


Provincia di Cuneo
S.S. 28 del Colle di Nava
Lavori di realizzazione della Tangenziale di Mondovì con collegamento alla S.S. 28 Dir – 564 e al casello A6 "Torino–Savona" – III Lotto (Variante di Mondovì)

PROGETTO DEFINITIVO

COD. T008

PROGETTAZIONE:		MANDATARIA:	MANDANTI:	
RAGGRUPPAMENTO				
TEMPORANEO PROGETTISTI			BUILDING FOR HUMANS	
IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:		IL PROGETTISTA:		
Ing. Andrea Renzo – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2413		Ing. Corrado Pesce Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A1984		
IL GEOLOGO:		GRUPPO DI PROGETTAZIONE:		
Geol. Emanuele Fresia – TECHNITAL Ordine Geologi Veneto n. A501		COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E PROGETTAZIONE STRADALE:		
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:		Ing. Carlo Vittorio Matildi – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. 6457/A		
Ing. Paolo Barrasso – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A9513		COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E COORDINATORE STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE:		
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:		Ing. Corrado Pesce – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A1984		
Ing. Giuseppe Danilo Malgeri		OPERE D'ARTE MAGGIORI GALLERIA:		
PROTOCOLLO:		Ing. Corrado Pesce – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A1984		
DATA:		OPERE D'ARTE MAGGIORI PONTI E MINORI:		
		Ing. Stefano Isani – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A4550		
		GEOTECNICA:		
		Ing. Alessandro Rizzo – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. A19598		
		IDROLOGIA ED IDRAULICA:		
		Ing. Simone Venturini – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2515		

08 – STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE
08.03 – Analisi Ambientale
08.03.01 – Aria : Studio atmosferico

CODICE PROGETTO		NOME FILE		PROGR. ELAB.	REV.	SCALA:
DPT00008D16		08.01_T00_IA03_AMB_RE01_E		08.01		
		CODICE ELAB.			E	–
		T00IA03AMBRE01				
F						
E	ISTRUTTORIE CdS e VIA	Nov. 2022	Technital	Tittonel	Pesce	Pesce
D						
A	EMISSIONE	Mar. 2020	Technital	Tittonel	Piccoli	Piccoli
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

ATMOSFERA	1
1 Premessa	1
2 Normativa di riferimento	2
3 Quadro meteo-climatico a scala regionale	7
4 Quadro meteo-climatico nell'area in esame	13
5 Stato di qualità dell'aria nel territorio di interesse	33
6 Sorgenti e recettori	99
7 Emissioni	101
8 Traffico indotto nella fase di cantiere	125
9 Modello di dispersione	132
10 Impatti dell'opera in fase di cantiere	152
11 Impatti dell'opera in fase di esercizio	156
12 Confronto opzione zero/post operam	161
13 Mitigazioni	164
14 Confronto tra le varie alternative di tracciato	165
15 Indicazioni per il monitoraggio ambientale	166
16 Bibliografia	168

ATMOSFERA

1 Premessa

La nuova tangenziale di Mondovì (Cuneo) rientra nel piano di riordino del sistema viario del Piemonte Sud Occidentale. La circonvallazione si svilupperà interamente nel territorio comunale di Mondovì e drenerà il flusso di traffico proveniente dal quadrante Sud-Est collegando la S.S. 28, la S.P. 5 e la S.S. 564 con l'Autostrada A6 Torino-Savona presso lo svincolo di Mondovì.

La progettazione e realizzazione della suddetta arteria stradale è stata suddivisa in 3 lotti funzionali, Figura 3.1, dei quali i primi due sono stati già completati e pienamente operativi, mentre il terzo è oggetto della presente progettazione.

Il lotto n° 3 di cui al presente Progetto Definitivo è lungo 2.667 m circa e, con una direzione sostanzialmente Ovest-Est, assicura a Sud del centro abitato il collegamento fra la S.P. 5 Villanova – Mondovì e la S.S. 28 del Colle di Nava.

