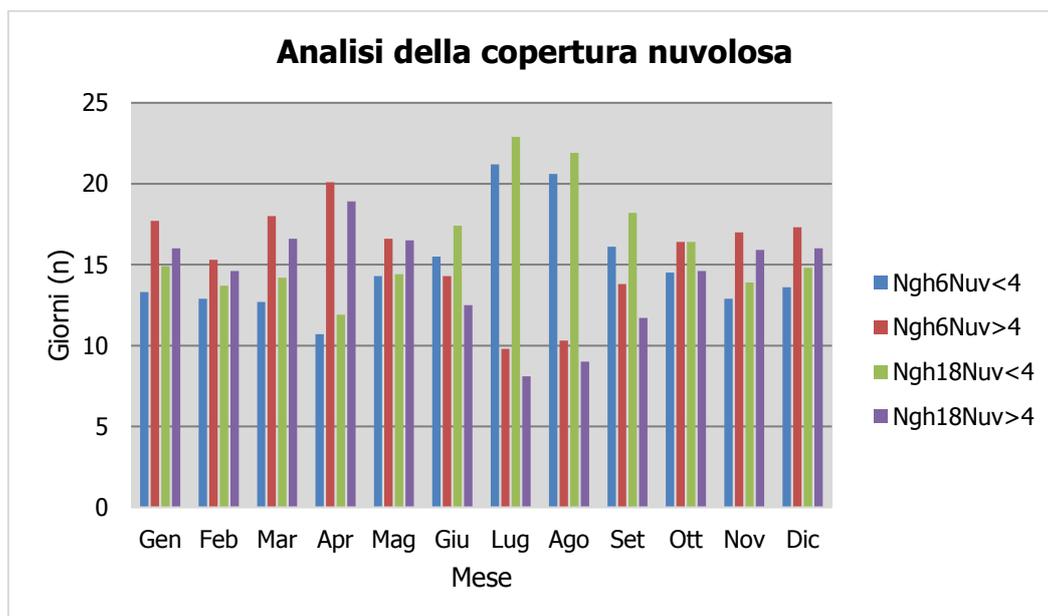


Figura 2-19 Analisi della copertura nuvolosa fonte: elaborazione da Atlante Climatico

Si può notare una certa uniformità nei fenomeni nelle diverse stagioni e nelle diverse ore del giorno con eccezione dei mesi estivi in cui aumentano gli indicatori inferiori ai 4/8.

#### 2.1.4 Regime Anemometrico

Facendo riferimento ai dati relativi al vento è possibile identificarne sia la direzione sia l'entità espressa in nodi, suddivisa nelle classi definite nelle tabelle seguenti. I valori registrati sono sinteticamente riportati nelle tabelle seguenti con riferimento a quattro orari: 00:00, 06:00, 12:00, 18:00.

HH 00													
Mese	Calme	N1-10	N11-20	N>20	NE1-10	NE11-20	NE>20	E1-10	E11-20	E>20	SE1-10	SE11-20	SE>20
Gen	34,59	0,97	0	0	2,16	0,86	0	26,27	8,32	0,32	12,43	3,68	0
Feb	33,18	1,18	0,24	0	0,71	1,65	0	26,92	8,5	0,12	12,04	4,72	0
Mar	41,86	0,86	0,11	0	1,94	1,83	0,11	17,69	7,44	0,22	12,94	1,94	0
Apr	47,19	0,65	0,11	0	2,92	1,08	0,11	16,63	4,1	0,22	9,5	1,51	0
Mag	54,96	0,43	0	0	2,26	0,32	0	13,58	1,51	0	10,88	0,43	0
Giu	55,13	1,45	0	0	1,67	0,11	0	12,95	1,45	0	11,05	0,67	0
Lug	59,05	0,32	0	0	1,83	0,11	0	12,28	0,86	0	10,88	0,11	0
Ago	56,74	0,97	0,11	0	1,83	0,11	0	16,07	1,29	0	12,3	0,97	0
Set	47,88	1,56	0	0	0,89	0,45	0	24,67	3,01	0	9,15	1,45	0
Ott	38,32	0,75	0,22	0	2,37	1,08	0	26,48	6,57	0,22	11,3	2,26	0
Nov	37,19	1,22	0,11	0	2,67	1	0	24,05	8,46	0	11,36	3,34	0
Dic	34,38	0,97	0,11	0	2,59	0,86	0,11	22,74	9,81	0,11	12,18	4,42	0
Mese	S1-10	S11-20	S>20	SW1-10	SW11-20	SW>20	W1-10	W11-20	W>20	NW1-10	NW11-20	NW>20	Vxx
Gen	1,51	0,86	0,11	0,97	1,84	0,32	1,62	1,62	0,22	0,76	0,32	0	65
Feb	2,01	0,35	0	1,18	2,01	0,24	1,42	2,01	0,24	1,18	0,12	0	62
Mar	2,59	0,32	0	0,97	2,16	0,54	1,83	2,91	0,32	0,97	0	0	57
Apr	3,56	0	0	1,73	1,94	0,54	4	2,27	0,11	1,62	0,11	0	48
Mag	4,42	0,22	0	3,13	1,29	0	3,56	2,59	0,11	0,22	0,11	0	54
Giu	4,69	0,11	0	2,23	1,67	0,33	4,35	1	0	1	0,11	0	74
Lug	4,31	0,22	0	4,2	0,65	0,22	3,34	0,54	0	0,97	0	0	74
Ago	3,13	0,22	0	1,73	1,29	0,32	1,73	0,43	0	0,65	0,11	0	72
Set	2,34	0,22	0	1,34	2,68	0,33	1,56	1,56	0,22	0,56	0,11	0	80
Ott	2,05	0,54	0	0,97	2,58	0,32	1,29	1,4	0,32	0,86	0,11	0	49
Nov	1,56	0,78	0	0,78	2,23	0,56	0,78	2,9	0,22	0,67	0	0,11	59
Dic	1,29	0,32	0,11	1,19	2,16	0,65	1,08	3,02	0,97	0,65	0,32	0	63

Tabella 2-6 Andamento del regime anemometrico ore 00:00 fonte: Atlante Climatico

HH 06													
Mese	Calme	N1-10	N11-20	N>20	NE1-10	NE11-20	NE>20	E1-10	E11-20	E>20	SE1-10	SE11-20	SE>20
Gen	33,15	0,75	0,43	0,11	1,94	0,75	0	23,47	9,9	0,22	16,25	3,34	0
Feb	32,27	0,95	0,12	0	1,89	0,95	0	25,41	9,93	0,24	14,78	4,85	0
Mar	36,48	0,76	0,33	0	2,17	1,3	0	25,3	8,14	0	13,03	2,71	0
Apr	39,5	1,08	0	0,11	3,57	0,97	0	21,54	5,52	0	12,88	1,95	0
Mag	43,58	0,86	0	0	1,08	0,32	0	25,03	2,8	0	14,13	1,4	0
Giu	41,68	1,01	0	0,11	1,34	0,34	0	26,37	1,34	0,11	15,53	0,89	0
Lug	44,41	0,65	0	0	1,61	0	0	25,7	1,61	0	15,16	0,65	0
Ago	44,44	0,43	0,11	0	1,51	0,32	0	28,26	2,7	0,11	15,43	1,19	0
Set	42,91	0,45	0	0,11	1,56	0,45	0	24,8	5,03	0,11	15,2	1,12	0
Ott	35,6	0,65	0,11	0	2,05	0,43	0,11	23,41	8,74	0	16,94	3,02	0
Nov	33,82	1,22	0,11	0,11	3,23	1	0	20,8	10,68	0	15,35	3,34	0
Dic	31,03	0,97	0,11	0	1,51	1,83	0,11	22,95	11,53	0,11	15,3	3,34	0
Mese	S1-10	S11-20	S>20	SW1-10	SW11-20	SW>20	W1-10	W11-20	W>20	NW1-10	NW11-20	NW>20	Vxx
Gen	1,83	0,22	0	1,51	1,61	0,22	0,86	2,48	0,43	0,54	0	0	- (*)
Feb	1,3	0,71	0	1,06	1,18	0,47	1,3	1,3	0,35	0,35	0,24	0	- (*)
Mar	1,63	0,11	0	1,09	2,82	0,11	1,19	1,74	0,22	0,76	0	0,11	- (*)
Apr	2,6	0,54	0	1,19	2,71	0,22	2,49	2,06	0,11	0,87	0	0	- (*)
Mag	2,7	0	0	2,05	1,4	0	2,05	1,62	0,11	0,86	0	0	- (*)
Giu	2,12	0,45	0	1,23	2,35	0,11	2,91	1,45	0,11	0,56	0	0	- (*)
Lug	2,47	0,11	0	1,4	0,54	0,22	2,15	1,61	0	1,72	0	0	- (*)
Ago	0,86	0,11	0	0,22	1,62	0,11	0,97	0,76	0	0,76	0	0	- (*)
Set	1,79	0,11	0	0,89	1,9	0,45	1,12	1,34	0	0,56	0,11	0	- (*)

Ott	1,29	1,19	0	0,76	1,83	0,22	0,86	1,94	0,32	0,54	0	0	- (*)
Nov	1,78	0,67	0	0,89	2,45	0,22	1,78	1,56	0,33	0,67	0	0	- (*)
Dic	1,94	0,11	0,11	0,54	1,4	0,65	1,51	2,48	1,19	1,19	0	0	- (*)
(*) Dato non disponibile													

Tabella 2-7 Andamento del regime anemometrico ore 06:00 fonte: Atlante Climatico

HH 12													
Mese	Calme	N1-10	N11-20	N>20	NE1-10	NE11-20	NE>20	E1-10	E11-20	E>20	SE1-10	SE11-20	SE>20
Gen	20,47	1,51	0,54	0	1,62	1,29	0,22	23,38	19,5	0,22	13,36	4,42	0
Feb	17,02	1,06	0,35	0	1,77	1,65	0,24	17,02	22,1	0,47	10,76	6,97	0,12
Mar	15,26	1,52	0,65	0	2,06	2,27	0,43	10,93	12,99	0,87	9,52	3,03	0,11
Apr	12,43	1,62	0,76	0	2,05	2,16	0,11	8,32	9,51	0,32	6,38	2,16	0
Mag	8,34	1,52	0,22	0	0,87	0,54	0	7,8	4,55	0	4,44	0,76	0
Giu	3,35	2,01	0,45	0	2,01	0,45	0	5,02	3,24	0,11	3,46	0,56	0
Lug	3,56	3,23	0,65	0	2,48	0,32	0	5,6	2,48	0	3,56	1,19	0
Ago	7,11	4,42	0,65	0	2,26	1,08	0	6,36	2,48	0	4,2	1,19	0
Set	15,05	3,79	0,67	0	2,45	1,45	0	10,59	10,03	0	6,58	1,9	0
Ott	19,16	1,83	0,11	0	1,83	1,29	0,11	17,33	15,82	0,32	12,16	3,66	0
Nov	17,69	1,56	0,11	0	1,89	1,89	0,11	18,58	21,02	0,22	15,91	5,12	0,22
Dic	18,86	0,75	0,75	0	1,08	1,83	0,32	20,91	19,83	0,32	14,44	4,96	0,11
Mese	S1-10	S11-20	S>20	SW1-10	SW11-20	SW>20	W1-10	W11-20	W>20	NW1-10	NW11-20	NW>20	Vxx
Gen	1,4	0,43	0	1,62	2,05	0,22	2,05	2,69	0,86	1,51	0,43	0,22	- (*)
Feb	2,36	1,65	0,12	1,77	2,13	1,3	3,19	3,19	0,83	2,72	0,71	0,12	- (*)
Mar	3,03	1,73	0,11	3,25	4,87	1,08	12,23	8,44	0,32	4,55	0,43	0,32	- (*)

HH 12													
Mese	Calme	N1-10	N11-20	N>20	NE1-10	NE11-20	NE>20	E1-10	E11-20	E>20	SE1-10	SE11-20	SE>20
Apr	4	3,46	0,11	4	4,65	0,97	15,89	14,59	0,86	4,65	0,86	0	- (*)
Mag	3,58	1,73	0,22	5,74	5,31	0,76	26,11	20,91	0,43	4,23	1,95	0	- (*)
Giu	2,68	1,9	0	6,81	8,15	0,67	24,89	25	0,33	5,47	3,24	0	- (*)
Lug	1,62	0,97	0	4,2	7,33	0,22	22,41	25,97	0,75	9,48	3,56	0	- (*)
Ago	2,69	1,4	0,11	4,74	6,79	0,32	19,5	22,95	0,43	8,73	2,59	0	- (*)
Set	2,45	2,12	0	4,46	6,24	1,11	13,15	9,7	1	6,47	0,56	0	- (*)
Ott	3,55	1,94	0	3,12	2,91	1,08	4,95	5,38	0,75	2,37	0,11	0	- (*)
Nov	2,11	1,78	0	1,33	2,78	0,78	1,89	2,78	0,78	1	0,33	0,11	- (*)
Dic	0,86	0,75	0,11	1,19	2,8	1,08	1,62	3,66	0,97	1,62	0,97	0	- (*)

(\*) Dato non disponibile

Tabella 2–8 Andamento del regime anemometrico ore 12:00 fonte: Atlante Climatico

HH 18													
Mese	Calme	N1-10	N11-20	N>20	NE1-10	NE11-20	NE>20	E1-10	E11-20	E>20	SE1-10	SE11-20	SE>20
Gen	39,07	2,8	0,32	0	2,58	1,18	0,11	15,07	10,33	0,32	8,29	3,34	0
Feb	37,19	2,48	0,59	0	2,48	1,18	0,24	10,63	8,5	0	5,31	2,36	0
Mar	33,69	2,48	0,43	0	2,05	1,84	0	5,83	6,91	0,22	2,7	1,51	0
Apr	27,78	1,73	0,65	0,11	2,27	1,19	0,11	5,3	4	0	3,03	0,76	0
Mag	24,54	2,15	0,11	0	0,43	0,22	0	3,55	1,4	0	1,94	0,32	0
Giu	15,83	2,01	0,22	0	1,11	0,11	0,11	2,12	1,67	0	1,34	0,67	0
Lug	10,23	2,48	0,65	0	0,54	0,32	0	1,94	0,97	0	0,75	0,54	0
Ago	18,43	3,02	0,32	0	0,86	0,54	0	3,02	1,19	0	1,29	0,32	0

HH 18													
Mese	Calme	N1-10	N11-20	N>20	NE1-10	NE11-20	NE>20	E1-10	E11-20	E>20	SE1-10	SE11-20	SE>20
Set	37,72	2,12	0	0	1,67	0,33	0	5,92	2,79	0	1,9	0,89	0
Ott	44,9	3,65	0,21	0	2,79	0,32	0	10,74	6,77	0,11	6,12	1,07	0
Nov	43,24	1,23	0,11	0	3,46	1,79	0	14,53	9,61	0	8,83	2,91	0,11
Dic	37,15	1,51	0,22	0	3,89	1,51	0	16,31	11,66	0,22	10,04	2,81	0
Mese	S1-10	S11-20	S>20	SW1-10	SW11-20	SW>20	W1-10	W11-20	W>20	NW1-10	NW11-20	NW>20	Vxx
Gen	2,15	0,75	0	2,58	2,37	0,11	3,12	2,15	0	2,8	0,43	0	- (*)
Feb	4,72	0,12	0	4,01	2,6	0,94	7,91	1,3	0,24	6,73	0,47	0	- (*)
Mar	4	1,19	0	4,32	2,92	0,65	16,95	2,16	0,11	9,4	0,43	0	- (*)
Apr	2,7	1,95	0	6,27	3,78	0,22	20,54	6,7	0,11	10,38	0,43	0	- (*)
Mag	2,48	1,18	0	7,1	1,61	0,32	29,82	6,67	0,32	14,64	0,97	0	- (*)
Giu	2,12	1,56	0	4,46	3,9	0,45	33,56	12,49	0,33	13,15	2,68	0	- (*)
Lug	2,37	1,08	0	5,06	2,8	0,22	33,91	13,99	0,11	17,76	4,31	0	- (*)
Ago	1,19	1,4	0,22	5,17	2,16	0	27,26	9,38	0,11	21,66	2,48	0	- (*)
Set	1,79	1	0,22	6,03	2,79	0,22	18,53	3,68	0	11,5	0,78	0	- (*)
Ott	3,11	0,86	0	3,33	1,83	0,21	6,02	2,26	0,21	5,37	0,11	0	- (*)
Nov	2,23	0,11	0	1,12	2,91	0,78	2,23	1,56	0,22	2,68	0,34	0	- (*)
Dic	2,81	0,32	0,11	1,3	2,81	0,11	2,27	3,13	0,65	0,97	0,22	0	- (*)

(\*) Dato non disponibile

Tabella 2-9 Andamento del regime anemometrico ore 18:00 fonte: Atlante Climatico

I diagrammi seguenti riportano, in funzione delle diverse stagioni e dei diversi orari, le direzioni di provenienza dei venti, espressi in termini percentuali.

Al fine di una corretta lettura dei diagrammi riportati di seguito è opportuno specificare come le diverse aree rappresentano la frequenza della direzione del vento osservata in funzione delle classi di intensità, rispettivamente partendo dal margine interno a quello esterno:

- tra 1 e 10 nodi – area in blu;
- tra 10 e 20 nodi – area in rosso;
- superiore a 20 nodi – area in verde.

La frequenza percentuale di ciascuna classe si ottiene sottraendo al valore mostrato nel diagramma, quello riferito all'area più interna. Solo per la prima classe (area in blu) il valore evidenziato sul diagramma anemometrico coincide con la frequenza.

I diagrammi anemometrici sono rappresentati per stagioni considerando:

- la stagione invernale nei mesi di Dicembre, Gennaio e Febbraio;
- la stagione primaverile nei mesi Marzo, Aprile e Maggio;
- la stagione estiva nei mesi di Giugno, Luglio e Agosto;
- la stagione autunnale nei mesi di Settembre, Ottobre e Novembre.

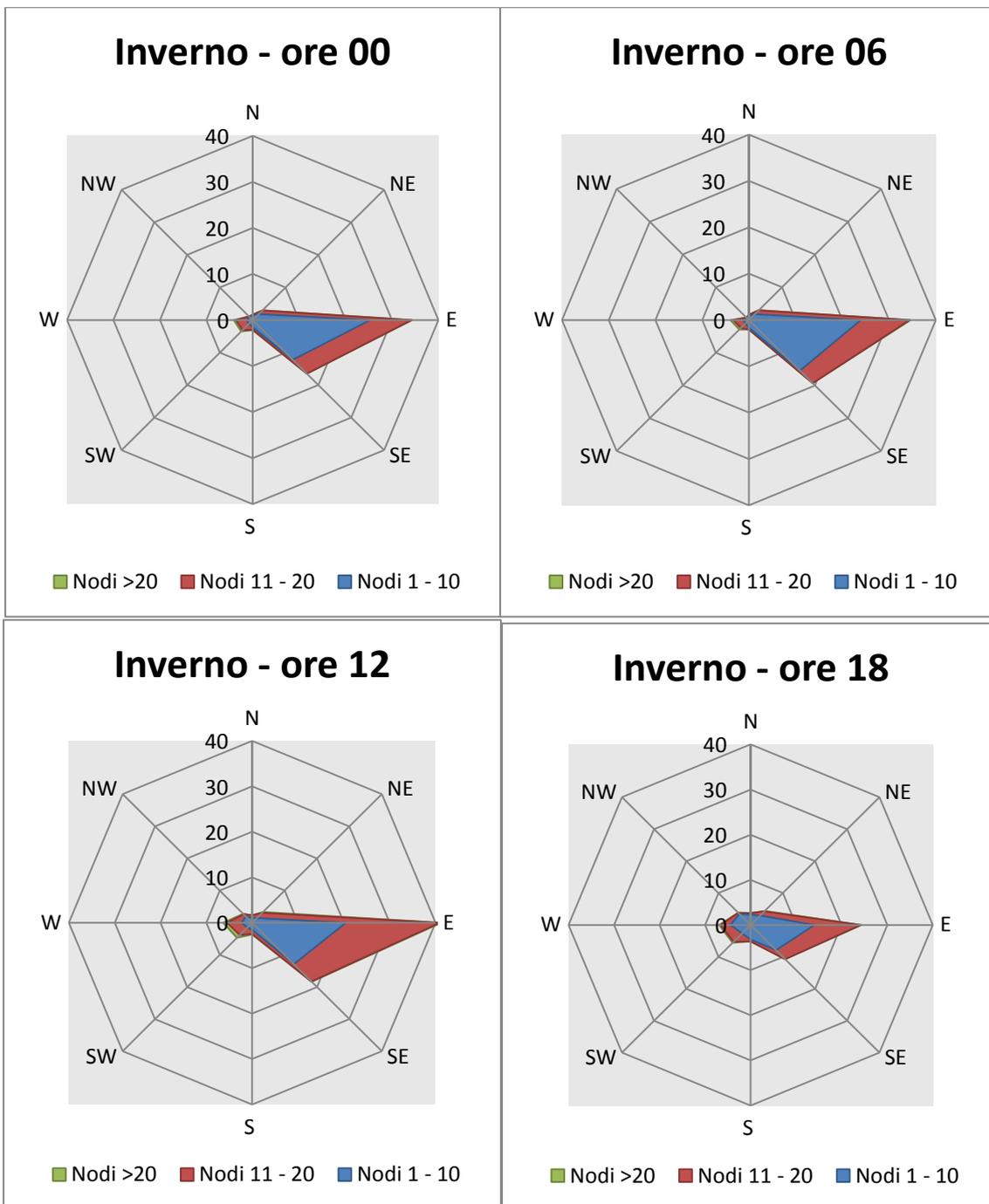


Figura 2-20 Regime anemometrico invernale nelle 4 ore di riferimento fonte: elaborazione da Atlante Climatico

L'analisi dei diagrammi mostra per la stagione invernale una prevalenza di vento con direzione nel secondo quadrante (E ed SE) e delle velocità, in termini di nodi, concentrate principalmente nella prima e seconda classe.

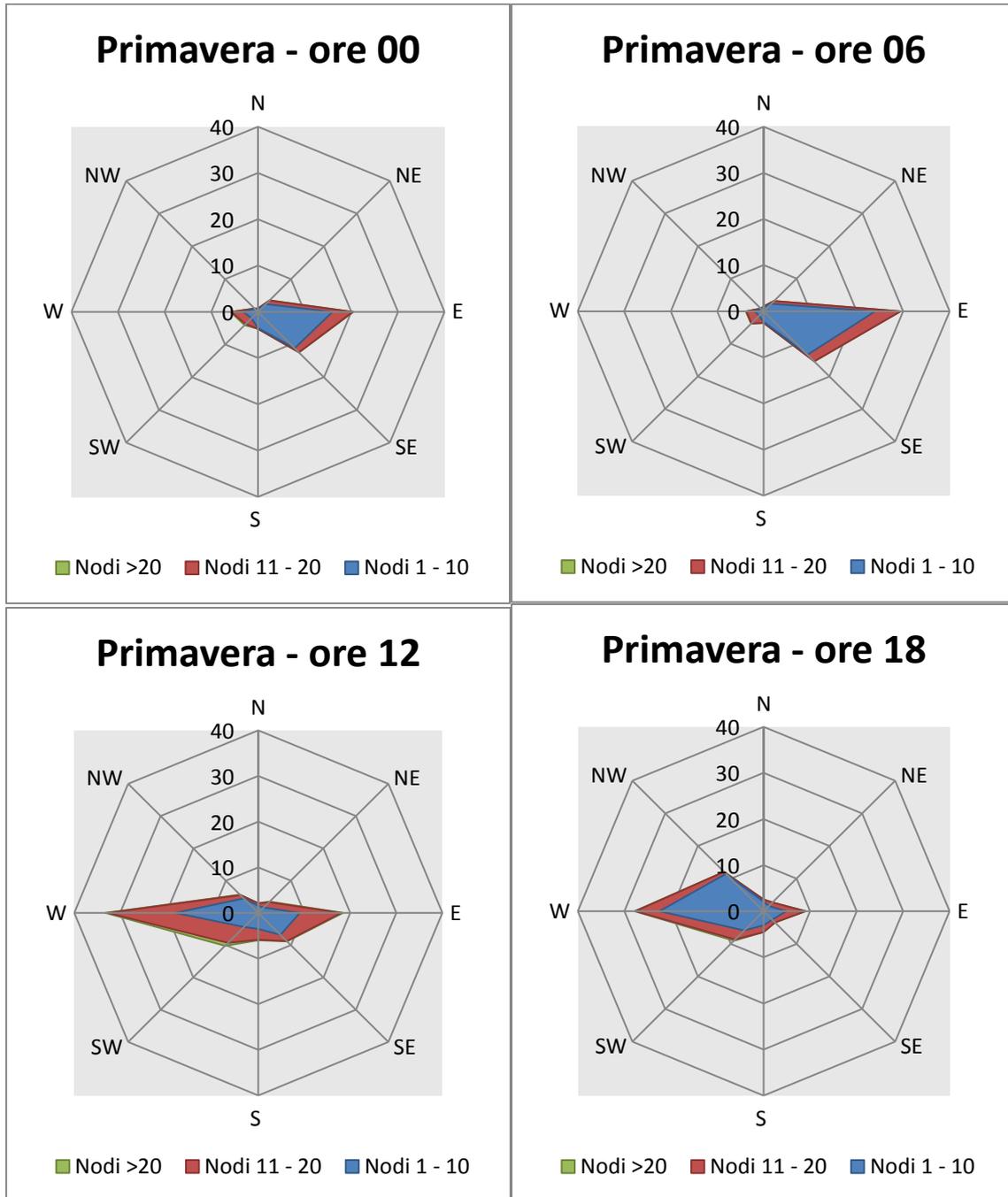


Figura 2-21 Regime anemometrico primaverile nelle 4 ore di riferimento fonte: elaborazione da Atlante Climatico

La stagione primaverile mostra una prevalenza di vento nella prima parte della giornata con direzione E-SE. Nella seconda parte della giornata invece si registrano componenti proprie del terzo e quarto quadrante.

In termini di velocità del vento nella seconda metà della giornata si registra la maggiore percentuale nella seconda classe, mentre per la prima parte della giornata resta dominante la classe da 1 a 10 nodi.

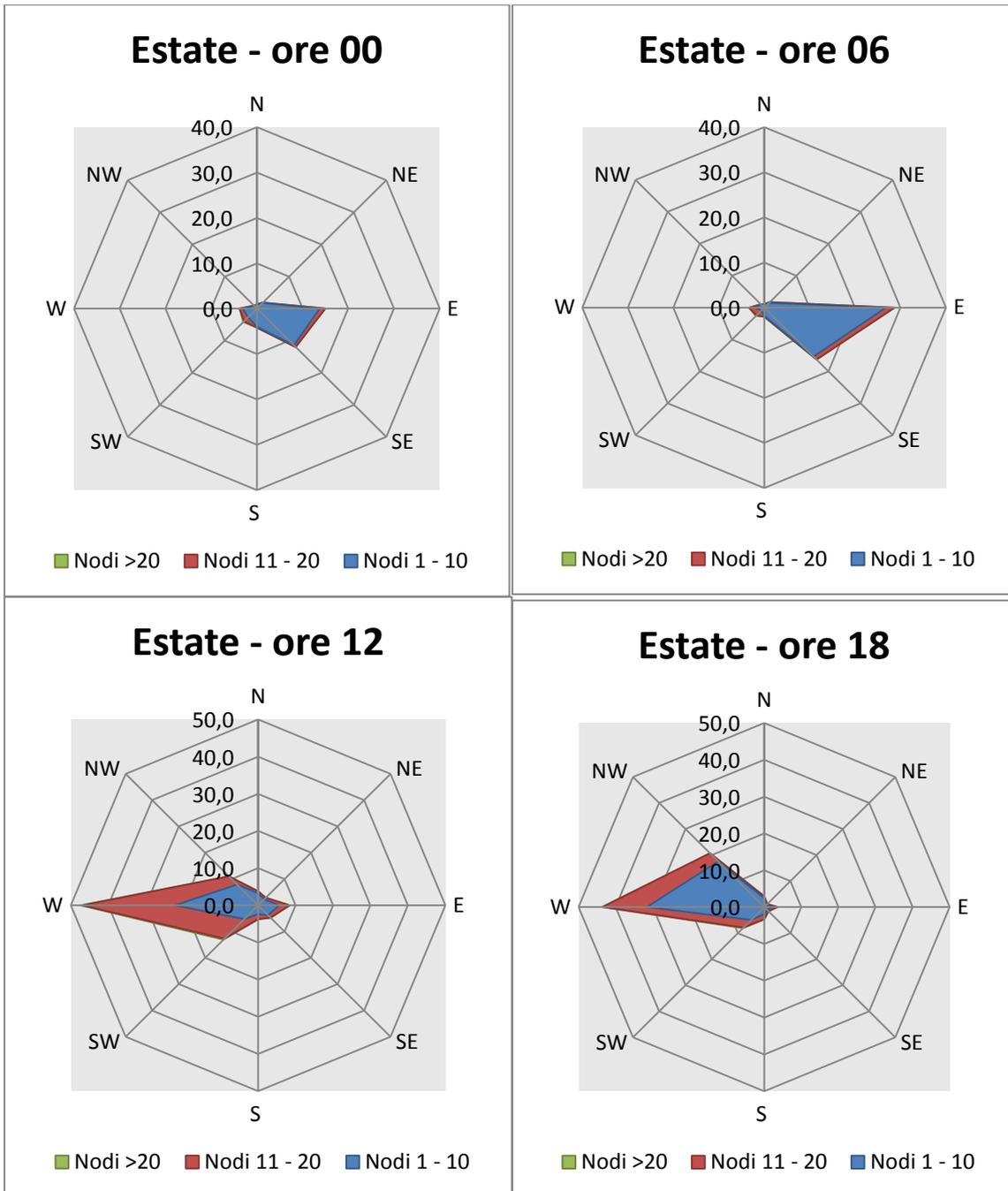


Figura 2-22 Regime anemometrico estivo nelle 4 ore di riferimento fonte: elaborazione da Atlante Climatico

Con riferimento alla stagione estiva in analogia alle precedenti si registra lo stesso trend dalle ore 00 alle ore 06. In analogia alla primavera, anche per l'estate nella restante parte della giornata si assiste ad uno spostamento verso W.

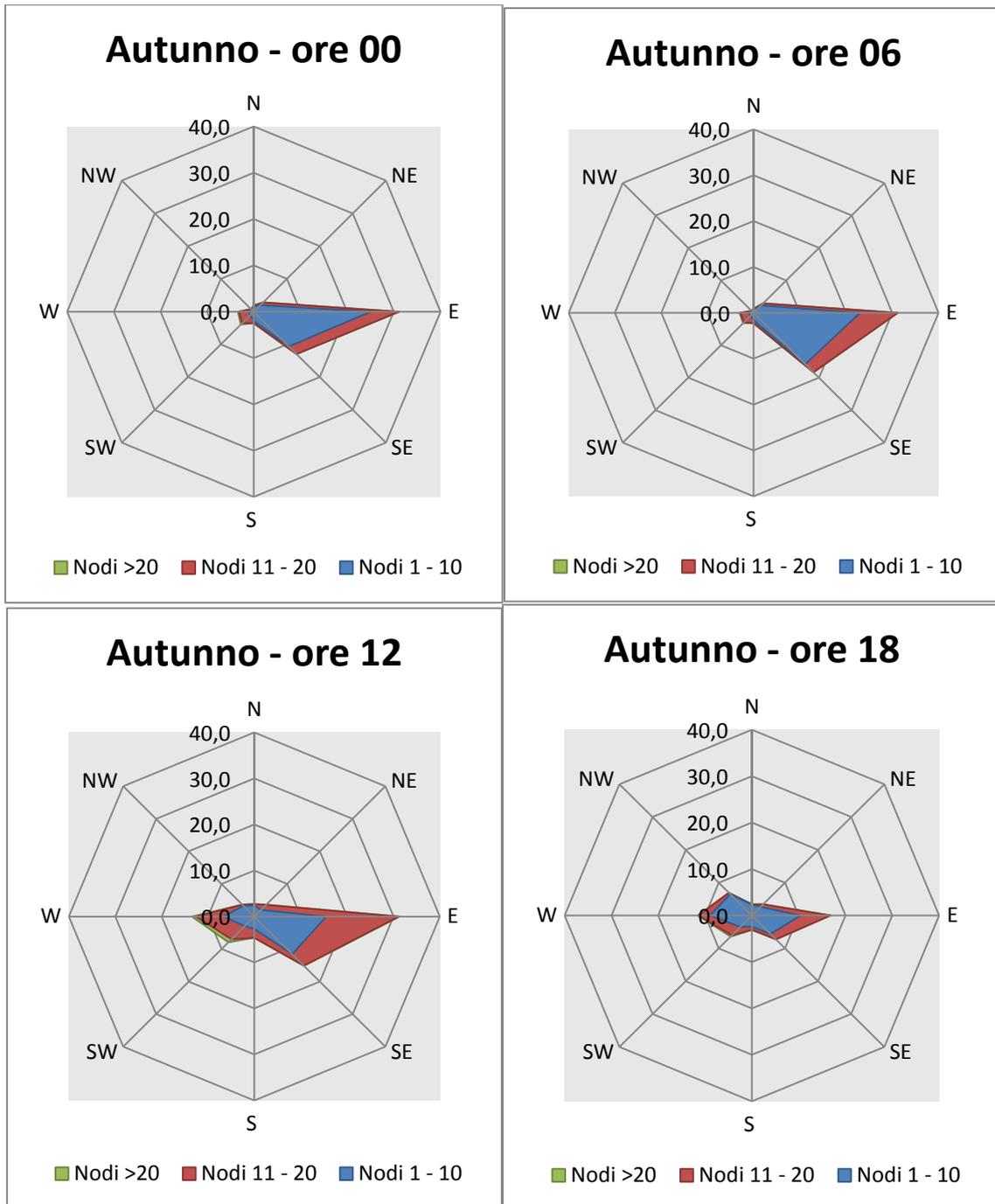


Figura 2-23 Regime anemometrico autunnale nelle 4 ore di riferimento fonte: elaborazione da Atlante Climatico

La stagione autunnale mostra una prevalenza di vento nell'arco dell'intera giornata con direzione E-SE.

## 2.2 Il dato attuale

### 2.2.1 Descrizione formato e disponibilità dei dati

L'aeronautica militare registra costantemente i dati meteorologici che vengono rilevati dagli osservatori e dalle stazioni. Essi sono aggregati per l'utilizzo, la trasmissione e l'archiviazione sotto forma di bollettini meteorologici.

In particolare, il bollettino METAR è un messaggio di osservazione in superficie di tipo aeronautico. Questo viene emesso ogni mezz'ora oppure ogni ora a seconda del servizio della stazione

I principali parametri meteorologici utilizzati sono:

- **Temperatura:** la temperatura dell'aria viene espressa in gradi centigradi [°C]. Affinché la rilevazione sia rappresentativa, i termometri sono ubicati ad un'altezza variabile tra 1,25 e 2 metri dal suolo su terreno controllato (quale manto erboso), protetti da precipitazioni e radiazione incidente in apposita capannina (con apertura a nord), mantenendo libera la circolazione dell'aria. In particolare per il bollettino METAR la temperatura dell'aria è registrata ogni ora o mezz'ora in °C, approssimata al grado intero.
- **Vento:** le unità di misura adottate per il vento sono: per l'intensità, che corrisponde alla velocità dell'aria rispetto al suolo, il nodo (KT, corrisponde a 1.852 km/h), per la direzione di provenienza il grado sessagesimale (si assume come valore 0 la calma di vento e 360 il nord). Lo strumento di misura, chiamato anemometro, è posto, lontano da ostacoli, ad un'altezza di 10 metri dal suolo. In particolare per il bollettino METAR viene fornito il vento al suolo - direzione e intensità del vento al suolo rilevate con le stesse modalità indicate al punto precedente; viene qui indicata anche la raffica, che consiste nella velocità massima del vento (su una media mobile strumentale di 3 secondi) riferita allo stesso periodo di 10 minuti, quando questa supera di almeno 10 nodi il valore dell'intensità.
- **Pressione:** le unità di misura utilizzate sono l'hectoPascal [hPa] e il millibar [mb], che coincidono numericamente. I barometri sono di tipo a colonna di mercurio oppure a capsule aneroidi (interfacciate da regoli o sensori) ed indicano la pressione misurata al livello della stazione. In particolare per il bollettino METAR viene fornito in hPa il QNH ovvero la pressione ridotta al livello del mare secondo un'atmosfera standard (ICAO).
- **Visibilità:** la visibilità orizzontale viene stimata empiricamente dall'operatore attraverso l'osservazione di opportuni riferimenti posti a distanza nota sul giro d'orizzonte oppure, e questo solo nei metar, misurata tramite un visibilometro lungo le piste aeroportuali (RVR). Questo dato verrà usato come dato di input per le simulazioni modellistiche relative alle analisi delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera e rielaborato secondo il format utile al modello stesso.

In riferimento alla stazione di Pisa S. Giusto, i dati a disposizione sono circa ogni mezz'ora (Figura 2-24).

2019

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Vento	1488	1343	1458	1440	1488	1438	1488	1483	1440	1488	1440	1485
Temperatura	1488	1343	1458	1440	1488	1438	1488	1483	1440	1487	1440	1484
Pressione	1488	1343	1458	1440	1488	1438	1488	1483	1440	1487	1440	1484
Nuvolosità Tot	802	706	725	1039	910	762	764	695	766	726	990	684
Nuvolosità 1,2,3,4	841	642	706	962	1242	500	614	552	798	986	1317	900
Fenomeni	181	204	129	193	223	56	85	63	77	147	400	193
Stato del mare	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umidità	1488	1343	1458	1440	1488	1438	1488	1483	1440	1487	1440	1484

Figura 2-24 Stralcio "Risultati disponibili bollettini per la stazione di Pisa S. Giusto"

Per le simulazioni modellistiche i software richiedono, come sarà descritto successivamente, il dato dei parametri per ogni ora dell'anno. I valori acquisiti per la stazione di Pisa S. Giusto sono stati pertanto analizzati ed elaborati in relazione ai soli dati orari, ricostruendo laddove necessario i dati mancanti attraverso la mediazione del dato mancante dall'analisi del dato precedente e successivo.

Al fine di poter descrivere compiutamente lo stato attuale, oltre alla caratterizzazione storica del dato meteorologico eseguita nel paragrafo precedente si riportano le descrizioni dei parametri meteorologici principali per l'anno di riferimento, 2019.

### 2.2.2 Il regime Termico

Per quanto riguarda le temperature nell'anno di riferimento, come visibile dalla figura sottostante, le temperature maggiori si registrano nei mesi estivi compresi tra giugno e luglio, con temperature massime assolute di 35 °C.

La temperatura media è pari a circa 15° C, mentre la temperatura minima assoluta registrata è pari a -5 °C.

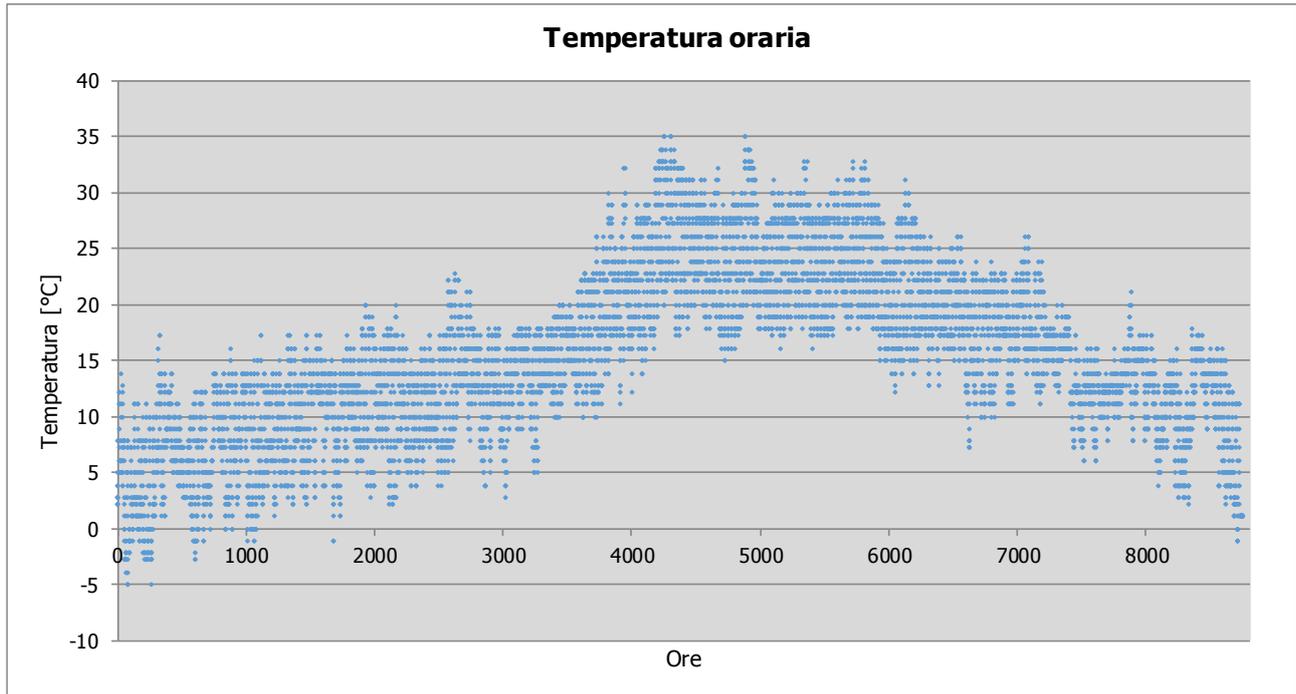


Figura 2-25 Temperatura oraria fonte: elaborazione dati Aeronautica Militare

### 2.2.3 Regime Anemometrico

Con riferimento all'intensità del vento è possibile affermare come la distribuzione sia pressoché simile in tutti i periodi dell'anno con picchi che vanno di rado sopra i 10 nodi. La classe di velocità con le maggiori frequenze è sicuramente quella compresa tra gli 0 ed i 5 nodi.

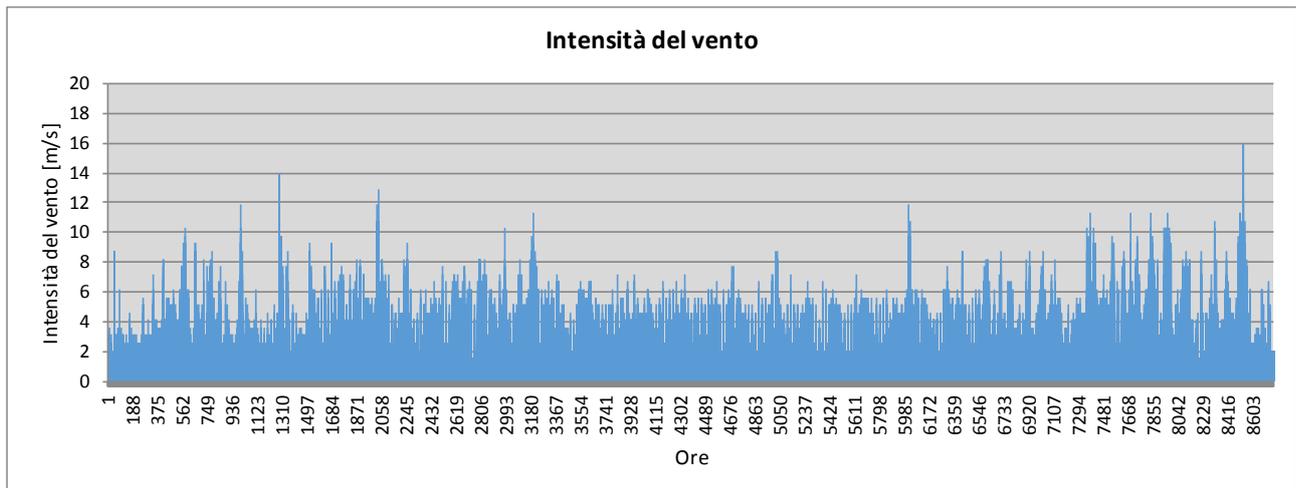


Figura 2-26 Intensità del vento fonte: elaborazione dati Aeronautica Militare

In relazione alla frequenza, la rosa dei venti sottostante mostra come le direzioni principali ricadano nel primo quadrante, con percentuali maggiori registrate in direzione N ed NNE.

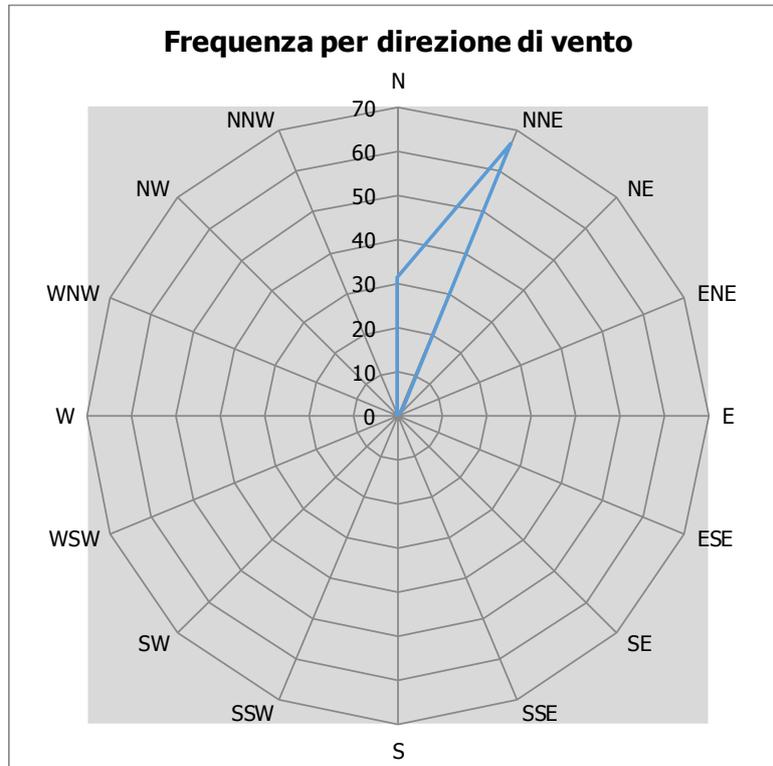


Figura 2-27 Frequenza per direzione di vento fonte: elaborazione dati Aeronautica Militare

#### 2.2.4 Visibilità

Per quanto riguarda il parametro della frequenza della visibilità si nota come per il 2% delle ore registrate la visibilità sia superiore a 8000 mentre per il 78% delle registrazioni è inferiore. Nel dettaglio si registra un 20% delle ore con una visibilità inferiore ai 5000 m.