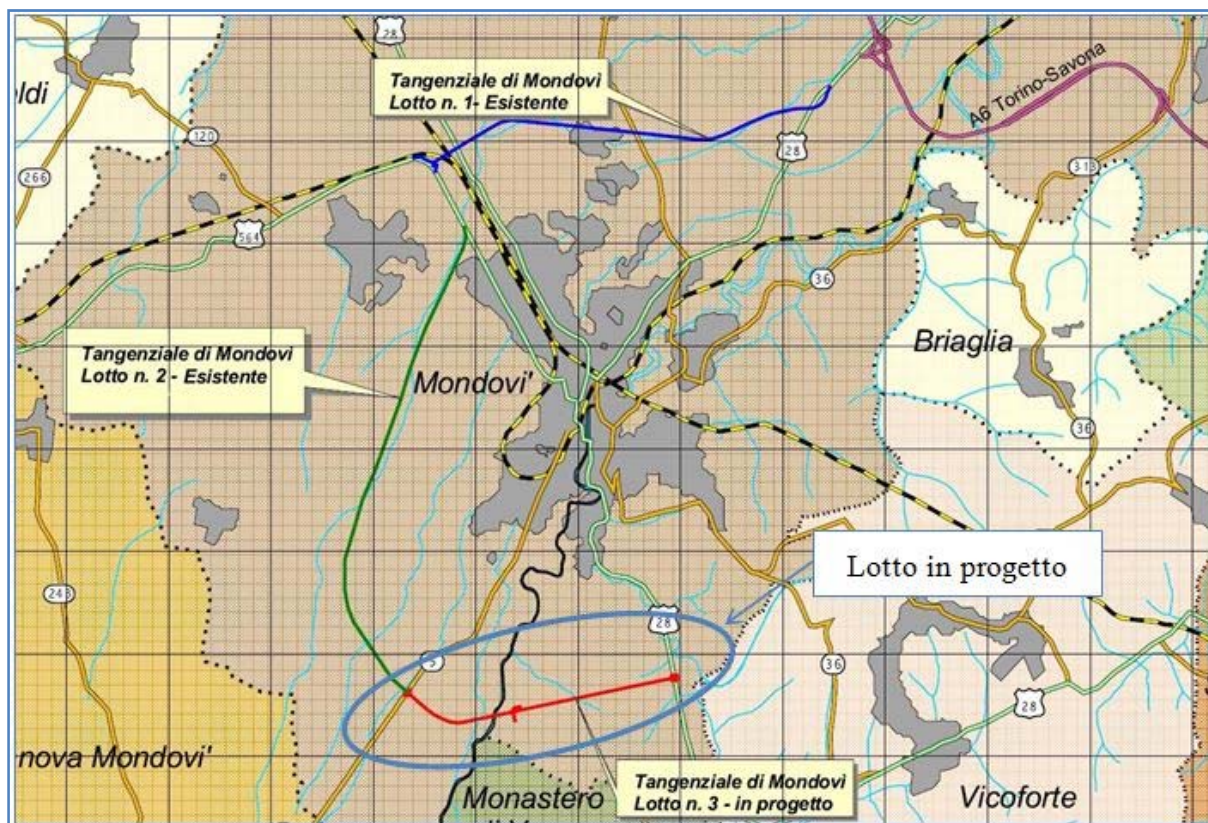


Figura 1.1 Tangenziale di Mondovì. Inquadramento geografico a grande scala

2 Normativa di riferimento

- Norma Quadro D.L. 155/2010
- D.M. Ambiente 29 Novembre 2012
- D.M. 22 Febbraio 2013
- D.M. 13 Marzo 2013
- D.M. 5 Maggio 2015
- D.M. 26 gennaio 2017
- La Legge Regionale n.43/2000 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria."
- D.G.R. 29 dicembre 2014 n. 41-855 con la nuova zonizzazione
- [D.G.R. 25 marzo 2019, n. 364-6854](#)
- [Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 24-903](#)