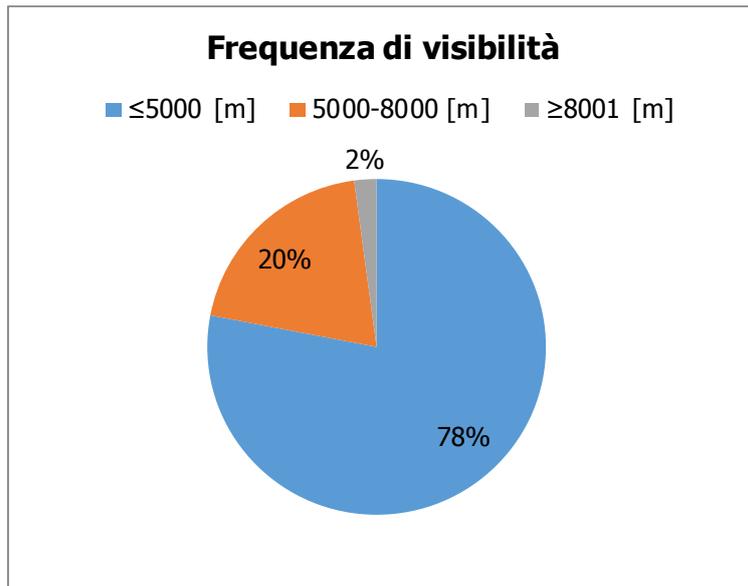


Figura 2-28 Frequenza visibilità fonte: elaborazione dati Aeronautica Militare

## 2.3 Il confronto tra il dato storico e l'anno di riferimento delle simulazioni

### 2.3.1 Parametri di confronto

Il dato meteorologico utilizzato per le simulazione parte dalle rilevazioni effettuate dall'Aeronautica Militare per l'intero anno di riferimento 2019. Tuttavia, al fine di validare la parte relativa alla meteorologia delle simulazioni, appare opportuno verificare la bontà del dato assunto in relazione al dato storico analizzato.

Quello che si intende valutare nel presente paragrafo è la significatività del dato rispetto alle condizioni meteorologiche che generalmente si verificano nell'area di interesse.

Con tale verifica sarà quindi evidenziato come il dato di riferimento sia conforme al dato storico, non rappresentando così un "outliers" rispetto alla meteo media storica analizzata nell'area in esame. In questo paragrafo, per brevità di trattazione, si prenderanno in considerazione i parametri principali influenzanti le simulazioni modellistiche citate. Saranno considerati, pertanto, il regime termico ed il regime anemometrico.

### 2.3.2 Regime Termico

Per quanto riguarda il Regime Termico il confronto è stato effettuato *in primis* tra le temperature medie mensili (cfr. Figura 2-29).

Tale grafico mostra un trend simile tra i due periodi di riferimento con temperature mediamente più alte del dato attuale rispetto allo storico.

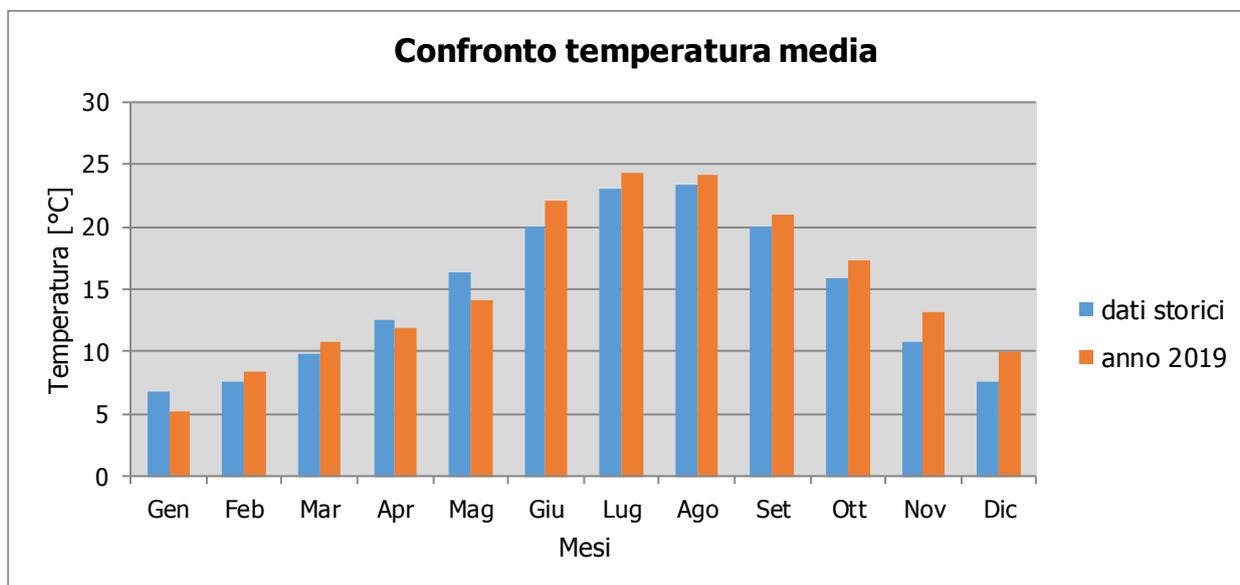


Figura 2-29 Confronto temperatura media fonte: elaborazione dati Aeronautica Militare

Anche nel confronto della temperatura massima media e minima media (cfr. Figura 2-30 e Figura 2-31) tra le tre decadi precedentemente studiate e l'anno di riferimento, non si registrano evidenti differenze tra i valori di tali temperature. In generale, è possibile notare dal grafico, che per la temperatura massima media si registra un incremento dei valori di temperatura nell'anno di riferimento.

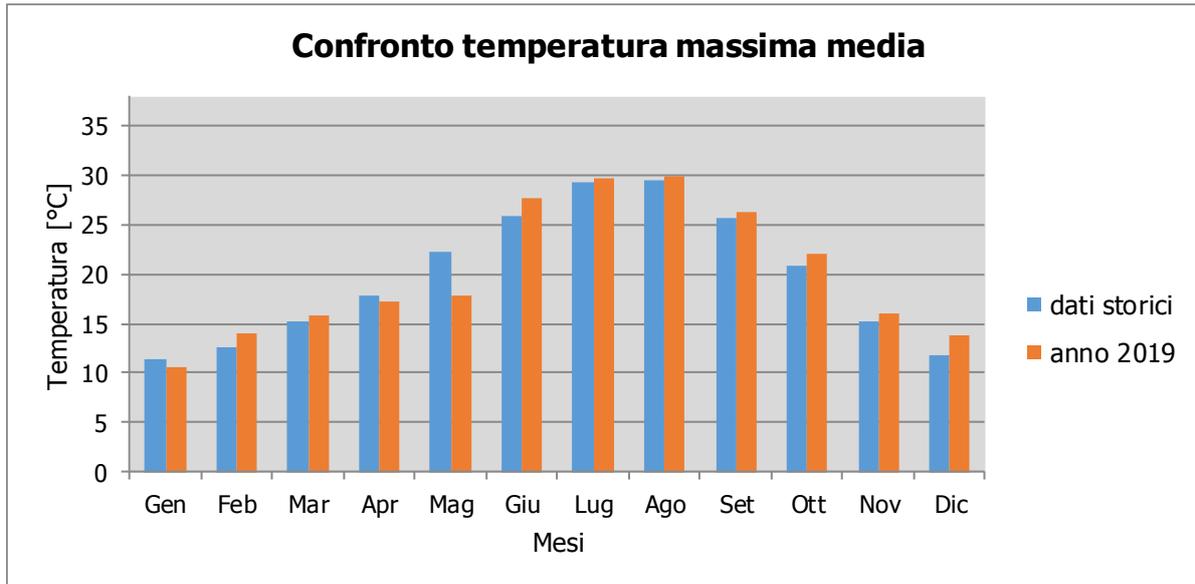


Figura 2-30 Confronto temperatura massima media fonte: elaborazione dati Aeronautica Militare

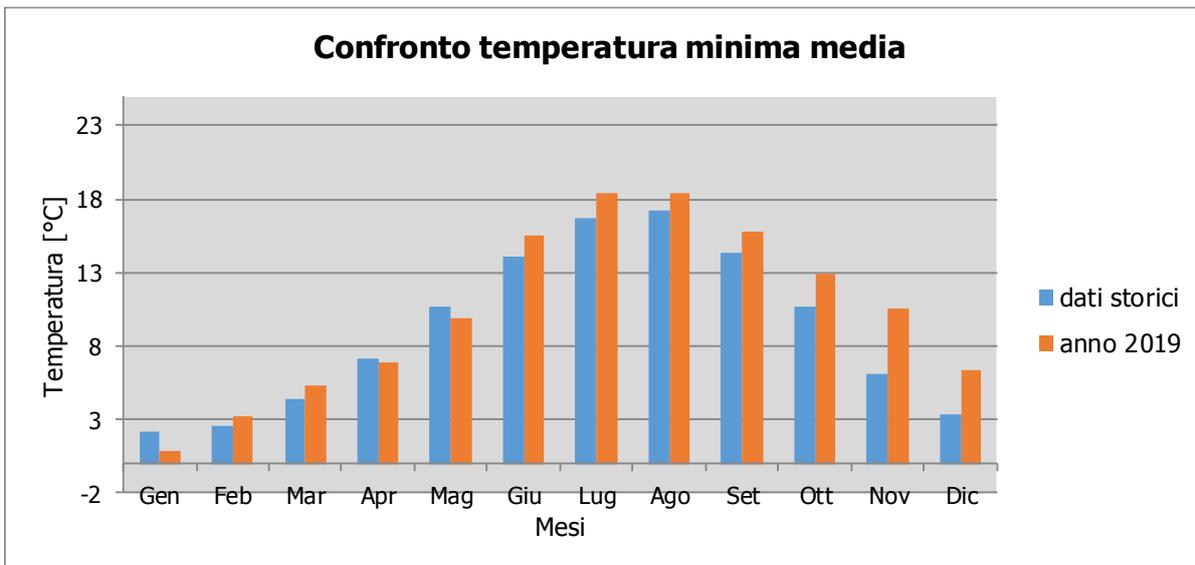


Figura 2-31 Confronto temperatura minima media fonte: elaborazione dati Aeronautica Militare

In generale quanto è possibile affermare è che per quanto riguarda il regime termico si ritengono accettabili le differenze registrate.

### 2.3.3 Regime anemometrico

Di seguito si riporta il confronto del regime anemometrico in termini di direzione dei venti ed in termini di intensità.

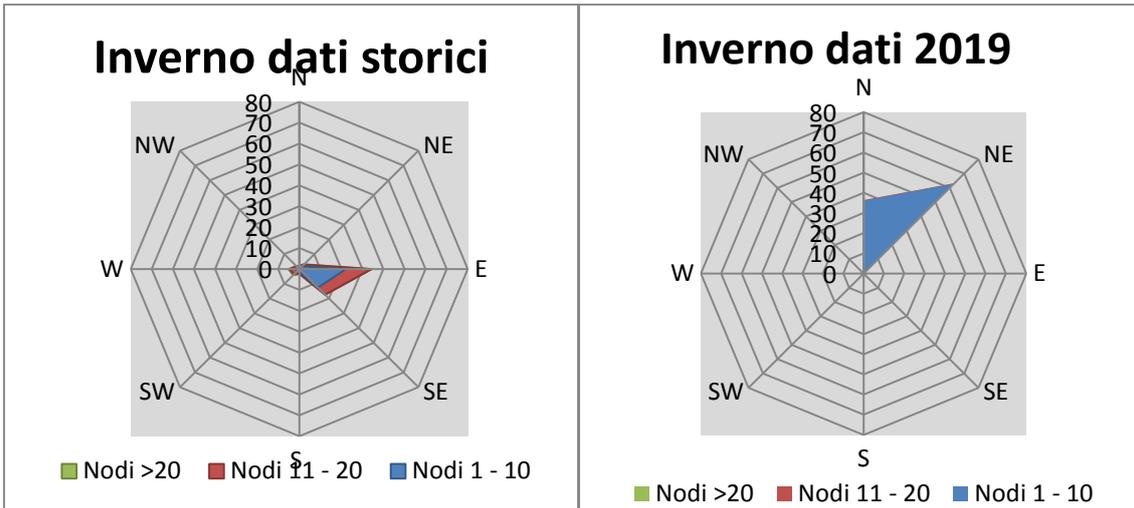


Figura 2-32 Raffronto anemometrico dato storico – dato 2019 periodo invernale

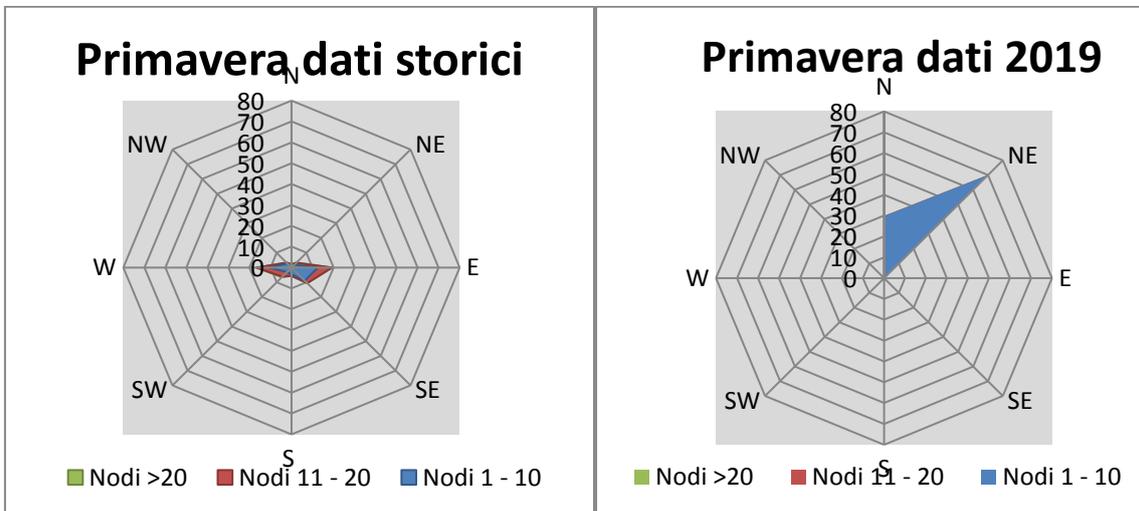


Figura 2-33 Raffronto anemometrico dato storico – dato 2019 periodo primaverile

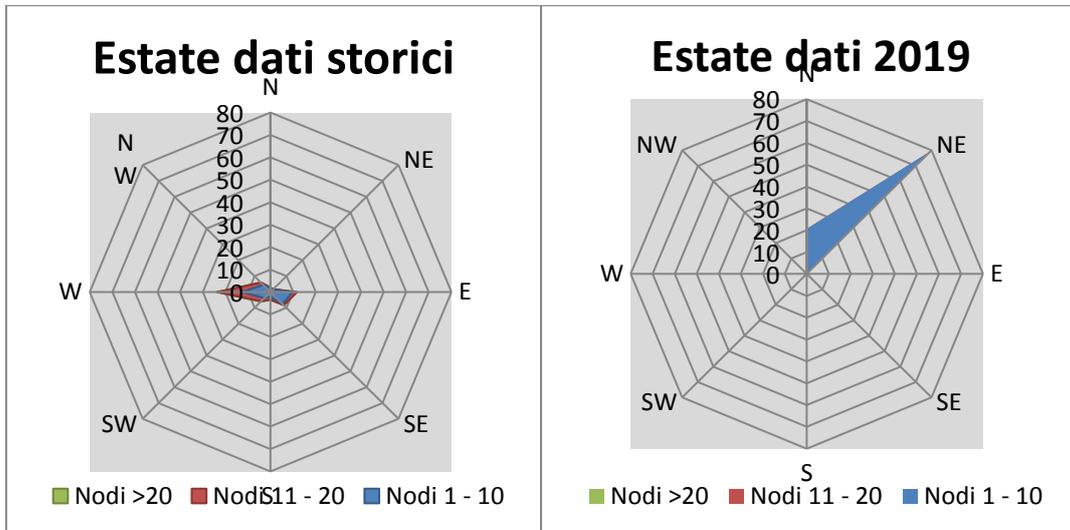


Figura 2-34 Raffronto anemometrico dato storico – dato 2019 periodo estivo

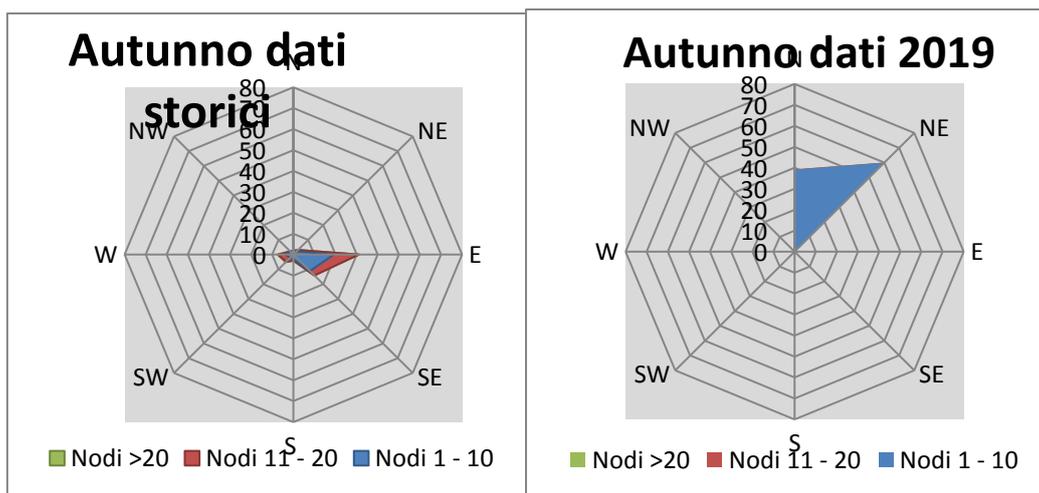


Figura 2-35 Raffronto anemometrico dato storico – dato 2019 periodo autunnale

Occorre specificare come le differenze che si possono registrare nei grafici possono essere dovute ad un diverso intervallo di mediazione dei dati. Il dato storico è infatti mediato sulle quattro ore mentre il dato 2019 è rilevato su tutte le ore della giornata.

### 2.3.4 Conclusioni

In virtù di quanto esposto nei paragrafi precedenti, prendendo a riferimento i parametri meteorologici principali influenzanti le modellazioni diffusionali è possibile evidenziare una corrispondenza del dato attuale al dato storico e pertanto considerare attendibile tale intervallo di analisi.

### 3 Analisi delle emissioni

Per quanto riguarda le emissioni si è fatto riferimento all'Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissioni in atmosfera (IRSE). L'inventario è una raccolta ordinata dei quantitativi di inquinanti emessi da tutte le sorgenti presenti nel territorio regionale, sia industriali che civili e naturali.

Le sorgenti emissive incluse nell'Inventario sono classificate secondo la nomenclatura standard europea denominata SNAP '97 (Selected Nomenclature for Air Pollution) che, come livello di aggregazione più ampio, le divide in 11 macrosettori. All'interno dell'inventario vengono distinte tre diverse tipologie di emissioni:

- **Emissioni da sorgente di tipo diffuso:** sono emissioni non localizzabili, ma distribuite sul territorio (per questo sono anche chiamate emissioni areali)
- **Emissioni da sorgente di tipo puntuale:** sono emissioni da sorgenti localizzabili geograficamente con precisione che emettono quantità di inquinanti superiori a determinate soglie. Le informazioni relative a tali tipi di sorgente vengono solitamente raccolte tramite apposite schede compilate dai gestori degli impianti
- **Emissioni da sorgente di tipo lineare:** sono emissioni derivanti da sorgenti assimilabili a linee come, ad esempio, le strade e le linee ferroviarie.

L'Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissioni in atmosfera della Toscana è realizzato secondo gli standard indicati a livello nazionale dall'Istituto Superiore per la Prevenzione e Ricerca Ambientale (ISPRA) nonché seguendo le metodologie adottate a livello europeo (EMEP/EEA).

L'ultimo rapporto aggiornato per la Toscana fa riferimento all'anno 2010.

	CH <sub>4</sub> (mg)	CO (mg)	CO <sub>2</sub> (mg)	COVNM (mg)	H <sub>2</sub> S (mg)	N <sub>2</sub> O (mg)	NH <sub>3</sub> (mg)	NO <sub>x</sub> (mg)	PM10 (mg)	PM2.5 (mg)	SO <sub>x</sub> (mg)
Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	311	1.361	6397240	186	0,0	76	19	3.721	169	142	4.786
Impianti di combustione non industriali	21591	92862	710897	12.467	0,0	258	1.668	4.713	16797	16392	549
Impianti di combustione industriale e processi con combustione	595	3.874	3792900	230	0,0	62	32	7.573	108	101	1.398

	CH <sub>4</sub> (mg)	CO (mg)	CO <sub>2</sub> (mg)	COVNM (mg)	H <sub>2</sub> S (mg)	N <sub>2</sub> O (mg)	NH <sub>3</sub> (mg)	NO <sub>x</sub> (mg)	PM10 (mg)	PM2.5 (mg)	SO <sub>x</sub> (mg)
Processi Produttivi	1.613	15732	3082038	4.060	0,5	0,0	23	236	2.041	517	1.663
Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	14595	0,0	1827232	2.196	10383	0,0	10019	0,0	0,0	0,0	0,0
Uso di solventi	0,0	0,0	0,0	59.296	38	0,0	2,3	0,0	47	43,9	0,0
Trasporti stradali	1.327	97964	7771479	23.0367	0,0	604	417	38715	3.139	2.664	49,4
Altre sorgenti mobili e macchine	50	2.589	736872	864	0,0	195	1,2	11022	387	385	526
Trattamento e smaltimento rifiuti	95162	72	432413	879	0,0	128	752	527	2,6	2,6	380
Agricoltura	13613	1,5	0,0	1.938	0,0	1.921	6.811	0,1	1.118	128	0,0
Altre sorgenti/Natura	458	381	5.587	11.300	0,0	7,4	5,0	10,7	46,3	46,3	3,6
Totale	149314	214836	311547355	116.455	10421	3.250	19749	66519	23857	20422	9.356

Tabella 3-1: Valori di Emissioni per Settore (fonte: Inventario Regionale sulle Sorgenti di Emissione in aria ambiente IRSE - 2010)

	CH <sub>4</sub> (mg)	CO (mg)	CO <sub>2</sub> (mg)	COVNM (mg)	H <sub>2</sub> S (mg)	N <sub>2</sub> O (mg)	NH <sub>3</sub> (mg)	NO <sub>x</sub> (mg)	PM10 (mg)	PM2.5 (mg)	SO <sub>x</sub> (mg)
Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0	1	21	0	0	2	0	6	1	1	51
Impianti di combustione non industriali	14	43	23	11	0	8	8	7	70	80	6
Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0	2	12	0	0	2	0	11	0	0	15
Processi Produttivi	1	7	10	3	100	0	0	0	9	3	18
Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	10	0	6	2	0	0	51	0	0	0	0
Uso di solventi	0	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0
Trasporti stradali	1	46	25	20	0	19	2	58	13	13	1
Altre sorgenti mobili e macchine	0	1	2	1	0	6	0	17	2	2	6
Trattamento e smaltimento rifiuti	64	0	1	1	0	4	4	1	0	0	4

	CH <sub>4</sub> (mg)	CO (mg)	CO <sub>2</sub> (mg)	COVNM (mg)	H <sub>2</sub> S (mg)	N <sub>2</sub> O (mg)	NH <sub>3</sub> (mg)	NO <sub>x</sub> (mg)	PM10 (mg)	PM2.5 (mg)	SO <sub>x</sub> (mg)
Agricoltura	9	0	0	2	0	59	34	0	5	1	0
Altre sorgenti/Natura	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 3-2: Valori percentuali di Emissioni per Settore (fonte: Elaborazione dati Inventario Regionale sulle Sorgenti di Emissione in aria ambiente IRSE – 2010)

Le stime indicano il riscaldamento domestico a biomassa e il trasporto su strada come le fonti principali di emissioni legate all'inquinamento diretto da polveri. Alle emissioni di NO<sub>x</sub>, che sono importanti precursori della formazione di particolato e di ozono, contribuiscono il trasporto su strada per il 58%, le altre sorgenti mobili, la combustione nell'industria, il riscaldamento, e la produzione di energia.

Il principale contributo (53%) alle emissioni di NH<sub>3</sub>, anch'esso precursore di particolato secondario, deriva dalle pratiche di estrazione e distribuzione dei combustibili fossili ed energia geotermica. L'utilizzo di solventi nel settore industriale e civile risulta il principale contributo antropogenico alle emissioni di composti organici volatili (COVNM) precursori, assieme agli ossidi di azoto, di particolato secondario e ozono.

È però la produzione di COVNM di origine biogenica, da specie agricole e vegetazione, la fonte che contribuisce maggiormente alle emissioni di questo inquinante. La combustione nell'industria e i processi produttivi risultano la fonte più rilevante di SO<sub>2</sub>, importante precursore della formazione di particolato secondario, anche a basse concentrazioni. Il CO è emesso dai trasporti su strada per il 46% e dalla combustione domestica per il 43%.

Il settore di riferimento per l'oggetto del presente studio ricade nel macro-settore Combustione industria dell'energia e trasformazione fonti energetiche.

Tale macro-settore risulta di interesse limitatamente a pochi inquinanti, e comunque con un contributo emissivo di molto inferiore rispetto ad altre sorgenti maggiori sopracitate, come si può meglio vedere anche dalla rappresentazione grafica della figura che segue (oltre che dalla tabella precedente), che si riferisce ai due inquinanti significativi per l'opera in esame, ovvero CO e NO<sub>x</sub>: infatti, il contributo maggiore per tali inquinanti è pari solo al 6% per gli NO<sub>x</sub>, valore quindi molto basso rispetto ai restanti macro-settori.

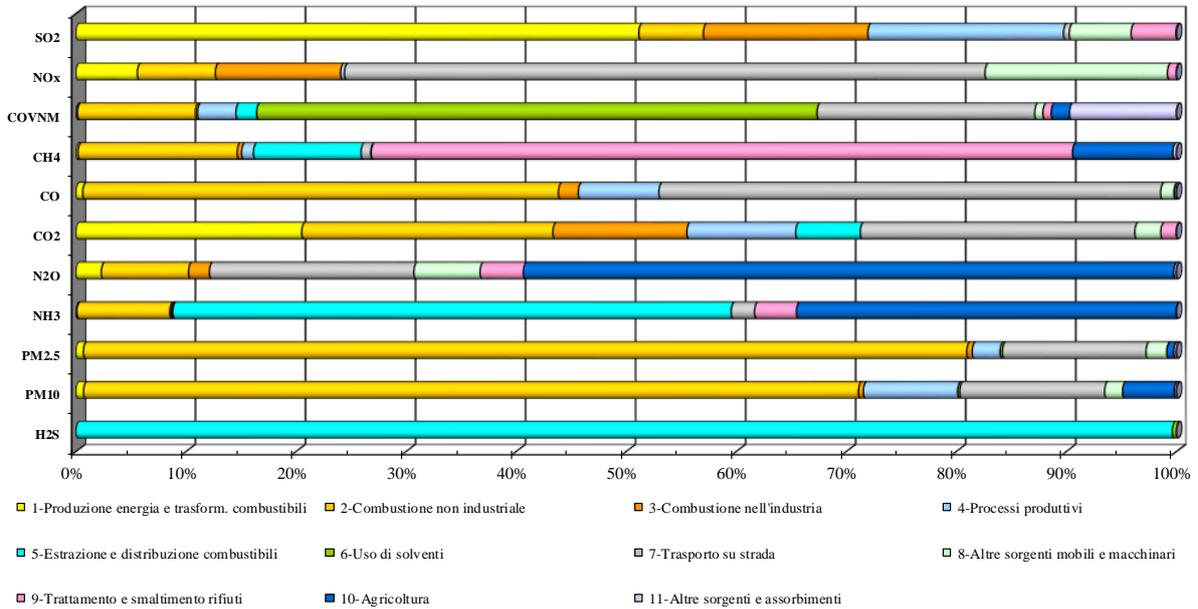


Figura 3-1: Ripartizione percentuale delle emissioni dei principali inquinanti nei diversi macrosettori (fonte: Elaborazione dati Inventario Regionale sulle Sorgenti di Emissione in aria ambiente IRSE – 2010)

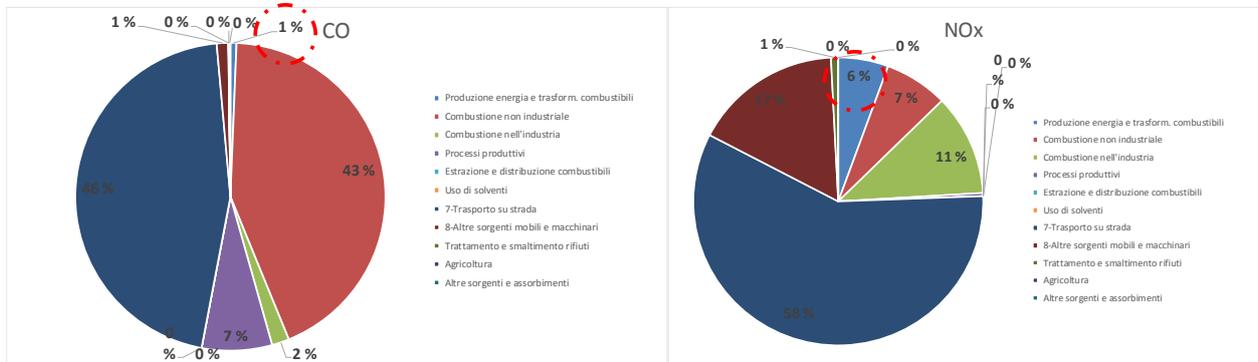


Figura 3-2: Peso del Macro-Settore d'interesse in relazione agli inquinanti significativi (fonte: Elaborazione dati Inventario Regionale sulle Sorgenti di Emissione in aria ambiente IRSE – 2010)

## 4 Analisi della qualità dell'aria

### 4.1 La normativa di riferimento

#### 4.1.1 Il quadro normativo europeo

L'Unione Europea ha emanato una serie di direttive al fine di controllare il livello di alcuni inquinanti in aria. In particolare:

- Direttiva 96/62/CE relativa alla “valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente”; stabilisce il contesto entro il quale effettuare la valutazione e la gestione della qualità dell'aria secondo criteri armonizzati in tutti i paesi dell'unione europea (direttiva quadro), demandando poi a direttive “figlie” la definizione dei parametri tecnico-operativi specifici per gruppi di inquinanti;
- Direttiva 99/30/CE relativa ai “valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo”, stabilisce i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo (prima direttiva figlia);
- Direttiva 00/69/CE relativa ai “valori limite di qualità dell'aria ambiente per benzene ed il monossido di carbonio”, stabilisce i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio (seconda direttiva figlia);
- Direttiva 02/03/CE relativa all’“ozono nell'aria” (terza direttiva figlia);
- Direttiva 2001/81/CE relativa ai limiti massimi per le emissioni annue degli Stati membri di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>), composti organici volatili non metanici (COV) e ammoniaca (NH<sub>3</sub>);
- Direttiva 04/107/CE relativa all’“arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici in aria” che fissa il valore obiettivo per la concentrazione nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici;
- Direttiva 08/50/CE 107/CE relativa alla “qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”. Ha abrogato tutte le direttive sopra citate tranne la 2004/107/CE ribadendone, di fatto, i contenuti ed aggiungendo il PM2.5 tra gli inquinanti da monitorare.

Direttiva Europea UE 2016/2284 pubblicata sulla GU.U.E. del 17/12/2016 ed entrata in vigore il 31.12.2016. La cosiddetta “NEC” stabilisce i nuovi obiettivi strategici per il periodo fino al 2030, con l'intento di progredire verso l'obiettivo di miglioramento di lungo termine dell'Unione attraverso l'indicazione di percentuali di riduzione delle emissioni nazionali dal 2020 al 2029 e poi a partire dal 2030

#### 4.1.2 Il quadro normativo nazionale

- L'emanazione dei diversi decreti di recepimento delle direttive europee ha contribuito a razionalizzare il quadro di riferimento e a qualificare gli strumenti di controllo e pianificazione del territorio. I principali riferimenti sono:
- Il D. Lgs. 351 del 4 agosto 1999 recepisce la direttiva 96/62/CE e costituisce quindi il riferimento “quadro” per l'attuale legislazione italiana;

- Il D.M. 60 del 2 aprile 2002 è la norma che recepisce la prima e la seconda direttiva figlia; definisce, infatti, per gli inquinanti di cui al gruppo I del D.Lgs. 351/1999 con l'aggiunta di benzene e monossido di carbonio (CO); i valori limite e le soglie di allarme, il margine di tolleranza, il termine entro il quale il limite deve essere raggiunto, i criteri per la raccolta dei dati di qualità dell'aria compreso il numero di punti di campionamento, i metodi di riferimento per le modalità di prelievo e di analisi;
- Il D.M. 261 del 1° ottobre 2002 individua le modalità di valutazione preliminare della qualità dell'aria lì dove mancano i dati e i criteri per l'elaborazione di piani e programmi per il raggiungimento dei limiti previsti nei tempi indicati dal D.M. 60/2002;
- Il D. Lgs. 183 del 21 maggio 2004, recepisce la direttiva europea 02/03/CE riguardante l'ozono in atmosfera (terza direttiva figlia), in particolare indica "valori bersaglio" da raggiungere entro il 2010, demanda a Regioni e Province autonome la definizione di zone e agglomerati in cui la concentrazione di ozono superi il valore bersaglio; per tali zone dovranno essere adottati piani e programmi per il raggiungimento dei valori bersaglio. Piani e programmi dovranno essere redatti sulla base delle indicazioni del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. La normativa riporta anche valori a lungo termine (al disotto dei quali non ci si attende alcun effetto sulla salute), soglie di informazione (valori al di sopra dei quali possono esserci rischi per gruppi sensibili) e soglie di allarme (concentrazioni che possono determinare effetti anche per esposizioni a breve termine);
- Il D. Lgs. 171 del 21 maggio 2004, recepisce la direttiva europea 2001/81/CE, riguardante i limiti massimi per le emissioni annue degli Stati membri, individua gli strumenti per assicurare che le emissioni nazionali annue per il biossido di zolfo, per gli ossidi di azoto, per i composti volatili e per l'ammoniaca, rispettino entro il 2010 e negli anni successivi i limiti nazionali di emissione;
- Il D.Lgs. 152/2007 (che recepisce la direttiva 2004/107/CE) è l'ultima norma figlia emanata e si riferisce ad un gruppo di inquinanti (l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), per cui non è ancora possibile una misura in continuo e che si trovano prevalentemente all'interno del particolato sottile. Anche in questo caso vengono stabiliti i limiti di qualità dell'aria, le modalità di misura e le informazioni da fornire al pubblico.

L'insieme di tutte queste norme costituisce la base normativa su cui si fonda il controllo e la gestione attuale della qualità dell'aria.

Il D.lgs. 155/2010, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", recepisce la Direttiva 2008/50/CE 107/CE. Quest'unica norma sostituisce sia la legge quadro (D.Lgs. 351/99) sia i decreti attuativi (che fornivano modalità di misura, indicazioni sul numero e sulla collocazione delle postazioni di monitoraggio, limiti e valori di riferimento per i diversi inquinanti) ribadendo i fondamenti del controllo dell'inquinamento atmosferico e i criteri di monitoraggio e introducendo, in base alle nuove evidenze epidemiologiche, tra gli inquinanti da monitorare anche il PM2.5, ormai ben noto per la sua pericolosità.

Oltre a fornire una metodologia di riferimento per la caratterizzazione delle zone (zonizzazione), definisce i valori di riferimento che permettono una valutazione della qualità dell'aria, su base

annuale, in relazione alle concentrazioni dei diversi inquinanti. Nella tabella seguente vengono riportati il riepilogo degli adeguamenti normativi stabiliti dal D.Lgs. 155/2010.

Inquinante	Indicatore Normativo	Periodo di mediazione	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° sup. consentiti	Data risp. limite
Biossido di Zolfo SO <sub>2</sub>	Valore limite protezione salute umana	1 ora	350 µg/m <sup>3</sup>	-	24	in vigore dal 1° gennaio 2005
	Valore limite protezione salute umana	24 ore	125 µg/m <sup>3</sup>	-	3	in vigore dal 1° gennaio 2005
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	500 µg/m <sup>3</sup>	-	-	-
	Livelli critici per la vegetazione	anno civile e inverno	20 µg/m <sup>3</sup>	-	-	in vigore dal 19 luglio 2001
Biossido di azoto NO <sub>2</sub>	Valore limite protezione salute umana	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup>	-	18	in vigore dal 1° gennaio 2010
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	-	-	in vigore dal 1° gennaio 2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	400 µg/m <sup>3</sup>	-	-	-
Ossidi di azoto NO <sub>x</sub>	Livelli critici per la vegetazione	anno civile	30 µg/m <sup>3</sup>	-	-	in vigore dal 19 luglio 2001
Particolato PM <sub>10</sub>	Valore limite protezione salute umana	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup>	-	35	in vigore dal 1° gennaio 2005
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	-	-	in vigore dal 1° gennaio 2005
Particolato fine PM <sub>2.5</sub>	Valore limite protezione salute umana	anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>	-	-	in vigore dal 1° gennaio 2015
Piombo	Valore limite protezione salute umana	anno civile	0,5 µg/m <sup>3</sup>			

Inquinante	Indicatore Normativo	Periodo di mediazione	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° sup. consentiti	Data risp. limite
Benzene	Valore limite protezione salute umana	anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	-	-	1° gennaio 2010
Monossido di carbonio	Valore limite protezione salute umana	massima media su 8h consecutive	10 mg/m <sup>3</sup>	-	-	in vigore dal 1° gennaio 2015
Arsenico	Valore obiettivo	anno civile	6 ng/m <sup>3</sup>	-	-	-
Cadmio	Valore obiettivo	anno civile	5 ng/m <sup>3</sup>	-	-	-
Nichel	Valore obiettivo	anno civile	20 ng/m <sup>3</sup>	-	-	-
Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	anno civile	1 ng/m <sup>3</sup>	-	-	-

Tabella 4-1: Valori limite, livelli critici, valori obiettivo, soglie di allarme per la protezione della salute umana per inquinanti diversi dall'ozono fonte: Allegati XI e XIII D.Lgs. 155/2010

## 4.2 La pianificazione e programmazione sulla qualità dell'aria

Il 20 novembre 2017 con la proposta di deliberazione al Consiglio regionale n. 14, la Giunta regionale ha inviato al Consiglio regionale la proposta di Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA) per la sua approvazione definitiva.

Il 18 Luglio 2018 con delibera consiliare n. 72/2018, il Consiglio regionale della Toscana ha approvato il Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA).

Il Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA), previsto dalla L.R.9/2010, è l'atto di governo del territorio attraverso cui la Regione Toscana persegue in attuazione del Programma regionale di sviluppo 2016-2020 (PRS) e in coerenza con il Piano ambientale ed energetico regionale (PAER) il progressivo e costante miglioramento della qualità dell'aria ambiente, allo scopo di preservare la risorsa aria.

Anche se l'arco temporale del piano, in coerenza con il PRS, è il 2016-2020, molti delle azioni e prescrizioni contenuti hanno valenza anche oltre l'orizzonte temporale sopracitato.

Sulla base del quadro conoscitivo dei livelli di qualità dell'aria e delle sorgenti di emissione, il PRQA interviene prioritariamente con azioni finalizzate alla riduzione delle emissioni di materiale particolato fine PM10 (componente primaria e precursori) e di ossidi di azoto (NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>), che costituiscono elementi di parziale criticità nel raggiungimento degli obiettivi di qualità imposti dall'Unione Europea con la Direttiva 2008/50/CE e dal D. Lgs. 155/2010. Il PRQA fornisce, quindi, il quadro conoscitivo in materia di emissioni di sostanze climalteranti e, in accordo alla strategia definita dal PAER, contribuisce alla loro mitigazione grazie agli effetti che la riduzione delle sostanze inquinanti produce.

Gli obiettivi principali del Piano in oggetto sono di seguito riportati.

- a) portare a zero entro il 2020 la percentuale di popolazione esposta a livelli di inquinamento atmosferico superiori ai valori limite: è l'obiettivo principale che potrà essere raggiunto a valle di azioni coordinate con gli altri settori regionali e con i comuni al fine di fornire a tutti un'educazione ambientale. Si ha la necessità, quindi, di ridurre le emissioni in atmosfera in considerazione degli attuali superamenti dei limiti normativi per alcune sostanze più critiche (particolato fine - PM10, PM2.5 - e gli ossidi di azoto - NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>);
- b) ridurre la percentuale di popolazione esposta a livelli di inquinamento superiori al valore obiettivo per l'ozono: la riduzione dell'ozono rappresenta un fenomeno complesso in quanto, essendo un inquinante secondario che si genera da reazioni tra altre sostanze, è difficoltoso individuare misure utili al controllo dei livelli di concentrazione dello stesso. Per queste ragioni si dovrà agire sui precursori dell'ozono, che sono anche i precursori del PM10. Pertanto, le azioni di riduzione delle emissioni previste per l'obiettivo precedente valgono anche per il contenimento dell'ozono;
- c) mantenere una buona qualità dell'aria nelle zone e negli agglomerati in cui i livelli degli inquinamenti siano stabilmente al di sotto dei valori limite: in tali aree territoriali in cui i livelli di qualità dell'aria sono buoni, o comunque risultano essere al di sotto dei limiti normativi, si prevede l'adozione, da parte della regione, di misure atte a preservare la qualità dell'aria, coerentemente a quanto indicato dall'art. 9 comma 3 del D. Lgs. 155/2010;
- d) aggiornare e migliorare il quadro conoscitivo e diffusione delle informazioni: il continuo aggiornamento del sistema di monitoraggio della qualità dell'aria, già ottimizzato grazie alla nuova rete di rilevamento adottata con la DGR 959/2015, riveste un ruolo fondamentale per l'attuazione del PRQA e per la verifica degli effetti delle azioni previste.

Uno tra gli elementi principali del Piano è l'aggiornamento del quadro conoscitivo della qualità dell'aria nella Regione Toscana. L'analisi delle caratteristiche orografiche, paesaggistiche e climatiche e delle caratteristiche legate alle pressioni esercitate sul territorio come demografia, uso del suolo ed emissioni in atmosfera ha portato alla classificazione del territorio regionale in zone ed agglomerati.

La zonizzazione, adottata con delibera di Giunta regionale n. 964 del 12 ottobre 2015, definisce le unità territoriali sulle quali viene eseguita la valutazione della qualità dell'aria ed alle quali si applicano le misure gestionali.

Nell'allegato A "Progetto Zonizzazione e Classificazione del territorio regionale ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente" è possibile individuare l'attività di zonizzazione del territorio regionale, relativamente alle zone individuate ai fini del risanamento definite come aggregazione di comuni con caratteristiche il più possibile omogenee, ha portato alla definizione di sei differenti zone:

- Agglomerato di Firenze;

- Zona Prato Pistoia (IT0907);
- Zona costiera – isole (IT0908);
- Valdarno pisano e Piana lucchese (IT0909);
- Zona Valdarno aretino e Val di Chiana (IT0910);
- Zona collinare montana (IT0911).

Nelle seguenti figure è illustrata la classificazione delle zone effettuata secondo i criteri stabiliti dal D.Lgs. 155/2010: per la zonizzazione del territorio relativa agli inquinanti indicati all'allegato V del Decreto è mostrata nella Figura 4-1 mentre in Figura 4-2 viene riportata la zonizzazione relativa all'ozono (All. VII e IX del Dlgs. 155/2010) ed è stata definita con la DGRT 1125/2010.

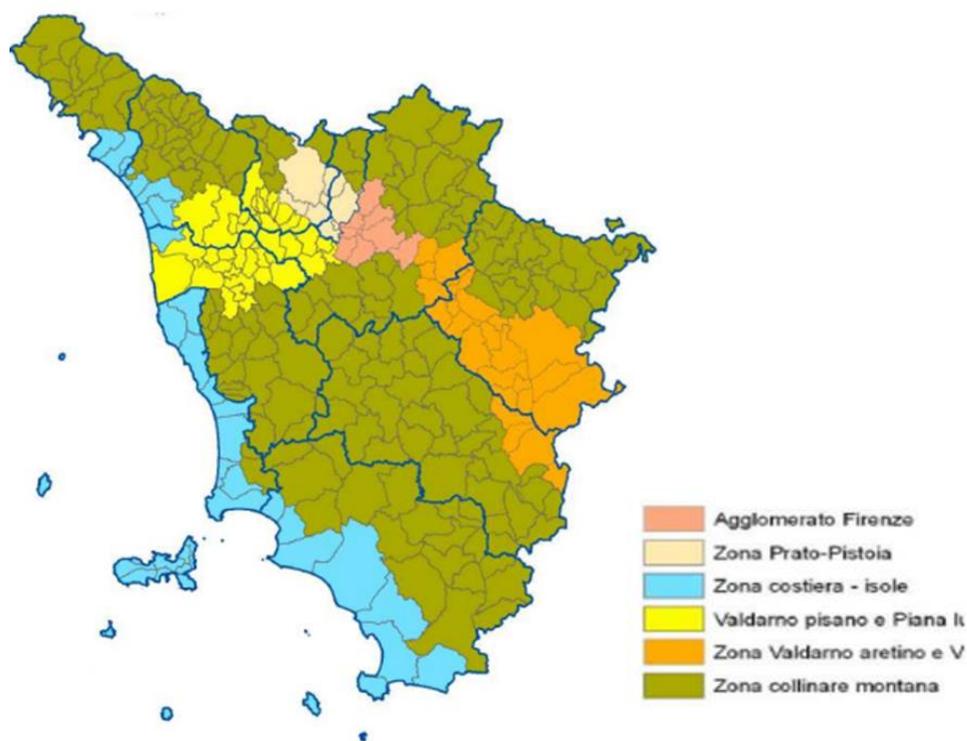


Figura 4-1 Zonizzazione territoriale relativa agli inquinanti. Fonte: Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA)

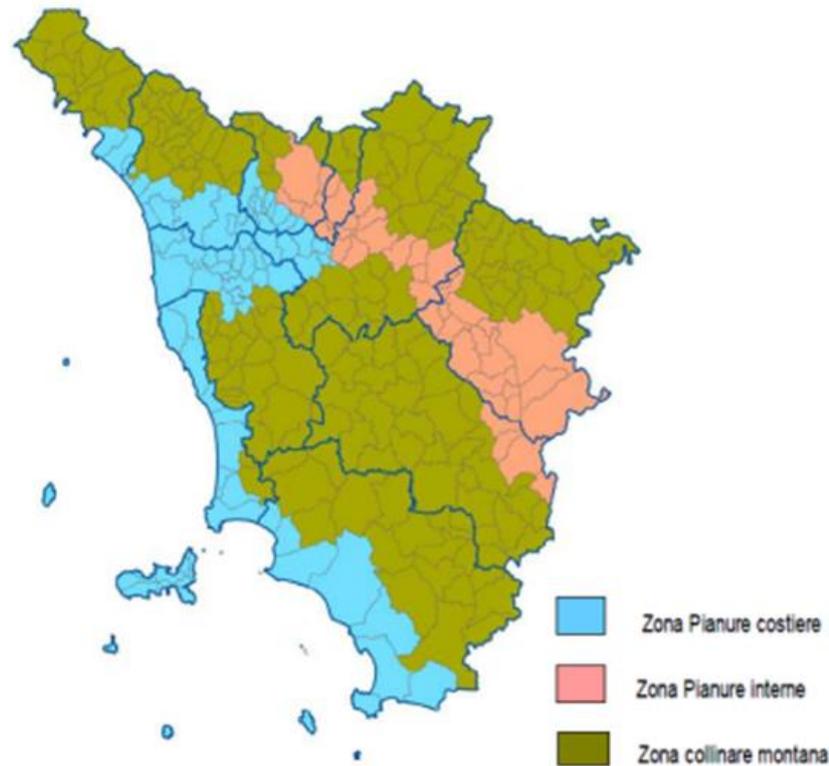


Figura 4-2 Zonizzazione territoriale relativa all'ozono. Fonte: Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA)

A seguito delle modifiche introdotte dalla DGR 964/2015 “Nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale, nuova struttura della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria e adozione del programma di valutazione ai sensi della L.R. n. 9/2010 e del D.Lgs. n. 155/2010”, è stato affinato il sistema regionale di rilevazione della qualità dell'aria. Sulla base della valutazione della qualità dell'aria effettuata nelle zone e negli agglomerati in cui è stato suddiviso il territorio, mediante le informazioni acquisite dalla rete regionale di rilevamento, dall'Inventario delle emissioni e delle applicazioni modellistiche predisposte dal Consorzio LaMMA e da ARPAT sono state individuate le aree in cui si superano i valori limite di qualità dell'aria (DGR 1182/2015). In particolare, con la DGR 1182/2015 “Nuova identificazione delle aree di superamento dei Comuni soggetti all'elaborazione ed approvazione dei PAC e delle situazioni a rischio di superamento ai sensi della L.R. 9/2010 - Revoca DGR 1025/2010, DGR 22/2011” sono state quindi individuate le aree di superamento, cioè “porzione del territorio regionale toscano comprendente parte del territorio di uno o più comuni anche non contigui, rappresentata da una stazione di misura della qualità dell'aria che ha registrato nell'ultimo quinquennio almeno un superamento del valore limite o del valore obiettivo di un inquinante”.