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10) prevede i seguenti limiti di legge, che verranno utilizzati anche in questo studio come valori di riferimento per valutare gli impatti del progetto:

	normativa		UM	valore concentrazione
PM10				
media 24h	D.Lgs. 155/10		µg/m ³	50 (da non superare più di 35 volte per anno civile)
media 8760h	D.Lgs. 155/10		µg/m ³	40
PM2,5				
media 8760h	D.Lgs. 155/10		µg/m ³	25
NO2				
media 1h	D.Lgs. 155/10		µg/m ³	200 (da non superare più di 18 volte per anno civile)
media 8760h	D.Lgs. 155/10		µg/m ³	40
NOx				
media 8760h	D.Lgs. 155/10		µg/m ³	30 (livello critico per la protezione della vegetazione)
CO				
Media 8h	D.Lgs. 155/10		µg/m ³	10.000
C6H6				
media 8760h	D.Lgs. 155/10		µg/Nm ³	5

Con deliberazione della Giunta regionale 29 dicembre 2014 n. 41-855, la Regione Piemonte, ha approvato la nuova zonizzazione del territorio regionale relativa alla qualità dell'aria ambiente e individuato gli strumenti utili alla sua valutazione tra i quali, ad esempio, il programma di valutazione.

In particolare il progetto relativo alla nuova zonizzazione e classificazione del territorio, sulla base degli obiettivi di protezione per la salute umana per gli inquinanti NO₂, SO₂, C₆H₆, CO, PM₁₀, PM_{2,5}, Pb, As, Cd, Ni, B(a)P, nonché obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione relativamente all'ozono, ha ripartito il territorio regionale nelle seguenti zone ed agglomerati:

- Agglomerato di Torino - codice zona IT0118
- Zona denominata Pianura - codice zona IT0119
- Zona denominata Collina - codice zona IT0120
- Zona denominata di Montagna - codice zona IT0121
- Zona denominata Piemonte - codice zona IT0122

In conformità all'articolo 16 della decisione 850/2011/EU e all'articolo 19 del d.lgs. 155/2010, la nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale è divenuta applicabile per i relativi obblighi di reporting delle informazioni sulla qualità dell'aria del 2014.

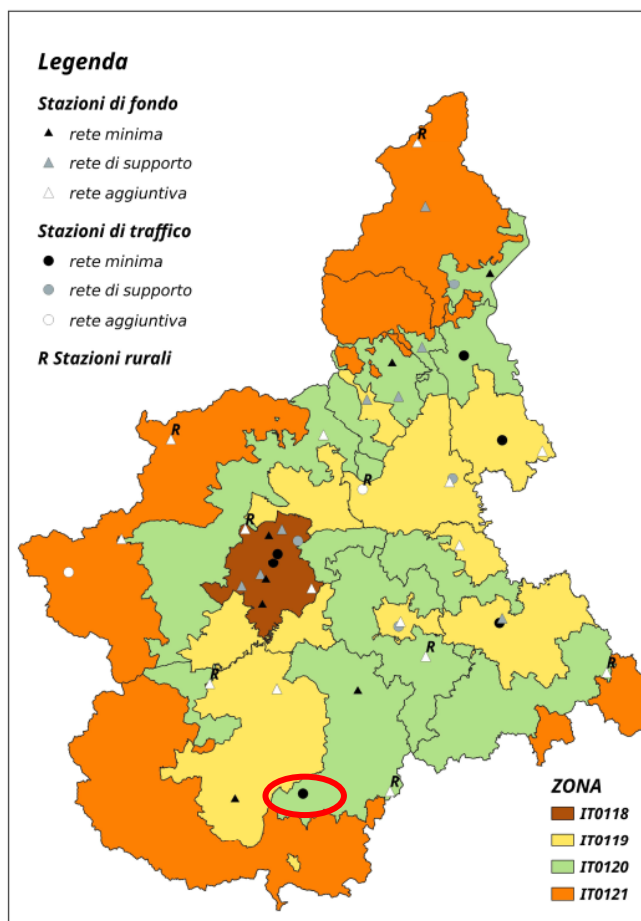


Figura 2.1 La rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria per inquinanti diversi dall'ozono

Il Comune di Mondovì rientra nella Zona Colline IT0120.

Con Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 24-903 è stata approvata la Verifica ed aggiornamento della zonizzazione e della classificazione del territorio regionale piemontese ed aggiornamento del relativo programma di valutazione della qualità dell'aria ambiente, ai sensi degli articoli 4 e 5 del d.lgs. 155/2010.