### 4.3 Analisi delle concentrazioni

#### 4.3.1 *La rete di monitoraggio della qualità dell'aria e la centralina di riferimento*

La struttura della Rete Regionale definita dall'allegato III della DGRT 1025/2010 è stata modificata negli anni fino alla struttura attualmente attiva riportata all'allegato C della Delibera n.964 del 12 ottobre 2015. Si deve considerare che la rete è in continua evoluzione e numerosi interventi sono stati attuati anche in seguito all'emanazione della DGRT 964/15 attraverso attività di adeguamento alla normativa sulla sicurezza, sostituzione e rimozione di apparati e strumentazione obsoleti e rilocalizzazione di alcune stazioni. In particolare, nei primi mesi del 2016 sono state inoltre attivate le stazioni di GR-Sonnino (UT), nel comune di Grosseto e la stazione di FI-Figline (UF), nel comune di Figline ed Incisa Val d'Arno completando la rosa delle 37 stazioni previste nella nuova Rete Regionale, che in base alla L.R.9/2010 è gestita da ARPAT. Il sistema di gestione della rete della qualità dell'aria è certificato secondo la norma UNI EN ISO 9001 dal 2009. La qualità dei dati rilevati viene assicurata anche garantendo il mantenimento degli standard di qualità richiesti dalla normativa relativi in particolare all'approvazione degli strumenti di campionamento e misura della qualità dell'aria (art. 17 del D.lgs 155/2010); a tale scopo, come previsto dalla L.R. 9/2010 art. 5 comma 4, la Regione si avvale del Centro regionale di Riferimento per il controllo e l'assicurazione di qualità dei dati (C.R.R.Q.A.) di ARPAT. Si riportano di seguito le mappe di localizzazione delle stazioni di monitoraggio e le tabelle della delibera Delibera n.964 del 12 ottobre 2015, relative all'attuale configurazione della Rete Regionale.

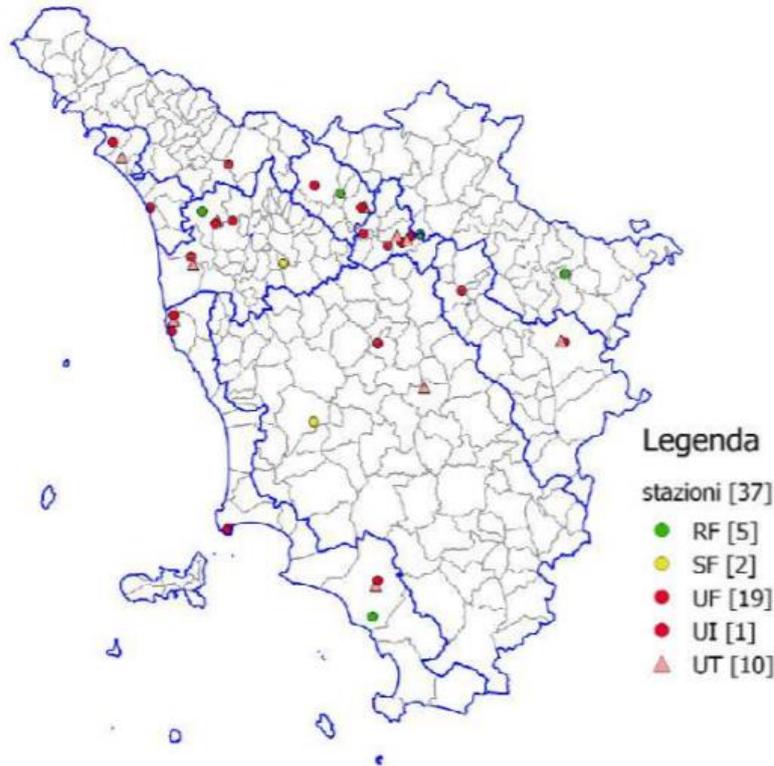


Figura 4-3 Postazioni di rilevamento degli inquinanti. Fonte: Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA)

Con specifico riferimento alla provincia di Livorno, che secondo la zonizzazione territoriale ricade nella Zona Costiera (IT0908), la rete di rilevamento è caratterizzata da 5 stazioni fisse di misura, di cui tre centraline appartenenti alla tipologia “fondo”, una alla tipologia “traffico” ed un'altra a quella “industriale”, come riporta la Tabella 4-2.

Zona	Nome Stazione	Tipo Zona	Tipo Stazione
IT0908 Zona Costiera	LI - Cappello	Urbana	Fondo
	LI - La Pira	Urbana	Fondo
	LI - Piombino – Parco VIII Marzo	Urbana	Fondo
	LI - Cotone	Suburbana	Industriale
	LI - Carducci	Urbana	Traffico

Tabella 4-2 Stazioni fisse di misura nella Provincia di Livorno (Fonte: Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA))

Relativamente all'area di studio, a valle di una prima analisi delle centraline presenti in prossimità dell'area di intervento, sono state scelte, come centraline di riferimento, quelle più vicine e/o significative in termini di tipologia. In particolare, sono state scelte due centraline, al fine di monitorare i seguenti inquinanti:

- Ossidi di Azoto NO<sub>x</sub>;
- Biossidi di Azoto NO<sub>2</sub>;
- Monossido di carbonio CO.

La prima centralina è rappresentata dalla stazione di Poggio San Rocco, localizzata in provincia di Livorno nel comune di Rosignano Marittimo, distante circa 3,3 chilometri dalla Centrale. Questa è classificata come centralina di "fondo urbana" ed è stata presa come riferimento nelle analisi modellistiche poiché ritenuta rappresentativa dell'area d'interesse. Tale centralina è stata considerata solamente per le analisi sugli ossidi e biossidi di azoto, in quanto non registra i valori di concentrazione per il monossido di carbonio.

Gli ultimi dati disponibili fanno riferimento all'anno 2018.

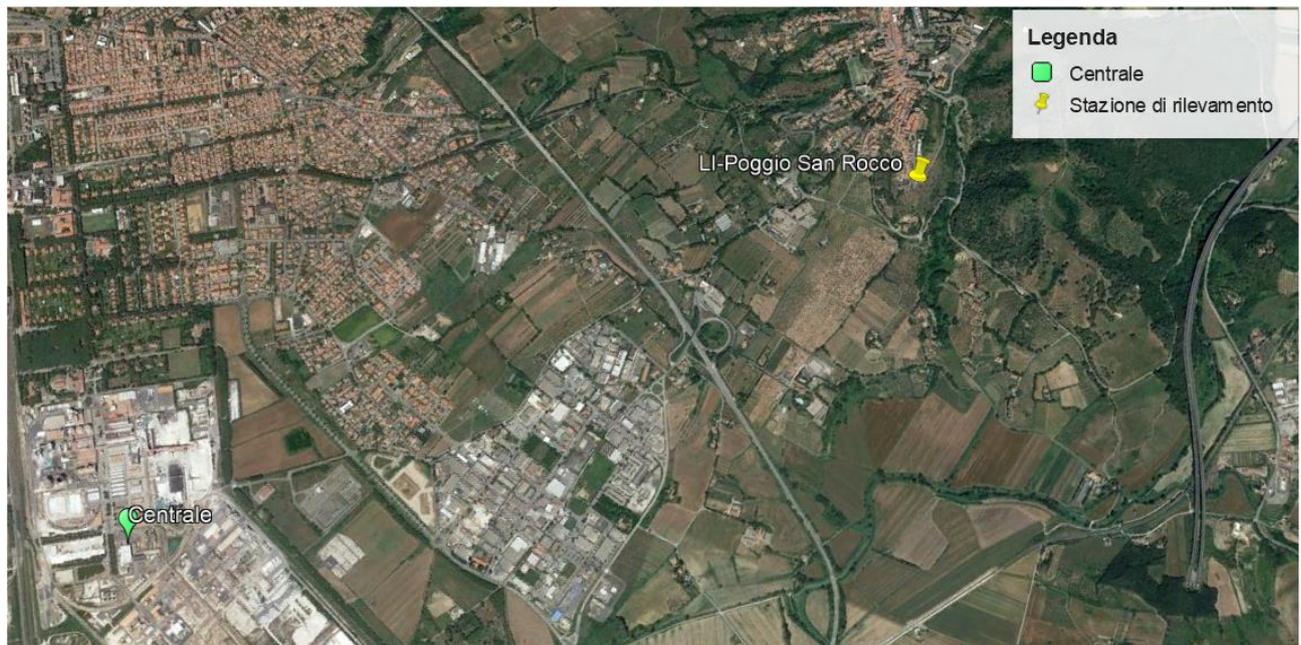


Figura 4-4 Centralina qualità dell'aria Poggio San Rocco (Fonte: ARPA Toscana)

Come riportato in Tabella 4-2 e da un'analisi delle centraline presenti su tutto il territorio regionale, risulta che il monitoraggio dell'inquinante "Monossido di carbonio" avviene solo nelle centraline di tipo Traffico-Urbana e in un caso nella centralina "Industriale-Suburbana". Si è ritenuto opportuno considerare quest'ultima centralina per l'analisi della CO, poiché ritenuta maggiormente rappresentativa dell'area di interesse.

Nello specifico la centralina è rappresentata dalla stazione di Cotone, localizzata in provincia di Livorno e specificatamente posta nel comune di Piombino in via Guido Rossa, distante circa 50 chilometri dalla centrale. Come già specificato, questa è classificata come centralina di tipo “Industriale Suburbana” ed è stata presa come riferimento nelle analisi della CO poiché ritenuta rappresentativa dell'area d'interesse, anche se distante dalla stessa. Anche in questo caso, gli ultimi dati disponibili fanno riferimento all'anno 2018.

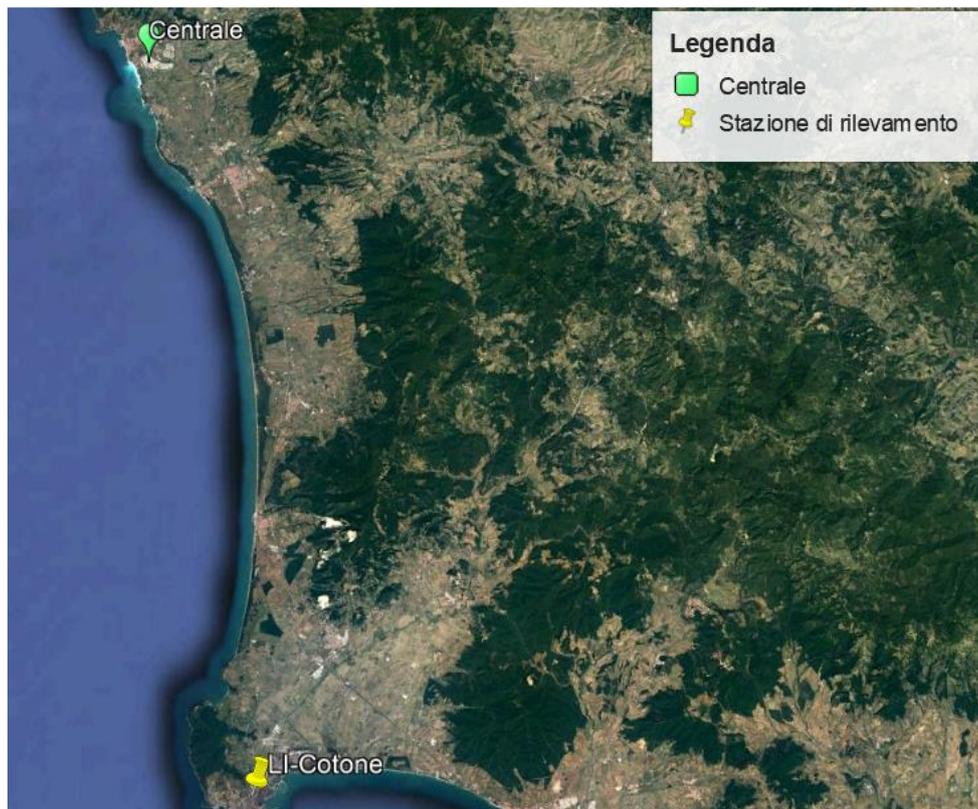


Figura 4-5 Centralina qualità dell'aria Cotone (Fonte: ARPA Toscana)

#### 4.3.2 Ossidi di azoto ( $NO_x - NO_2$ )

##### *Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente*

Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi di azoto, per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria si fa quasi esclusivamente riferimento al termine  $NO_x$  che sta ad indicare la somma pesata del monossido di azoto (NO) e del biossido di azoto ( $NO_2$ ).

Durante le combustioni l'azoto molecolare ( $N_2$ ) presente nell'aria, che brucia insieme al combustibile, si ossida a monossido di azoto (NO). Nell'ambiente esterno il monossido si ossida a biossido di azoto ( $NO_2$ ), che è quindi un inquinante secondario, poiché non viene emesso

direttamente. L'NO<sub>2</sub> è "ubiquitario" ciò significa che si ritrova in atmosfera un po' ovunque, con concentrazioni abbastanza costanti.

L'NO è un gas incolore, insapore ed inodore con una tossicità limitata, al contrario di quella del biossido di azoto che risulta invece notevole. L'NO<sub>2</sub> è un gas tossico di colore giallo - rosso, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante. Il ben noto colore giallognolo delle foschie che ricoprono le città ad elevato traffico è dovuto per l'appunto all'elevata presenza di questo gas. L'NO<sub>2</sub> svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di tutta una serie di inquinanti secondari molto pericolosi tra cui l'ozono, l'acido nitrico, l'acido nitroso e gli alchilnitriti. Da notare che gli NO<sub>x</sub> vengono per lo più emessi da sorgenti al suolo e sono solo parzialmente solubili in acqua, questo influenza notevolmente il trasporto e gli effetti a distanza.

L'azione sull'uomo dell'NO è relativamente bassa. A causa della rapida ossidazione a NO<sub>2</sub>, si fa spesso riferimento esclusivo solo a quest'ultimo inquinante, in quanto risulta molto più tossico del'NO.

L'NO<sub>2</sub> è un gas irritante per le mucose e può contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni polmonari, di bronchiti croniche, di asma e di enfisema polmonare. Lunghe esposizioni anche a basse concentrazioni provocano una drastica riduzione delle difese polmonari, con conseguente aumento di rischio di infezioni alle vie respiratorie soprattutto in soggetti bronchitici ed asmatici, negli anziani e nei bambini.

L'inquinamento da NO<sub>2</sub> ha un impatto sulla vegetazione di minore entità rispetto al biossido di zolfo. In alcuni casi, brevi periodi di esposizione a basse concentrazioni possono incrementare i livelli di clorofilla, mentre lunghi periodi possono causare la senescenza e la caduta delle foglie più giovani.

Il meccanismo principale di aggressione comunque è costituito dall'acidificazione del suolo: gli inquinanti acidi causano un impoverimento del terreno per la perdita di ioni calcio, magnesio, sodio e potassio e conducono alla liberazione di ioni metallici tossici per le piante. Inoltre, l'abbassamento del pH compromette anche molti processi microbici del terreno, fra cui l'azotofissazione.

Si stima infine che gli ossidi di azoto e i loro derivati contribuiscono per il 30% alla formazione delle piogge acide, danneggiando anche edifici e monumenti e provocandone un invecchiamento accelerato, in molti casi irreversibile.

#### *Concentrazioni di NO<sub>x</sub>*

Tramite i dati della centralina è stato possibile analizzare l'evoluzione negli anni dell'inquinante NO<sub>x</sub>, in particolare è stato preso in considerazione un intervallo temporale di 5 anni, dal 2014 al 2018. Nella Tabella 4-3 sono riportati tutti i valori calcolati per l'NO<sub>x</sub> nei diversi anni.

Anno	Valore Medio	Valore Minimo	Percentili						Valore Massimo
			50°	80°	85°	90°	95°	99°	
2014	11,55	0,00	10,00	17,00	18,00	21,00	25,00	35,00	79,00
2015	11,7	1,00	10,0	16,0	18,0	20,0	25,0	36,0	152,0
2016	9,95	0,00	9,00	13,00	15,00	17,00	20,00	29,00	57,00
2017	8,82	0,00	8,00	13,00	14,00	16,00	20,00	28,00	64,00
2018	9,12	0,00	8,00	13,00	15,00	17,00	20,00	30,00	60,00

Tabella 4-3: Analisi dei percentili NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) negli anni 2014-2018 – Centralina di Livorno – Poggio San Rocco (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

Al fine di agevolare la lettura del dato tabellare sono stati quindi elaborati i grafici mostrati nella Figura 4-6 e Figura 4-7. In particolare, la Figura 4-6 riporta l'analisi della distribuzione dei percentili. Quello che è possibile evidenziare è come, le diverse distribuzioni annuali si discostino in modo significativo superato il 95° percentile, ma le differenze più marcate si possono notare dal 95° percentile in poi e rispetto ai valori massimi.

Effettuando un'analisi storica di tali valori si può notare come generalmente la quantità media di concentrazione oraria di tale inquinante assuma un trend decrescente nel triennio 2015 - 2017, passando dai 11,7 µg/m<sup>3</sup> del 2015 agli 8,82 µg/m<sup>3</sup> del 2017, con un picco massimo nel 2015. Nel 2018 si segnala una leggera crescita rispetto l'anno precedente, ma comunque è possibile affermare che negli ultimi cinque anni si rilevi una decrescita dei valori medi annui delle concentrazioni di NO<sub>x</sub>.

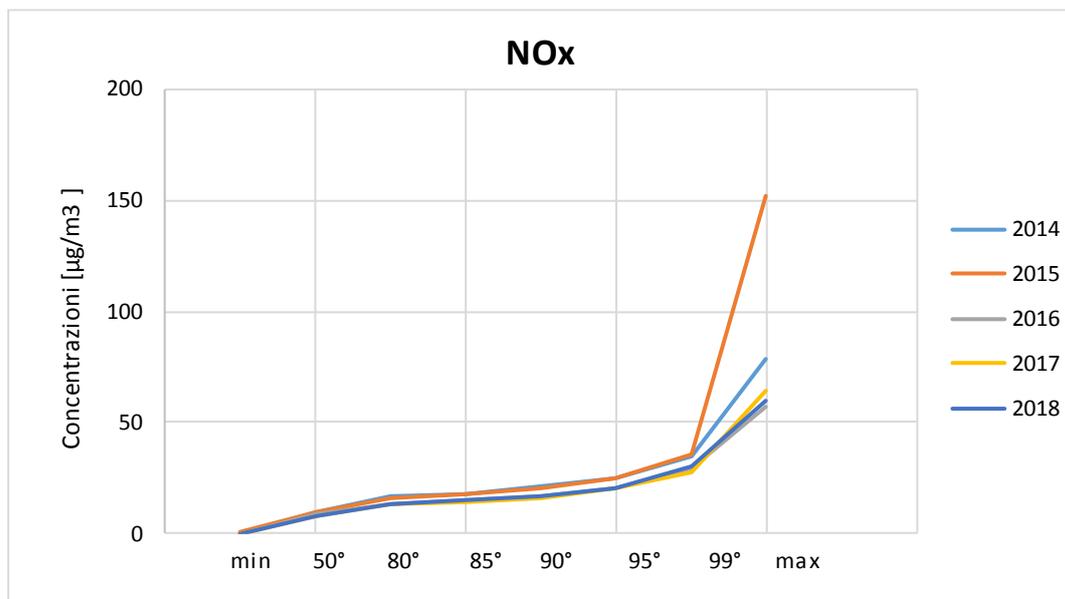


Figura 4-6 Percentili e valori massimi annui NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

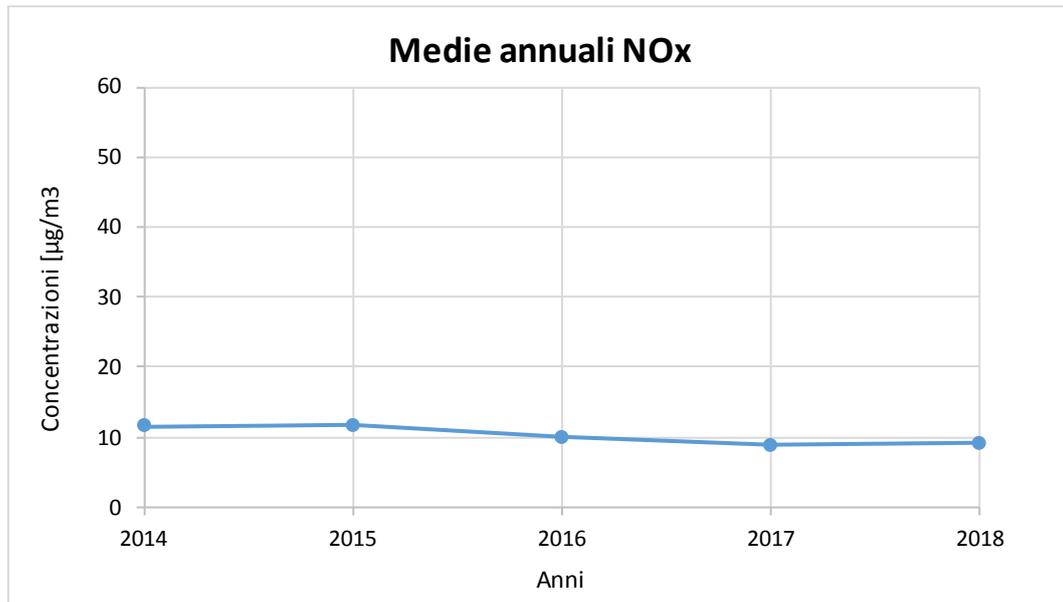


Figura 4-7 Medie annuali NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

Vengono, inoltre, presentati tutti i valori registrati, ora per ora, di tutti gli anni analizzati, 2014-2018, degli NO<sub>x</sub>. Si nota come, anche dai valori orari, sia possibile evidenziare un trend pressoché costante all'interno dell'arco temporale di riferimento (cfr. Figura 4-8).