Di seguito, si riassumono le nuove caratteristiche delle zone e dell'agglomerato di Torino:

a) agglomerato di Torino (codice IT0118), coincidente con il territorio dei Comuni dell'Agenzia per la mobilità dell'area Metropolitana di Torino; questa zona, costituita da 33 Comuni, ha una popolazione complessiva pari a 1.532.332 abitanti e un'estensione pari a 838 km²;

b) zona di pianura (codice IT0119), costituita da 268 Comuni, con una popolazione di 1.322.596 abitanti e un'estensione complessiva di 6.623 km²;

c) zona di collina (codice IT0120), costituita da 646 Comuni, con una popolazione di 1.338.980 abitanti e un'estensione complessiva di 8.801 km²;

d) zona di montagna (codice IT0121), costituita da 234 Comuni, con una popolazione di 181.098 abitanti e un'estensione complessiva di 9.125 km²;

e) zona Piemonte (codice IT0122), costituita da 1.148 Comuni, con una popolazione di 4.375.006 abitanti e un'estensione complessiva di 25.389 km²;

Tabella n. 1 - Principali caratteristiche dell'agglomerato e delle zone

	u.m.	Agglomerato Torino IT0118	Zona pianura IT0119	Zona collina IT0120	Zona montagna IT0121	Zona Piemonte IT0122	Regione
N° Comuni		33	268	646	234	1.148	1.181
Popolazione	ab	1.532.332	1.322.596	1.338.980	181.098	2.842.674	4.375.006
Superficie	km ²	838	6.623	8.801	9.125	24.549	25.389
Densità abitativa	ab/km ²	1.828,12	199,70	152,14	19,85	115,80	172,32
Densità em. PM10	t/km ²	2,32	0,94	0,91	0,23	0,67	0,72
Densità em. Nox	t/km ²	13,51	3,45	2,02	0,27	1,75	2,14
Densità em. COV	t/km ²	19,09	7,58	6,85	5,03	6,37	6,79
Densità em. NH3	t/km ²	2,87	3,99	1,12	0,26	1,57	1,62

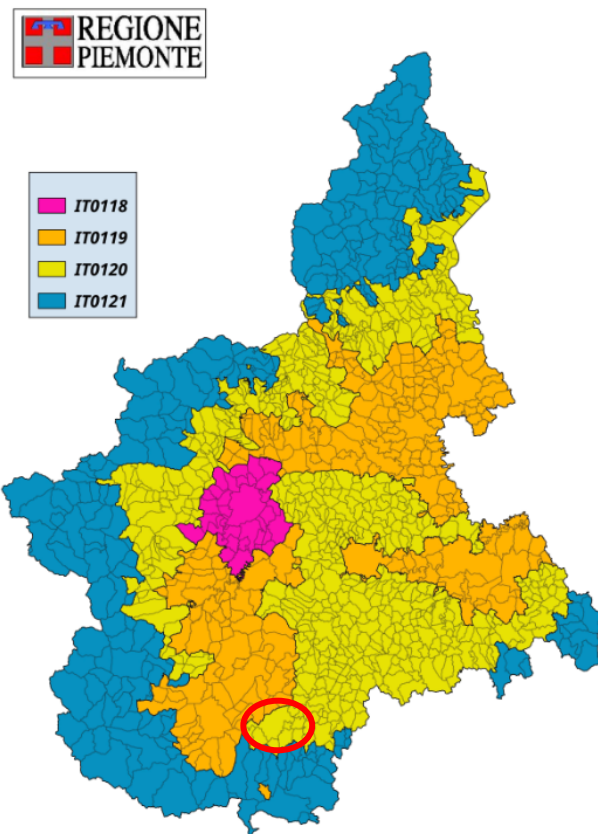


Figura 2.2 Rappresentazione grafica della zonizzazione per gli inquinanti NO₂, SO₂, C₆H₆, CO, PM₁₀, PM_{2,5}, Pb, As, Cd, Ni, B(a)P

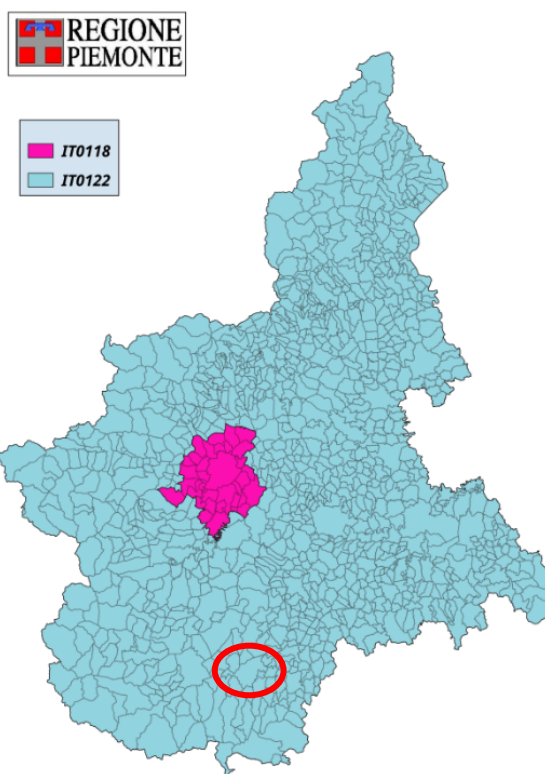


Figura 2.3 Rappresentazione grafica della zonizzazione per la tutela della salute umana e della vegetazione in riferimento all'ozono

L'articolo 4, comma 1, del d.lgs. 155/2010 prevede che le zone e gli agglomerati siano classificati, per ogni singolo inquinante indicato all'articolo 1, comma 2, sulla base delle soglie di valutazione superiori ed inferiori, previste dall'allegato II, sezione 1 e secondo la procedura prevista dall'allegato II, sezione 2.

Ai fini della classificazione, si analizzano i livelli di concentrazione degli inquinanti nei cinque anni civili precedenti e si verifica l'eventuale esistenza di superamento, per almeno tre anni, delle soglie sopra citate.

Per quanto riguarda la classificazione della zona individuata per l'Ozono, invece della soglia di valutazione, occorre considerare gli obiettivi a lungo termine previsti nell'Allegato VII, paragrafo 3 (vedi articolo 8, commi 2 e 5, del d.lgs. 155/2010).

Per la verifica dell'esistenza di superamenti delle soglie di valutazione superiori e inferiori e degli obiettivi a lungo termine, la Regione Piemonte ha utilizzato i dati rilevati dalle centraline del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA) negli anni 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018 e le simulazioni modellistiche elaborate a supporto delle Valutazioni di qualità dell'aria dei medesimi anni.

La zona di interesse (IT0120) si caratterizza per la presenza di livelli sopra la soglia di valutazione superiore per i seguenti inquinanti: NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} e B(a)P. Il resto degli inquinanti sono sotto la soglia di valutazione inferiore. Rispetto alla pregressa classificazione, si evidenzia che il benzene si posiziona sotto la soglia di valutazione inferiore.

Relativamente all'ozono, invece delle soglie di valutazione, occorre considerare il valore obiettivo a lungo termine (LTO): il superamento di questo valore (indicato con la sigla LTO_U), anche per un solo anno civile negli ultimi cinque, rende necessaria la misurazione in continuo (cfr. art. 8, comma 2, d.lgs.155/2010).

La classificazione evidenzia il superamento degli obiettivi a lungo termine per i livelli di ozono relativi alla protezione della salute umana e della vegetazione su tutto il territorio regionale.

CODICE IT0120 – ZONA DI COLLINA									
ISTAT	DENOMINAZIONE	ZONA	AREA (km ²)	Popolazione 2018	Densità Abitativa (ab/km ²)	Densità emissiva			
						PM ₁₀ /km ²	NH ₃ /km ²	COV/km ²	NO _x /km ²
004130	Mondovì	IT0120	86,98	22.444	258,0	1,32	4,58	3,85	7,13
004201	Saliceto	IT0120	24,33	1.269	52,2	0,67	0,35	0,71	6,27