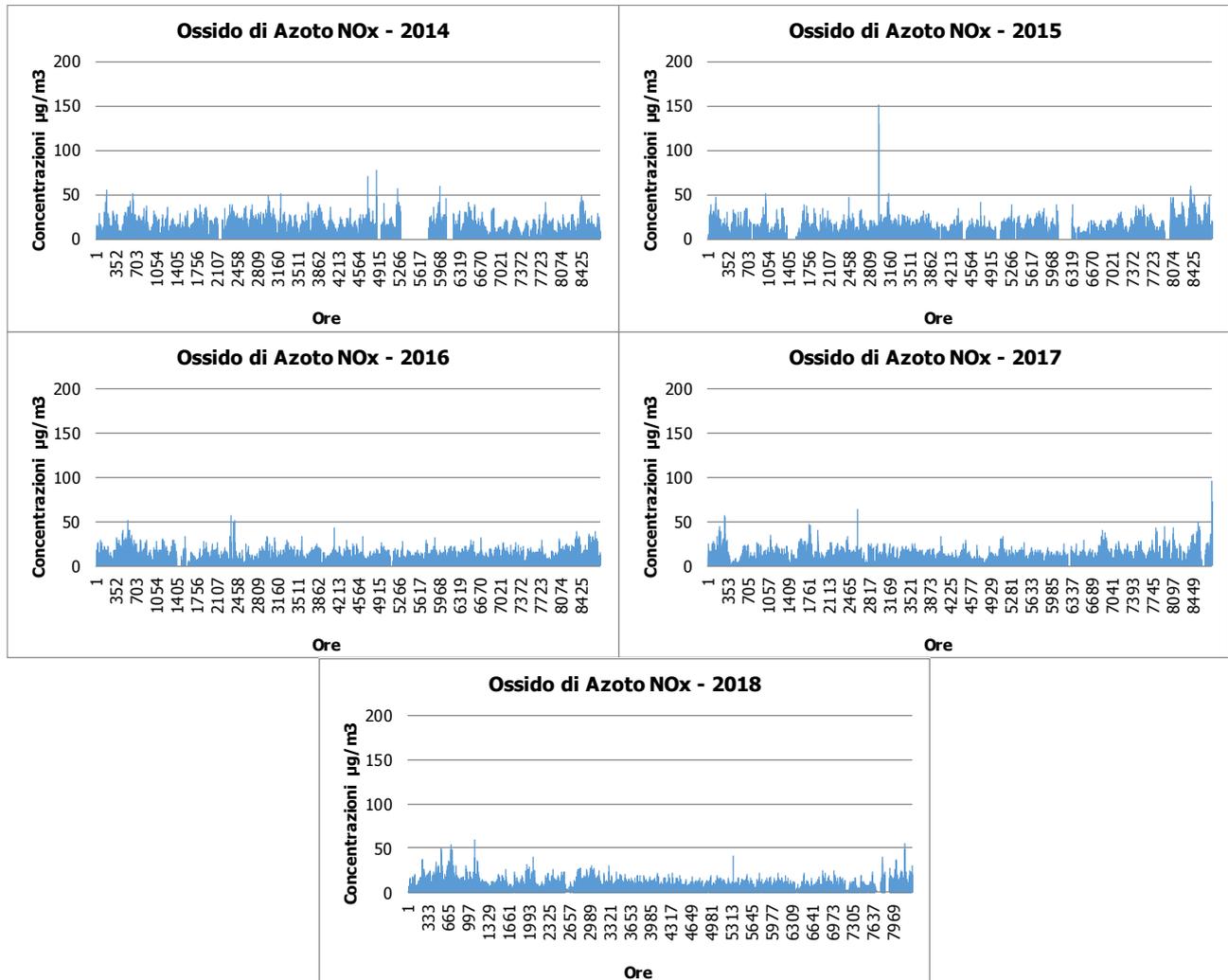


Figura 4-8 Valori orari di NO<sub>x</sub> anni 2014-2018 Centralina di Livorno - Poggio San Rocco (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

### Concentrazioni di NO<sub>2</sub>

I soli NO<sub>x</sub>, tuttavia, non forniscono dati sufficienti ad un'analisi completa del territorio, verificando solo i limiti per la vegetazione, ma non i limiti ai fini della protezione della salute umana. Per tale ragione è stato condotto uno studio analogo anche sull'NO<sub>2</sub>. Sono stati riassunti, nella Tabella 4-4, i dati presenti per l'NO<sub>2</sub> dei 5 anni rilevati.

Anno	Valore Medio	Valore Minimo	Percentili						Valore Massimo	Superamenti
			50°	80°	85°	90°	95°	99°		
2014	10,48	0,00	9,00	15,00	17,00	19,00	23,00	31,00	64,00	0
2015	10,5	1,0	9,0	15,0	16,0	19,0	23,0	32,0	54,00	0
2016	9,18	0,00	8,00	12,00	14,00	15,00	18,00	25,00	44,00	0
2017	6,92	0,00	6,00	10,00	11,00	13,00	16,00	23,00	54,00	0
2018	6,57	0,00	6,00	10,00	11,00	12,00	15,00	23,00	41,00	0

Tabella 4-4 Analisi dei percentili NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) negli anni 2014-2018 – Centralina di Livorno - Poggio San Rocco (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

In analogia a quanto visto per gli NO<sub>x</sub>, rappresentando in forma grafica tali valori è possibile ottimizzare la lettura del dato. Il primo grafico proposto (cfr. Figura 4-9) permette di notare, come già visto nel medesimo grafico relativo agli NO<sub>x</sub>, come i valori relativi a tutte i percentili analizzati siano pressoché costanti negli anni ad eccezione del 2015, per cui si sono registrati valori di concentrazione più alti.

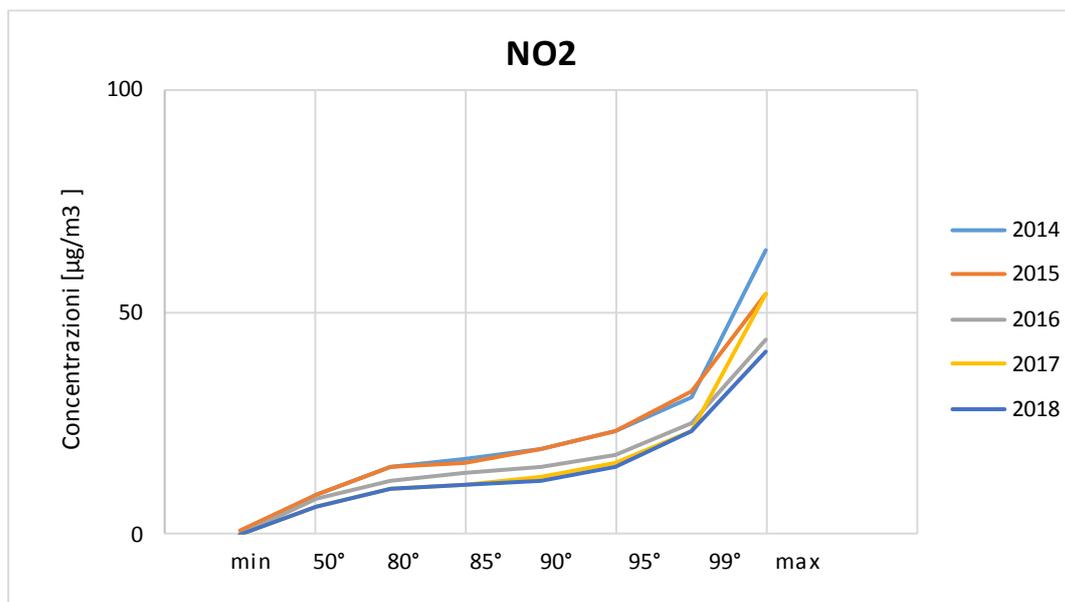


Figura 4-9 Percentili e valori massimi annui NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

Coerentemente con quanto osservato per gli NO<sub>x</sub>, si può notare come col passare degli anni il trend delle medie per ogni anno rilevato (cfr. Figura 4-10) sia rimasto costante, registrando un massimo, coerentemente all'analisi degli NO<sub>x</sub>, nel 2015.

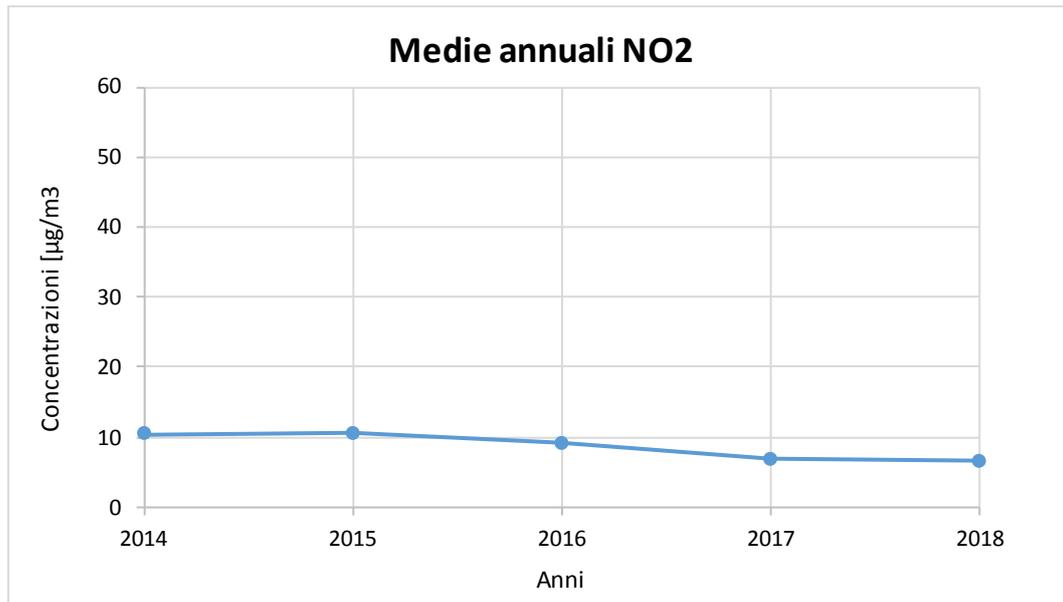


Figura 4-10 Medie annuali NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

Sono stati, inoltre, presentati i valori registrati, ora per ora, di tutti gli anni analizzati, 2014-2018, di NO<sub>2</sub>. Anche considerando i valori orari si osserva un trend costante nell'arco temporale preso in considerazione (cfr. Figura 4-11).

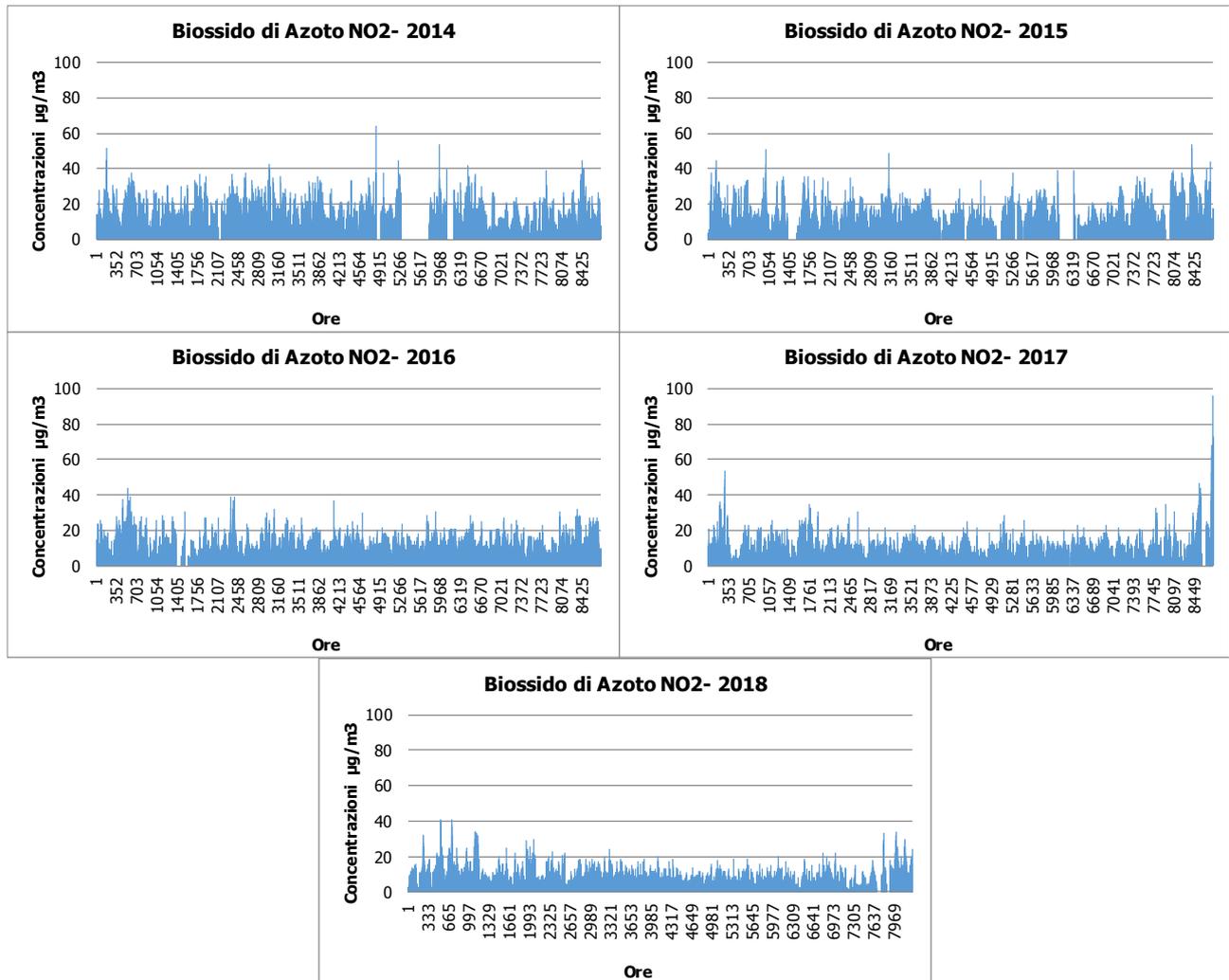


Figura 4-11 Valori orari di NO<sub>2</sub> negli anni 2014-2018 – Centralina di Livorno - Poggio San Rocco (µg/m<sup>3</sup>)  
(Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

#### 4.3.3 Monossido di carbonio (CO)

##### Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente

Il monossido di carbonio (CO) è un gas velenoso particolarmente insidioso in quanto inodore e insapore. La sua molecola è costituita da un atomo di ossigeno e un atomo di carbonio legati con un triplo legame (costituito da due legami covalenti e un legame dativo).

Il CO viene prodotto da reazioni di combustione in difetto di aria (cioè quando l'ossigeno presente nell'aria non è sufficiente a convertire tutto il carbonio in anidride carbonica), per esempio negli incendi di foreste e boschi, dove il prodotto principale della combustione rimane comunque l'anidride carbonica. Altre fonti naturali sono i vulcani, mentre la maggior parte si genera da reazioni fotochimiche che avvengono nella troposfera. Inoltre, si sprigiona durante le combustioni

in ambienti chiusi e dalle vecchie stufe a gas liquido, responsabili dell'alta frequenza di intossicazione da monossido di carbonio.

Si miscela bene nell'aria, con la quale forma facilmente miscele esplosive. In presenza di polveri metalliche finemente disperse, forma metallocarbonili tossici e infiammabili. Può reagire vigorosamente con ossigeno, acetilene, cloro, fluoro, ossidi di azoto.

Il CO è un prodotto della combustione incompleta dei combustibili organici (ad esempio: carbone, olio, legno, carburanti). Esso è inoltre un combustibile importante perché rilascia una considerevole quantità di calore quando brucia all'aria.

Importanti combustibili industriali a base di CO sono il gas d'acqua (una miscela di CO e H<sub>2</sub>), il gas d'aria (una miscela di CO e N<sub>2</sub>) e il gas da carbone (miscela di CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, prodotto per distillazione del carbone e conservato nei gasometri). Quest'ultimo era il cosiddetto gas di città, fornito nelle case per cucinare e per il riscaldamento; oggi sostituito dal gas naturale, costituito principalmente da metano (CH<sub>4</sub>).

Il CO è un'emotossina, perché legandosi saldamente allo ione del ferro nell'emoglobina del sangue forma un complesso, chiamato carbossiemoglobina, 300 volte più stabile di quello formato dall'ossigeno, chiamato ossiemoglobina, ostacolando così il trasporto di ossigeno nel sangue.

A causa del traffico automobilistico la popolazione urbana è spesso soggetta a lunghe esposizioni a basse concentrazioni. La lenta intossicazione da ossido di carbonio prende il nome di ossicarbonismo e si manifesta con sintomi nervosi e respiratori.

L'esposizione a monossido di carbonio comporta inoltre l'aggravamento delle malattie cardiovascolari, un peggioramento dello stato di salute nelle persone sane ed un aggravamento delle condizioni circolatorie in generale.

#### *Concentrazioni di CO*

Per analizzare i valori di concentrazione di CO sono stati visionati i dati registrati dalla centralina di riferimento di Cotone negli ultimi 5 anni, ossia tra il 2014 e il 2018. Tali dati hanno permesso di comprendere l'evoluzione, in questo arco temporale, dell'inquinante.

Sono stati riassunti, nella Tabella 4-5, i dati presenti per il CO negli anni rilevati.

Anno	Valore Medio	Valore Minimo	Percentili						Valore Massimo
			50°	80°	85°	90°	95°	99°	
2014	0,26	0,00	0,20	0,30	0,40	0,40	0,60	1,40	22,00
2015	0,3	0,00	0,3	0,5	0,5	0,5	0,6	0,8	1,9
2016	0,32	0,00	0,30	0,50	0,50	0,60	0,60	0,80	2,80
2017	0,35	0,00	0,30	0,50	0,50	0,60	0,60	0,80	1,30
2018	0,20	0,00	0,20	0,30	0,30	0,40	0,40	0,70	1,20

Tabella 4-5 Analisi dei percentili CO (mg/m<sup>3</sup>) negli anni 2014-2018 – Centralina di Livorno – Cotone  
(Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

Al fine di agevolare la lettura del dato tabellare sono stati quindi elaborati i grafici mostrati nella Figura 4-12 e Figura 4-13. In particolare, la Figura 4-12 riporta l'analisi della distribuzione dei percentili. Quello che è possibile evidenziare è come le diverse distribuzioni annuali si discostino in modo significativo già dall' 80° percentile. Tuttavia le differenze più marcate si possono notare rispetto al 95° percentile e rispetto ai valori massimi.

Effettuando un'analisi storica di tali valori, si può notare come le concentrazioni medie annue presentano un andamento pressoché crescente nel triennio 2015- 2017 per poi decrescere nel 2018, anno in cui si registra il minimo valore pari a 0,20 mg/m<sup>3</sup>; il massimo, invece, si registra nel 2017 ed è pari a 0,35 mg/m<sup>3</sup>.

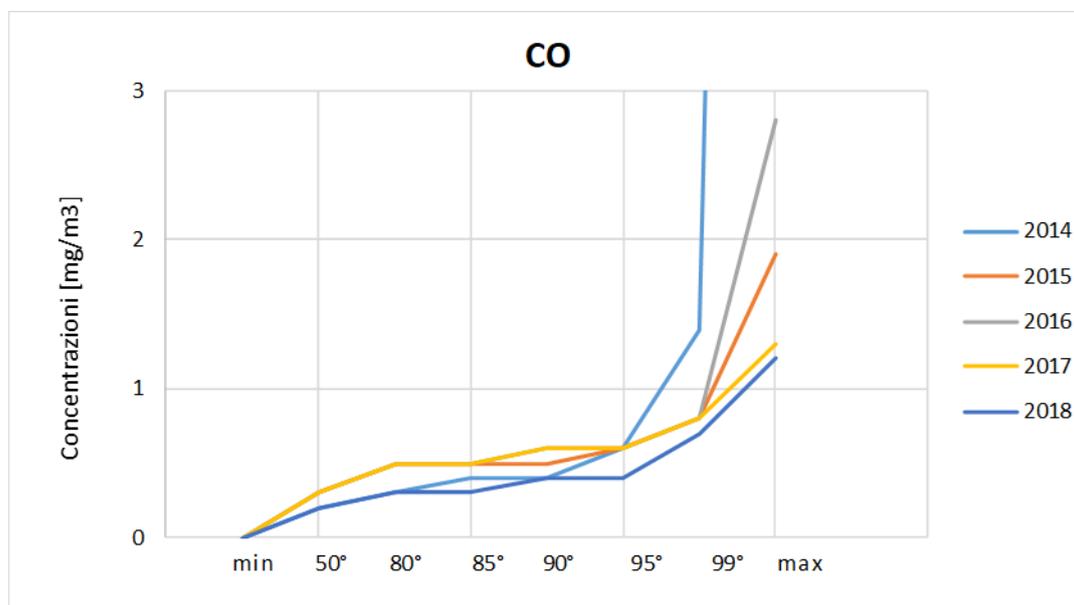


Figura 4-12 Percentili e valori massimi annui CO (mg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

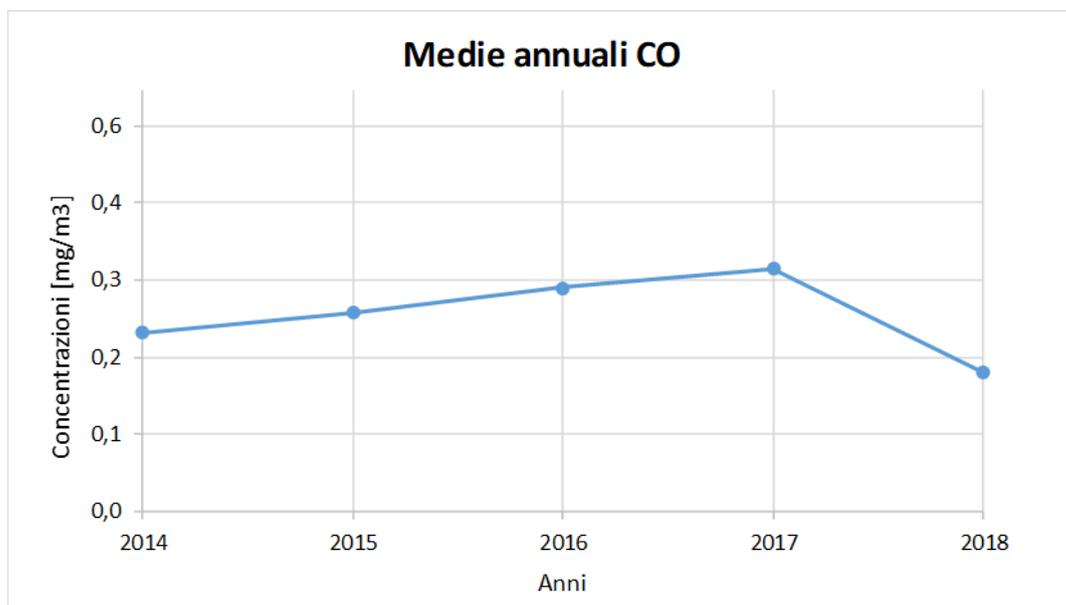


Figura 4-13 Medie annuali CO (mg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

Nella figura sottostante, vengono presentati tutti i valori registrati, ora per ora, di tutti gli anni analizzati, 2014-2018, del CO. Si nota come sia possibile evidenziare un trend pressoché costante all'interno dell'arco temporale di riferimento, caratterizzato da massimi nel periodo invernale e minimi nel periodo estivo.

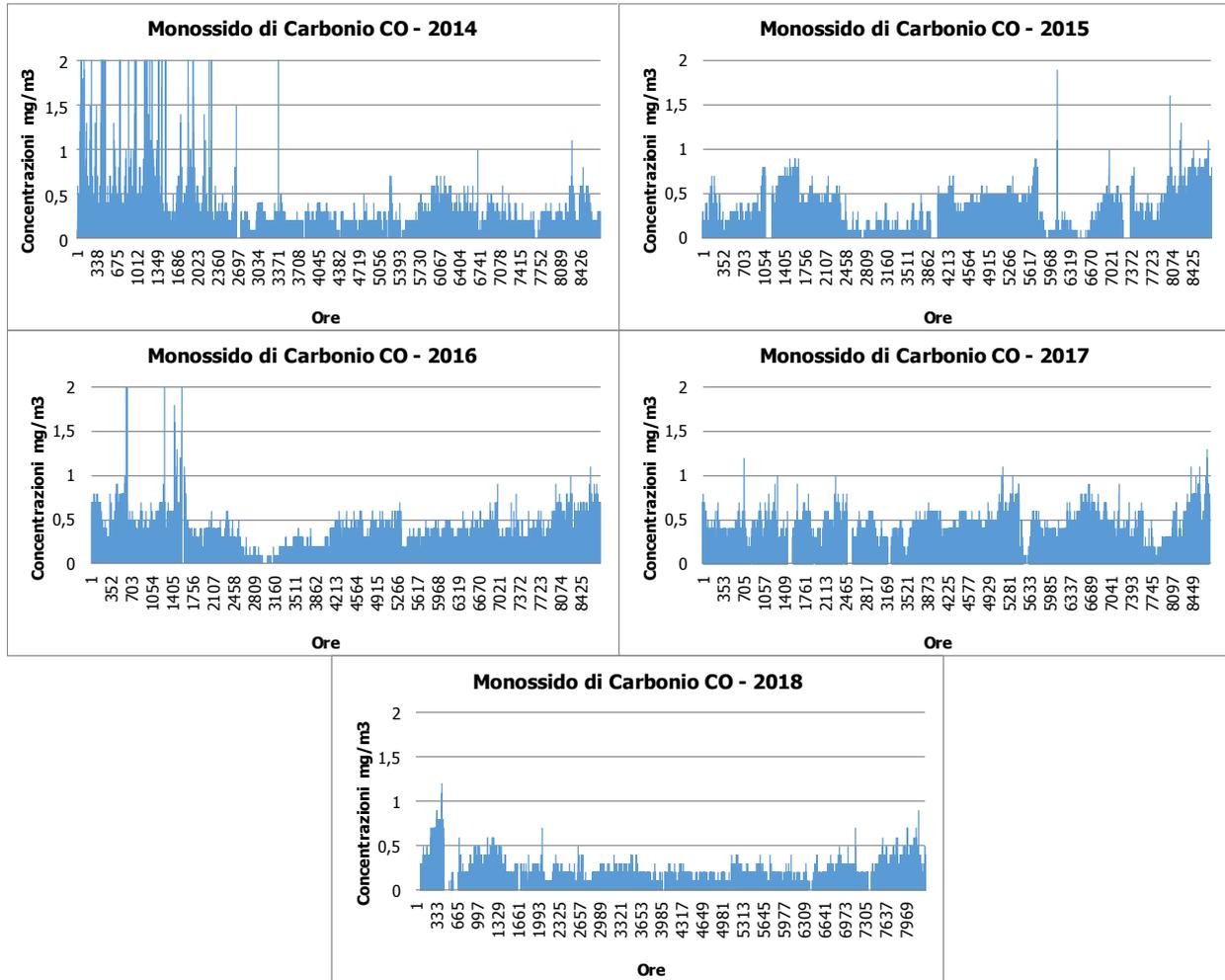


Figura 4-14 Valori orari di CO anni 2014-2018 Centralina di Livorno -Cotone (mg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

#### 4.3.4 Quadro sinottico della qualità dell'aria

In conclusione, i valori considerati come fondo di riferimento per gli inquinanti analizzati nell'ambito delle successive analisi modellistiche saranno i seguenti.

Inquinanti	Centralina ARPA	Fondo di riferimento: concentrazioni medie annue registrate dalle centraline ARPA nel 2018
NO <sub>x</sub>	Poggio San Rocco (fondo urbano)	9,12 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>		6,57 µg/m <sup>3</sup>
CO	Cotone (suburbana industriale)	0,20 mg/m <sup>3</sup>

Tabella 4-6 Valori di riferimento per il fondo della qualità dell'aria (valore medio annuale di concentrazioni registrato dalle centraline di riferimento)

## 5 Stima e valutazione degli impatti

### 5.1 Metodologia di analisi

Con l'obiettivo ultimo di valutare gli impatti indotti dalla Centrale sono state stimate le concentrazioni degli inquinanti di interesse. In particolare, come sopra ampiamente esplicitato, gli inquinanti scelti per l'analisi sono quelli indicati anche nell'AIA autorizzata, ossia NO<sub>x</sub> e CO, per i quali sono indicati i fattori di emissione specifici riferiti alle sorgenti presenti nella Centrale. In termini di concentrazioni, con riferimento agli NO<sub>x</sub>, si specifica come si sia tenuto conto del contributo nell'NO<sub>2</sub>, al fine di verificare i risultati con i limiti presenti in normativa per la salute umana.

La stima delle concentrazioni è stata effettuata mediante il modello di calcolo Aermod View, attraverso la seguente metodologia:

1. **ricostruzione dello scenario emissivo:** sono state prese in considerazione le sorgenti emissive della Centrale, riportate nel dettaglio al Par. 5.3;
2. **dispersione di inquinanti in atmosfera:** lo studio della dispersione di inquinanti in atmosfera è stato condotto mediante il software Aermod View;
3. **valutazione dell'effetto sulla qualità dell'aria:** l'impatto sulla qualità dell'aria del Progetto è stato valutato attraverso la verifica del rispetto dei limiti normativi in termini di concentrazioni di inquinanti prodotti dalla centrale stessa.

### 5.2 Il modello di simulazione Aermod View

Il modello di simulazione matematico relativo alla dispersione degli inquinanti in atmosfera a cui si è fatto riferimento per le simulazioni in fase di cantiere è il software AERMOD View, distribuito dalla Lakes Environmental, il quale, partendo dalle informazioni sulle sorgenti e sulle condizioni meteorologiche, fornisce la dispersione degli inquinanti in atmosfera e i relativi livelli di concentrazione al suolo.

AERMOD View incorpora i principali modelli di calcolo utilizzati dall'U.S. EPA attraverso un'interfaccia integrata. Tali modelli sono:

- Aermod,
- ISCST3,
- ISC-PRIME.

In particolare AERMOD è un modello di tipo Gaussiano (Steady-state Gaussian plume air dispersion model) basato su un modello di stabilità atmosferica di tipo "Planetary boundary layer

theory<sup>1</sup>, che consente di valutare, attraverso algoritmi di calcolo, i fattori di deflessione degli edifici, i parametri di deposizione al suolo degli inquinanti, l'effetto locale dell'orografia del territorio ed in ultimo i calcoli relativi alle turbolenze meteorologiche.

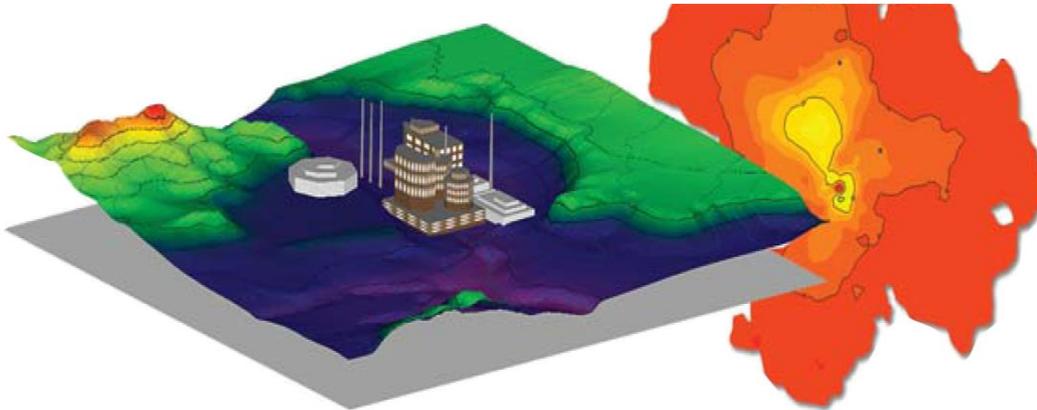


Figura 5-1 - AermodView - Esempio di modellazione grafica 3D delle curve di isoconcentrazione

Il codice AERMOD è stato sviluppato dall'American Meteorological Society – EPA, quale evoluzione del modello gaussiano ISC3. La dispersione in atmosfera della sostanza inquinante è funzione delle condizioni di stabilità atmosferica dell'area di riferimento stessa<sup>2</sup>:

- strato limite dell'atmosfera stabile: la distribuzione è di tipo gaussiano sia in direzione orizzontale che in direzione verticale;
- strato limite dell'atmosfera instabile: la distribuzione è di tipo gaussiano in direzione orizzontale e bi-gaussiano in direzione verticale.

Tale impostazione supera le tipologie di modelli precedenti (ISC3) permettendo di superare i limiti dei modelli gaussiani, i quali non erano in grado di simulare, in maniera sufficientemente rappresentativa, le condizioni di turbolenza dello strato limite atmosferico.

Il codice prende in considerazione diversi tipi di sorgente:

- puntuali;
- lineari;
- areali;
- volumiche.

<sup>1</sup> AERMOD Tech Guide – Gaussian Plume Air Dispersion Model. Version 7.6

<sup>2</sup> US EPA, User Guide for the AMS EPA regulatory model AERMOD – USA (2004)

Per ognuna di tali sorgenti il modello fa corrispondere un diverso algoritmo di calcolo delle concentrazioni. Il modello, pertanto, calcola il contributo di ciascuna sorgente nel dominio d'indagine, in corrispondenza dei punti ricettori i quali possono essere punti singolari, o una maglia di punti con passo definito dall'utente.

Poiché il modello è di tipo stazionario, le emissioni sono assunte costanti nell'intervallo temporale di simulazione, tuttavia, è possibile fornire al modello stesso una differenziazione relativa ai fattori di emissioni calcolati nel giorno, ovvero definire per ogni ora del giorno un fattore di emissione relativo alla sorgente *i*-esima differente. Tale opzione di calcolo risulta particolarmente utile per la definizione delle concentrazioni derivanti da sorgenti che non utilizzano cicli di lavoro continui relativi alle 24h.

Infine vengono considerati anche gli effetti derivanti dalla conformazione degli edifici. Grazie al modellatore 3D è possibile avere una rappresentazione grafica dell'area d'intervento sia in termini di terreno che in termini di edifici e sorgenti.

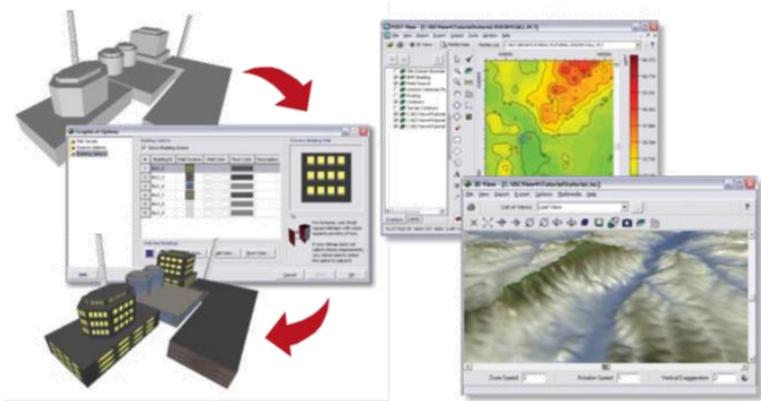


Figura 5-2 - Esempio di modulo di visualizzazione 3D integrato nel modello di calcolo

In ultimo il modello si avvale di due ulteriori modelli per la valutazione degli input meteorologici e territoriali. Il primo modello, AERMET, consente di elaborare i dati meteorologici rappresentativi dell'area d'intervento, al fine di calcolare i parametri di diffusione dello strato limite atmosferico. Esso permette, pertanto, ad AERMOD di ricavare i profili verticali delle variabili meteorologiche più influenti. Il secondo modello, AERMAP, invece, consente di elaborare le caratteristiche orografiche del territorio in esame.

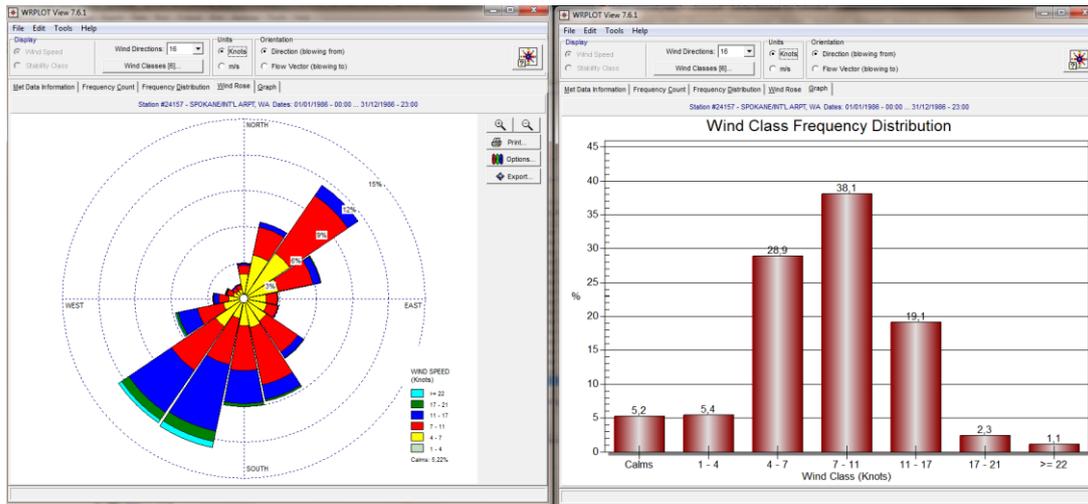


Figura 5-3 - Esempio di applicazione del modulo AERMET

Come accennato, l'output del modello è rappresentato dalla valutazione delle concentrazioni di inquinanti in riferimento ai ricettori scelti. Qualora si scelga di rappresentare i risultati attraverso una maglia, il software, grazie ad algoritmi di interpolazione è in grado di ricostruire le curve di isoconcentrazione, al fine di determinare una mappa di isoconcentrazione degli inquinanti.

### 5.3 Dati meteorologici e orografici

Aermod View, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare l'orografia del territorio in esame, essenzialmente distinguendo tre tipologie di territorio così come mostrato in Figura 5-4.

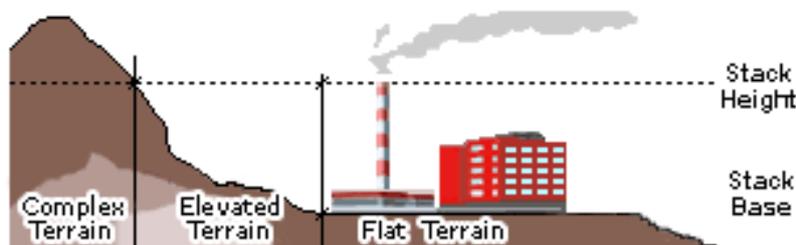


Figura 5-4 Tipologie di configurazioni territoriali

Con riferimento all'area di intervento, si è adottata una conformazione del territorio di tipo "elevated terrain", in quanto quella che meglio rappresenta l'orografia circostante.

Dal punto di vista meteorologico, i dati di input implementati nel modello di calcolo fanno riferimento ai dati meteo registrati dalla stazione di Pisa San Giusto (codice ICAO: LIRP) nell'anno 2019 e opportunamente elaborati attraverso un formato SCRAM per renderli compatibili con il processore AERMET e successivamente con Aermod View.

In particolare, i dati di superficie richiesti sono:

- velocità del vento [m/s];
- direzione del vento [deg];
- altezza delle base delle nubi [100 feet];
- copertura nuvolosa [decimi];
- temperatura dell'aria [K];
- umidità relativa [%];
- pressione [mbar].

Mentre, i dati in quota richiesti sono:

- pressione [mbar];
- quota geopotenziale [m];
- temperatura dell'aria [K];
- direzione del vento [deg];
- velocità del vento [m/s].

#### 5.4 Dominio di calcolo

Al fine di ricavare le curve di isoconcentrazione è stata definita una maglia di punti di calcolo regolare. A tale scopo occorre soddisfare la duplice necessità di avere una maglia di calcolo spazialmente idonea a poter descrivere una porzione di territorio sufficientemente ampia e dall'altro di fissare un passo adeguato al fine di non incrementare inutilmente l'onerosità dei calcoli. Seguendo tali principi è stata definita una maglia di punti di calcolo le cui caratteristiche sono sinteticamente riportate in Tabella 5-1.

Coordinate del centro della maglia Asse X	617301,12
Coordinate del centro della maglia Asse Y	4804263,76
Passo lungo l'asse X	300
Passo lungo l'asse Y	300
N° di punti lungo l'asse X	50
N° di punti lungo l'asse Y	50
N° di punti di calcolo totali	2500

Tabella 5-1 Coordinate maglia dei punti di calcolo

## 5.5 Ricettori puntuali

Oltre ai punti di calcolo del dominio sopra descritto sono stati valutati altri punti ricettori rappresentativi di aree abitative presenti nell'intorno della Centrale e di aree vegetazionali sensibili quali la ZPS Tomboli di Cecina a sud e la pineta a nord.

Nello specifico, i ricettori rappresentativi dei centri abitati sono stati individuati ad una distanza idonea, in considerazione della dispersione degli inquinanti prodotta dalle sorgenti in esame, che essendo caratterizzate da un camino principale di altezza pari a 55 metri e da una caldaia ausiliaria di 20 m, determinano un'impronta in cui le concentrazioni massime non ricadono in prossimità del sito in esame, ma più distanti dallo stesso, in funzione delle condizioni meteorologiche.

Sono quindi stati definiti in tutto otto ricettori, sei di tipo R (residenziale) due di tipo V (vegetazione), secondo quanto riportato di seguito.



Figura 5-5 Punti ricettori di riferimento

Ricettore	Coordinata x	Coordinata y	Localizzazione
R1	616659	4804391	Abitato di Rosignano Solvay
R2	617982	4805052	Abitato di Rosignano Solvay
R3	617047	4805121	Abitato di Rosignano Solvay
R4	615541	4806245	Abitato di Castiglioncello
R5	619183	4807303	Abitato di Rosignano Marittimo
R6	617340	4811005	Abitato di Castelnuovo della Misericordia
V1	616892	4803015	ZPS Tomboli di Cecina
V2	616755	4804792	Pineta

Tabella 5-2 Coordinate punti ricettori

## 5.6 Lo scenario emissivo

Le simulazioni delle dispersioni di inquinanti (NO<sub>x</sub>, CO) in atmosfera sono state effettuate a partire da uno scenario emissivo con determinate caratteristiche.

Nello specifico, per la caratterizzazione degli impatti sulla qualità dell'aria della Centrale sono state fatte le seguenti assunzioni conservative:

- per la stima dei valori di concentrazione media annua di CO e NO<sub>x</sub>, è stato assunto che il camino principale TG (E1) funzioni cautelativamente al carico massimo in modo continuativo per tutte le ore dell'anno (8.760 ore);
- al fine di stimare i valori di concentrazione massima oraria di NO<sub>x</sub>, è stato inoltre considerato il contributo della Caldaia ausiliaria da 8,7 MW (E2), che lavora in maniera discontinua durante l'anno;
- nelle simulazioni delle dispersioni di NO<sub>x</sub> e CO non si è tenuto conto delle trasformazioni chimiche che coinvolgono gli inquinanti una volta immessi in atmosfera, che tendono a diminuirne la concentrazione in aria.

A monte della definizione dei principali input emissivi, si rende opportuno fare una precisazione in merito al funzionamento della caldaia ausiliaria, sulla base del quale sono state effettuate delle scelte metodologiche relativamente all'analisi diffusiva sviluppata nel proseguo della trattazione.

La caldaia ausiliaria, funzionando in modo discontinuo, non incide in modo significativo sulle emissioni totali annue rispetto alla turbina a gas. Infatti, le emissioni annue di NO<sub>x</sub> generate dalla caldaia ausiliaria risultano pari circa 2 tonnellate contro le 550 tonnellate di NO<sub>x</sub> generate dalla TG durante l'intero anno, nell'ipotesi di 8760 ore di funzionamento e 30 mg/Nm<sup>3</sup> di concentrazione.

Risulta evidente come, considerato che le emissioni di NO<sub>x</sub> della caldaia ausiliaria risultano solo lo 0,3% rispetto a quelle prodotte dalla TG, per le analisi di lungo termine, è stato assunto trascurabile il contributo della stessa nella stima del valore medio annuale di NO<sub>x</sub> presso la stazione considerata.

Il contributo della caldaia ausiliaria è stato invece considerato per la stima delle concentrazioni massime orarie di NO<sub>x</sub>, per valutare la condizione più critica durante l'anno.

Le principali caratteristiche delle due sorgenti emissive sono riportate nella Tabella 5-3.

Parametri	U.d.M	Camino E1	Camino E2
Coordinate UTM 32N	[m]	X= 617304; Y= 4804256	X= 617276; Y= 4804248
Funzionamento	h/anno]	8.760	Discontinuo
Altezza camino	[m]	55	20
Diametro camino all'uscita	[m]	7,0	0,7
Temperatura dei fumi all'uscita	[K]	387,5	460,15
Portata fumi	[Sm <sup>3</sup> /s]	576,4	2,5
Velocità dei fumi all'uscita	[m/s]	15	7,4
Flusso di massa di NO <sub>x</sub>	[g/s]	17,3	0,4
Flusso di massa di CO	[g/s]	17,3	-

Tabella 5-3 Caratteristiche sorgenti emissive e flussi di massa

Si precisa che attualmente la Centrale, in accordo all'autorizzazione AIA in essere, rispetta i seguenti limiti di emissione in concentrazione, espressi come medie mensili delle medie orarie:

#### Camino E1

- Ossidi di azoto come NO<sub>x</sub>: 30 mg/Nm<sup>3</sup> su media mensile
- Monossido di carbonio CO: 30 mg/Nm<sup>3</sup> su media mensile

#### Camino E2

- Ossidi di azoto come NO<sub>x</sub>: 150 mg/Nm<sup>3</sup> su media mensile

dove il Nm<sup>3</sup> è riferito ad 1 atm, 0 °C, fumi secchi al 15% O<sub>2</sub>.

## 5.7 Modellazione del Building Downwash

Nel presente studio non è possibile considerare l'area in esame, relativa alla Centrale, come un'area "ideale" in cui le ciminiere presenti sono molto elevate e poste in una zona completamente pianeggiante, priva di ostruzioni naturali o artificiali che possano indurre distorsioni al flusso delle masse d'aria, perché le sorgenti puntuali presenti nella Centrale sono localizzate in un'area dove sono presenti altri edifici, di differenti altezze. Tali edifici determinano perturbazioni idrodinamiche sul plume delle sorgenti puntuali, determinando l'effetto noto come Building Downwash.

Tale effetto a livello modellistico influenza le sorgenti puntuali, rappresentate nel caso in esame da E1 e E2, per le quali può determinare incrementi di concentrazioni anche significativi all'interno dell'area dove l'effetto stesso si esplica.

A tale scopo è stato pertanto effettuato uno studio specifico al fine di inserire tutti gli elementi in grado di influenzare la simulazione stessa.

In considerazione delle due sorgenti E1 e E2 all'interno della Centrale, vengono modellati gli edifici più prossimi a queste, costituiti dai principali edifici interni ad essa.