ZONA	NOME STAZIONE	CODICE EOI	INDIRIZZO	PROPRIETA'	GESTIONE	RETE	TIPO ZONA	TIPO STAZIONE
IT0120	Mondovì - Aragno	IT2118	Via Di Borgo Aragno angolo Via Torino - Mondovì (CN)	Pubblica	Pubblica	Nazionale	Urbana	Traffico
				<i>Parametro</i>	<i>metodo di misura</i>	<i>rete</i>	<i>data inizio</i>	<i>data fine</i>
				Arsenico nel PM10	ICP-MS	Nazionale	13/12/13	
				Benzene	GC-PID	Nazionale	13/12/13	
				Benzo(a)pirene nel PM10	GC-MS	Nazionale	13/12/13	
				Biossido di azoto (NO ₂)	chemi	Nazionale	13/12/13	
				Cadmio nel PM10	ICP-MS	Nazionale	13/12/13	
				Monossido di azoto (NO)	chemi	Nazionale	13/12/13	
				Monossido di carbonio (CO)	NDIR	Nazionale	05/02/14	
				Nichel nel PM10	ICP-MS	Nazionale	13/12/13	
				Ossidi di azoto (NO _x)	chemi	Nazionale	13/12/13	
				Piombo nel PM10	ICP-MS	Nazionale	13/12/13	
				PM10	gravi	Nazionale	13/12/13	
				PM2.5	gravi	Nazionale	13/12/13	

IT0120	Saliceto - Moizo	IT1519	via Monsignor G. Moizo - Saliceto (CN)	Pubblica	Pubblica	Nazionale	Rurale	Fondo
				Parametro	metodo di misura	rete	data inizio	data fine
				Arsenico nel PM10	ICP-MS	Locale	01/01/02	
				Benzo(a)pirene nel PM10	GC-MS	Nazionale	01/01/02	
				Biossido di azoto (NO2)	chemi	Nazionale	01/07/00	
				Cadmio nel PM10	ICP-MS	Locale	01/01/02	
				Monossido di azoto (NO)	chemi	Nazionale	01/07/00	
				Nichel nel PM10	ICP-MS	Locale	01/01/02	
				Ossidi di azoto (NOx)	chemi	Nazionale	01/07/00	
				Ozono (O3)	UV-P	Nazionale	01/07/00	
				Piombo nel PM10	ICP-MS	Locale	01/01/02	
				PM10	gravi	Nazionale	01/01/02	

3 Quadro meteo-climatico a scala regionale

La Regione Piemonte presenta un territorio prevalentemente montuoso (73%) caratterizzato dalla muraglia alpina dal lato nord fino a quello sud-orientale, da cui si dipartono valli trasversali alla direzione delle strutture, che sfociano direttamente nell'alveo padano. Tale conformazione favorisce il moltiplicarsi di microclimi. La fascia pedemontana è irrorata da piogge abbondanti e frequenti a causa dei forti dislivelli che impongono alle masse d'aria dirette verso nord-ovest e provenienti da sud-est improvvisi movimenti ascensionali. I rilievi collinari del Bacino Terziario Piemontese, collocati tra il solco dell'Alta Pianura Padana e l'Appennino Ligure, subiscono influenze continentali e mediterranee, mentre nella parte centrale del bacino la maggiore xericità rende prevalente il tipo sublitoraneo padano: a Bra il clima è subumido asciutto temperato con estate calda, ad Asti il clima è tendenzialmente secco, temperato con estate calda, a Casale Monferrato il clima è subumido piovoso temperato con estate moderatamente calda.

Esistono tre regioni di pianura:

- La sud-occidentale cuneese
- La nord-orientale vercellese-novarese
- La sud orientale alessandrina.

Le prime due, pedemontane, seguono la suddivisione classica in alta e bassa pianura, segnata dalla linea delle risorgive. A monte dei fontanili si instaura un ambiente climatico pedemontano, a valle aumentano le condizioni di umidità dell'aria e di nebbiosità invernale. Il regime pluviometrico è di tipo sub-litoraneo padano con due massimi nelle stagioni intermedie e due minimi invernale ed estivo. La variabilità termo pluviometrica all'interno delle pianure si mantiene nel complesso modesta. La pianura cuneese separata dal resto della valle padana assume tratti di maggiore individualità con l'inversione dei massimi di precipitazione annua e la diffusione di biomi più aridi conviventi con piogge relativamente ricche.

Il numero medio annuo di giorni di pioggia in Piemonte varia da un minimo tipico dell'ambiente mediterraneo (50) a un massimo più continentale (circa 140). I valori di precipitazione media annuale variano da 600 a 1800 mm/anno.