In merito alla metodologia alla base del calcolo del Building Downwash i risultati di molti esperimenti in galleria del vento hanno mostrato con precisione quale tipo di perturbazione ha luogo in presenza di edifici. A titolo esemplificativo, è stato considerato, per semplicità, un edificio a forma di parallelepipedo. Per prima cosa si deve sottolineare che, sopravvento all'edificio, il profilo verticale della velocità media del vento presenta normalmente il tipico andamento all'incirca logaritmico con la quota. L'orientamento dell'edificio è tale per cui due facce del parallelepipedo sono perpendicolari al vento medio, una sopravvento e l'altra sottovento. In pratica, ciò che si osserva è:

- una zona di stagnazione in corrispondenza della faccia sopravvento dell'edificio che si estende dal suolo a circa 2/3 dell'altezza dell'edificio stesso;
- una zona di ricircolazione posta sulla sommità del parallelepipedo ed in corrispondenza delle facce laterali parallele alla direzione del vento;
- una zona immediatamente a valle della faccia sottovento che rappresenta una cavità turbolenta causata dalla scia dell'edificio dove si instaura una circolazione vorticoso in media stagnate;
- una zona di scia turbolenta dove sono localizzate le principali perturbazioni al flusso che però comincia a sottrarsi alla cavità e ricomincia a disporre sempre più in una situazione simile a quella imperturbata.

In Figura 5-6 è presentata in maggior dettaglio una sezione trasversale dell'edificio che consente di evidenziare agevolmente alcuni elementi d'interesse, dove H rappresenta l'altezza dell'edificio

e  $L$  la dimensione longitudinale rispetto alla direzione del vento. Inoltre si considera  $W$ , la proiezione dell'edificio trasversale alla direzione del vento.

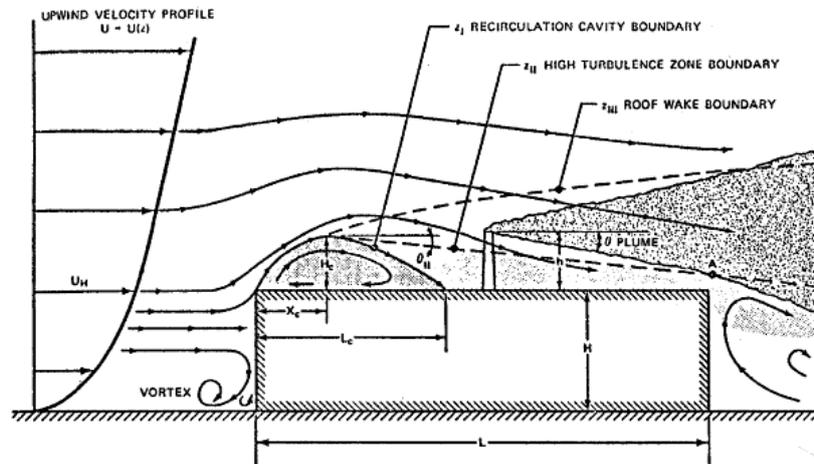


Figura 5-6 Perturbazione del flusso delle masse d'aria in presenza di un edificio

Queste distorsioni del flusso delle masse d'aria comportano ripercussioni di notevole entità sulla concentrazione degli inquinanti emessi da ciminiera poste alla sommità degli edifici o adiacenti agli stessi. In pratica, un edificio è considerato sufficientemente vicino ad una ciminiera per far sentire gli effetti di scia quando la distanza  $D$  tra la ciminiera e la parte dell'edificio più vicina è pari a:

$$D \leq 5 \text{ Min } (H, W)$$

Se con  $L_b$  si indica la minore tra l'altezza dell'edificio ( $H$ ) e la sua proiezione trasversale alla direzione del vento ( $W$ ), una regola semplice è quella di ritenere che esistano effetti sulla dispersione della ciminiera se quest'ultima si trova all'interno di un rettangolo costituito da:

- due linee perpendicolari alla direzione del vento, una ad una distanza sottovento dall'edificio pari a  $5L_b$  e l'altra posta ad una distanza sopravvento pari a  $2L_b$ ,
- da due righe parallele alla direzione del vento, ciascuna posta ad una distanza pari a  $0.5L_b$  dai lati dell'edificio, come illustrato nella Figura 5-7.

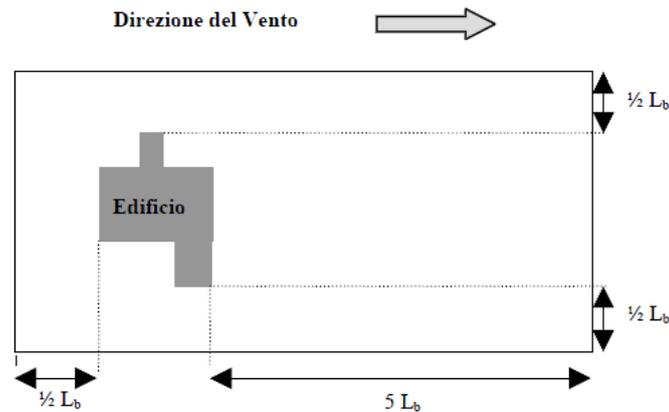


Figura 5-7 Definizione del rettangolo critico di influenza di un edificio

Se un camino risulta localizzato all'interno di tale rettangolo critico, potrebbe essere influenzato dagli effetti di scia relativo ad uno o più edifici.

È possibile inoltre visualizzare l'area di influenza dell'edificio e lo Structure Influence Zone, cioè il rettangolo critico citato in precedenza. Tale rettangolo critico viene realizzato per ogni direzione del vento (nella Figura 5-8, viene mostrato un esempio di tale rettangolo considerando una direzione del vento pari a 30°).

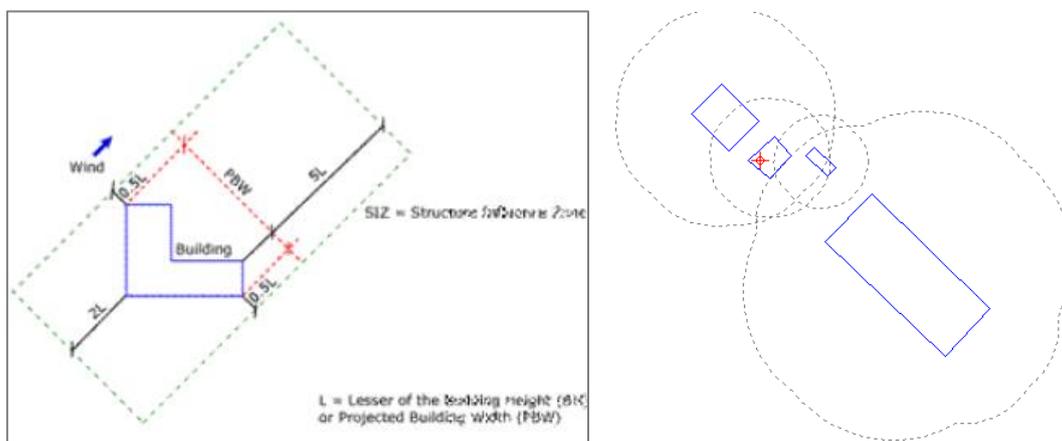


Figura 5-8 Esempio rappresentazione area di influenza e Structure Influence Zone

Attraverso l'analisi di tutti gli Structure Influence Zone è possibile determinare se la sorgente è all'interno di un rettangolo composto da due linee perpendicolari alla direzione del vento, una ad una distanza pari a 5\*L sottovento dell'edificio e l'altra a 2\*L controvento dell'edificio, e da due linee parallele alla direzione del vento, ciascuna distanti 0.5\*L dal lato dell'edificio (L è la

dimensione minore tra l'altezza dell'edificio e la larghezza perpendicolare alla direzione del vento).

È quindi possibile integrare tali rettangoli per tutte le direzioni del vento, determinando così un'area circolare denominata GEP 5L (Area di influenza). Ogni sorgente che si trova all'interno di tale area risente degli effetti del building downwash.

Di seguito si riporta un'immagine ripresa da Google Earth, rappresentativa della modellazione degli edifici con Aermod View.

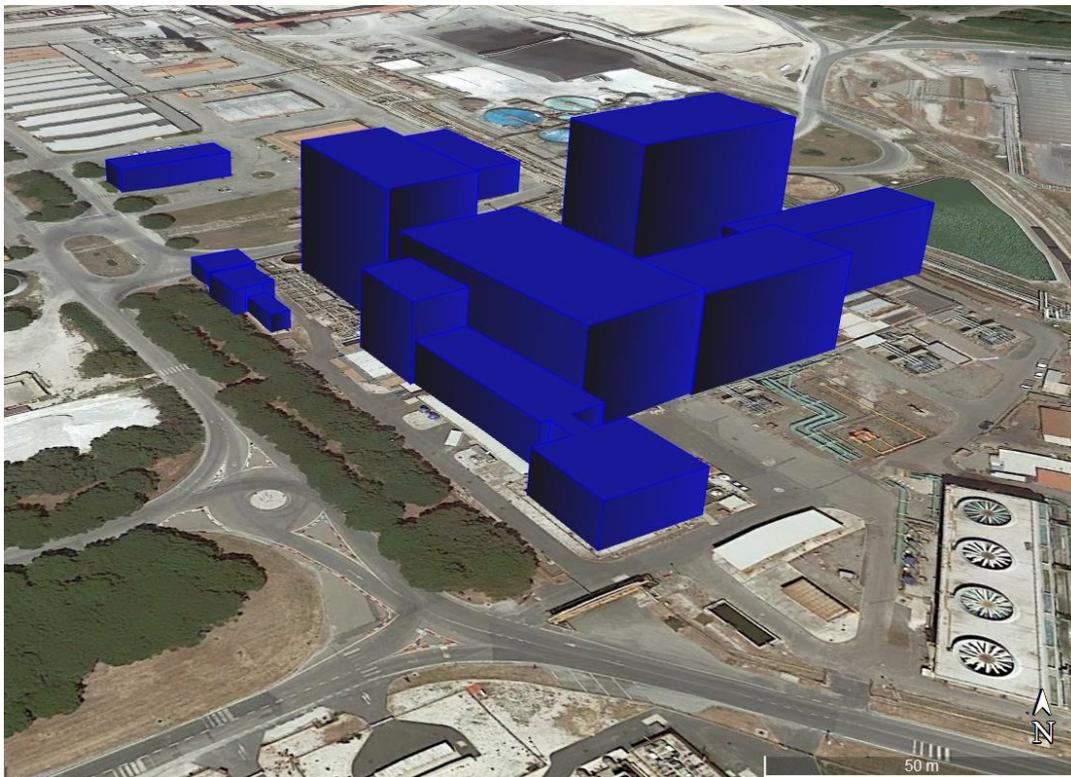


Figura 5-9 Vista della centrale da sud

## 5.8 Risultati

### 5.8.1 Premessa

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni eseguite con Aermod View. In particolare, le ricadute sono state stimate per i seguenti inquinanti in termini di:

- CO: massime medie su 8 ore consecutive;
- NO<sub>x</sub>: media annua;

- NO<sub>2</sub>: media annua e massimo orario delle concentrazioni medie orarie.

I risultati sono mostrati in forma di mappe di ricaduta a livello del suolo, nonché in forma tabellare per i valori risultanti in corrispondenza dei ricettori puntuali, ai fini delle verifiche con i limiti normativi.

Si precisa come la scelta di simulare la dispersione in atmosfera degli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) risulti necessaria ai fini della verifica con il limite normativo per la vegetazione in termini di media annua di NO<sub>x</sub>, mentre le concentrazioni di NO<sub>2</sub> sono state stimate ai fini delle verifiche per la protezione umana, in termini di media annua e oraria, così come le concentrazioni massime su 8 ore consecutive per il monossido di carbonio (CO).

### 5.8.2 Elaborazione dei risultati

Di seguito sono riportati i risultati delle simulazioni considerando lo scenario emissivo descritto nel Par. 5.6.

#### Monossido di carbonio (CO)

In merito alla mappa delle isoconcentrazioni relativa alle concentrazioni massime su 8 ore consecutive di CO risultati dalla simulazione, si può far riferimento all'elaborato grafico ROS-SPA-PL-05-01 "Concentrazioni CO". Dall'analisi di tale mappa emerge che il valore massimo stimato nel dominio di calcolo è pari a 0,016 mg/m<sup>3</sup> e si verifica in direzione Est, ad una distanza di circa 4 chilometri dalla Centrale.

Per quanto riguarda i risultati emersi in corrispondenza dei ricettori puntuali, questi sono riportati nella tabella sottostante.

Ricettori	Concentrazioni massime medie su 8 ore consecutive di CO (mg/m <sup>3</sup> )
R1	0,013
R2	0,007
R3	0,004
R4	0,002
R5	0,010
R6	0,007

Tabella 5-4 Concentrazioni massime medie su 8 ore consecutive di CO

Dall'analisi effettuata emerge **come i valori siano molto bassi in prossimità di tutti i ricettori**, anche in considerazione del valore limite normativo pari a 10 mg/m<sup>3</sup>. Il valore più alto è stato stimato per R1, in cui si stimano concentrazioni massime su 8 ore consecutive di CO pari a 0,013 mg/m<sup>3</sup>.

#### Ossidi e biossidi di azoto (NO<sub>x</sub> – NO<sub>2</sub>)

In merito alla mappa delle isoconcentrazioni relativa alla media annua di NO<sub>x</sub> valutata mediante la simulazione modellistica, si può far riferimento all'elaborato grafico ROS-SPA-PL-04-01 "Concentrazioni NO<sub>x</sub>". Dall'analisi di tale mappa emerge che il valore massimo della concentrazione media annua di NO<sub>x</sub> stimato nel dominio di calcolo è pari a 0,84 µg/m<sup>3</sup> e si verifica in direzione Nord-Ovest, ad una distanza di 800 metri dalla Centrale.

Per quanto riguarda i risultati emersi in corrispondenza dei ricettori puntuali, questi sono riportati nella tabella sottostante. Si precisa che, come detto in precedenza, per le concentrazioni medie annue di NO<sub>x</sub> è stato considerato il solo contributo della sorgente E1, mentre per i massimi orari di NO<sub>x</sub> è stato considerato anche il contributo della sorgente E2, che lavora in maniera discontinua durante l'anno.

Ricettori	Concentrazioni medie annue di NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Concentrazioni massime orarie di NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
R1	0,724	17,733
R2	0,238	10,708
R3	0,147	11,567
R4	0,115	4,632
R5	0,172	39,261
R6	0,166	38,801
V1	0,076	9,406
V2	0,337	14,298

Tabella 5-5 Concentrazioni media annua e massimi orari di NO<sub>x</sub>

Dall'analisi effettuata emerge **come i valori siano molto bassi**.

In termini di medie annue si osserva come il valore di concentrazione maggiore, in corrispondenza di R1, sia pari a 0,724 µg/m<sup>3</sup>, mentre in termini di massimi orari il valore più alto è pari a 39,261 ed è registrato in corrispondenza di R5.

Si sottolinea come, in via cautelativa le concentrazioni di NO<sub>2</sub> sono state considerate equivalenti alle concentrazioni di NO<sub>x</sub>. Pertanto, le concentrazioni medie annue di NO<sub>x</sub> valutate sui ricettori per la salute umana verranno confrontate con il limite normativo della media annua di NO<sub>2</sub> per la

salute umana pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre le concentrazioni di  $\text{NO}_x$  valutate sui ricettori per la vegetazione (V) verranno confrontate con il limite normativo della media annua di  $\text{NO}_x$  per la vegetazione pari a  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Allo stesso modo i valori massimi orari risultanti dalla simulazione di  $\text{NO}_x$  verranno confrontati con il limite normativo dei massimi orari di  $\text{NO}_2$  pari a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Di seguito si riporta la mappa delle isoconcentrazioni dei massimi orari degli  $\text{NO}_x$ , considerati equivalenti agli  $\text{NO}_2$ .

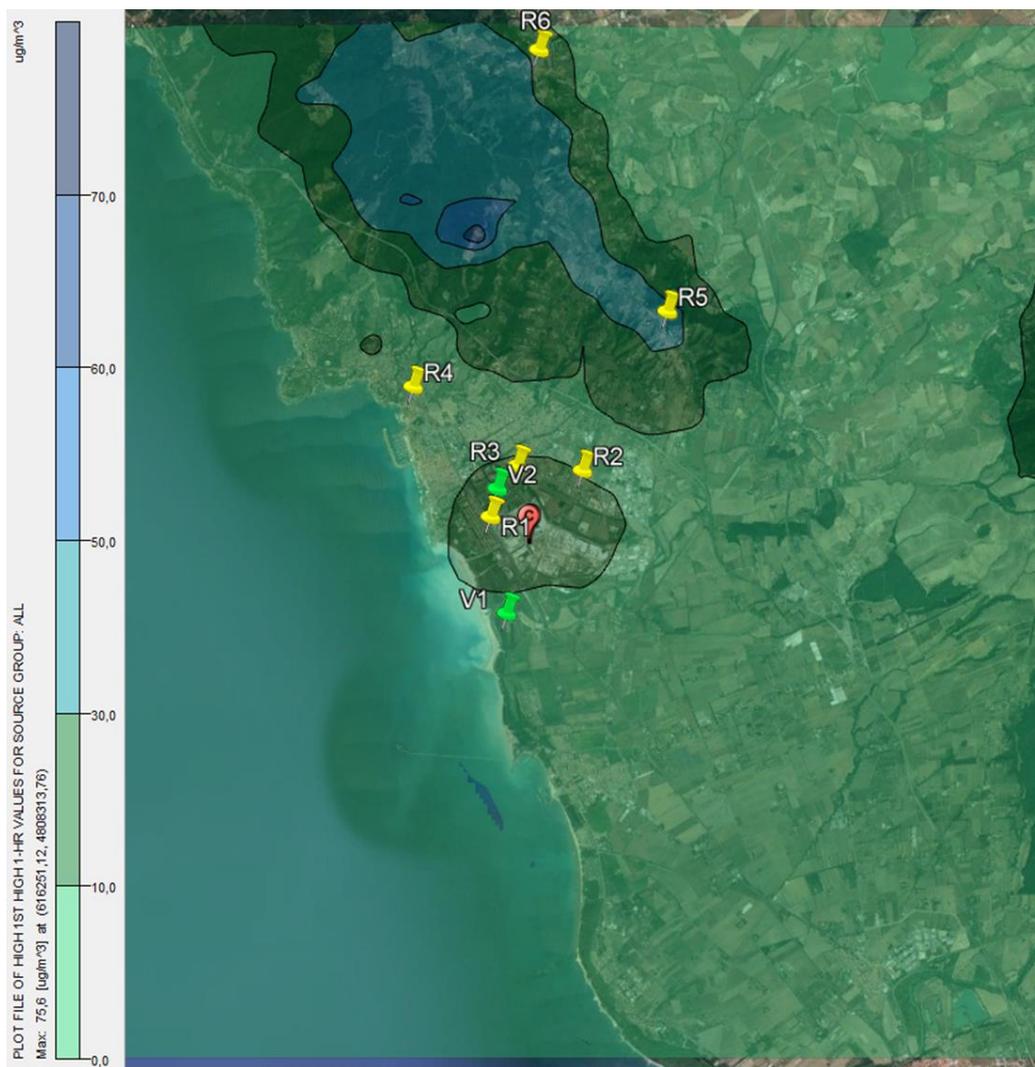


Figura 5-10 Mappa delle isoconcentrazioni – Massimi orari NO<sub>2</sub>

### 5.8.3 Considerazioni conclusive

Alla luce delle simulazioni modellistiche condotte e dell'analisi dei risultati, nel presente paragrafo vengono riportate le conclusioni dello studio, attraverso il confronto dei risultati emersi dalle simulazioni con i limiti normativi e considerando il contributo di fondo delle centraline di riferimento scelte: la centralina di qualità dell'aria di Cotone, di tipo industriale-suburbano, per la CO e la centralina di Poggio San Rocco, di fondo urbano, per gli NO<sub>x</sub> e gli NO<sub>2</sub>. Pertanto, nelle tabelle seguenti si riportano i valori di concentrazione di NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> e CO calcolati sui ricettori puntuali verificandone il rispetto dei limiti normativi.

Ricettori	CO massimi medi 8h (mg/m <sup>3</sup> )	CO da centralina di Cotone, di tipo industriale suburbana - anno 2018 (mg/m <sup>3</sup> )	Limite normativo D.Lgs.155/2010 (mg/m <sup>3</sup> )
R1	0,013	0,2	10
R2	0,007	0,2	10
R3	0,004	0,2	10
R4	0,002	0,2	10
R5	0,01	0,2	10
R6	0,007	0,2	10

Tabella 5-6 Concentrazioni di CO massimi medi sulle 8 ore

Ricettori	NO <sub>x</sub> media annua (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>x</sub> da centralina di Poggio San Rocco, di fondo urbano - anno 2018 (µg/m <sup>3</sup> )	Limite normativo D.Lgs.155/2010 (µg/m <sup>3</sup> )
V1	0,076	9,12	30
V2	0,337	9,12	30

Tabella 5-7 Concentrazioni di NO<sub>x</sub> medie annue

Ricettori	NO <sub>2</sub> media annua (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> da centralina di Poggio San Rocco, di fondo urbano - anno 2018 (µg/m <sup>3</sup> )	Limite normativo D.Lgs.155/2010 (µg/m <sup>3</sup> )
R1	0,724	6,57	40
R2	0,238	6,57	40
R3	0,147	6,57	40
R4	0,115	6,57	40
R5	0,172	6,57	40
R6	0,166	6,57	40

Tabella 5-8 Concentrazioni di NO<sub>2</sub> medie annue

Ricettori	NO <sub>2</sub> max orario (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> da centralina di Poggio San Rocco, di fondo urbano - anno 2018 (µg/m <sup>3</sup> )	Limite normativo D.Lgs.155/2010 (µg/m <sup>3</sup> )
R1	17,733	6,57	200
R2	10,708	6,57	200
R3	11,567	6,57	200
R4	4,632	6,57	200
R5	39,261	6,57	200
R6	38,801	6,57	200

Tabella 5-9 Concentrazioni di NO<sub>2</sub> massimi orari

Dalle tabelle sopra riportate emergono le seguenti considerazioni:

- Alla luce dei valori di concentrazione massimi medi sulle 8 ore consecutive risultati dalla simulazione, si può concludere che in termini di CO **non si evidenzia alcuna problematica** legata al progetto in esame e per tutti i ricettori è ampiamente verificato il rispetto del limite normativo;
- In merito agli NO<sub>x</sub>, i valori di concentrazione media annua risultanti dal modello in prossimità dei ricettori vegetazionali sono **estremamente bassi** (il valore maggiore si registra in V2 ed è pari a 0,337 µg/m<sup>3</sup>) e pertanto il limite normativo viene rispettato.
- Per quanto riguarda l'NO<sub>2</sub>, in termini di media annua i risultati sui ricettori per la salute umana restituiscono una situazione **del tutto analoga a quella descritta al punto**

**precedente.** I valori calcolati **risultano pressoché irrilevanti e sempre al di sotto del limite normativo per tutti i ricettori.**

- Rispetto ai valori massimi orari di NO<sub>2</sub>, stimati sui ricettori per la salute umana si evidenziano valori al di sotto di 40 µg/m<sup>3</sup>, che **sono ampiamente al di sotto del limite normativo di 200 µg/m<sup>3</sup>.**

Pertanto, alla luce di tali considerazioni, è possibile concludere che l'intervento previsto per la Centrale, **non risulta significativo rispetto alla dispersione degli inquinanti di interesse** (CO, NO<sub>x</sub> e NO<sub>2</sub>), essendo sempre rispettato il limite normativo in corrispondenza dei ricettori maggiormente esposti, sia di tipologia residenziale che caratteristici delle aree naturali, **non determinando peraltro alcuna differenza con lo stato attuale.**