La temperatura media annua decresce con la quota generalmente. Nelle aree di pianura la temperatura media mensile supera i 10°C da aprile a ottobre mentre nelle zone montane sopra 500 m il periodo con temperature medie mensili superiori ai 10°C si assottiglia progressivamente fino ad annullarsi sopra i 2000 m.

Precipitazione media annuale (mm)
Media climatologica 1971-2000

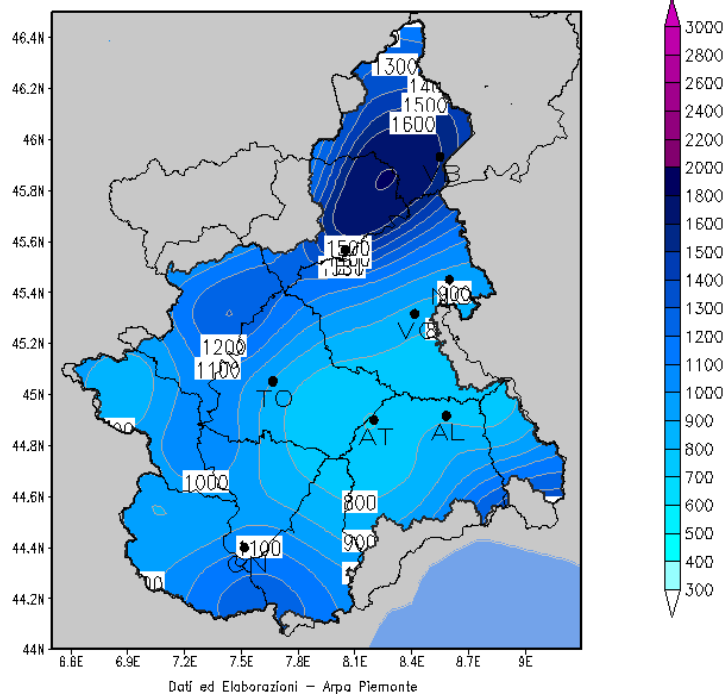


Figura 3.1 Precipitazione media annua (sito ARPA Piemonte)

Temperatura media annuale a 2 m (°C)
Media climatologica 1971-2000

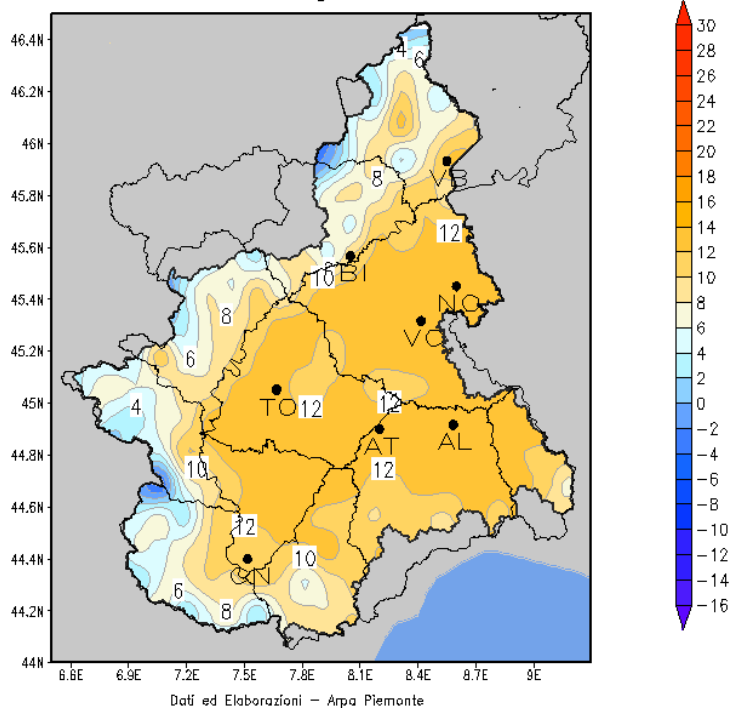


Figura 3.2 Temperatura media annua (sito ARPA Piemonte)

Temperatura minima annuale a 2 m (°C)
Media climatologica 1971–2000

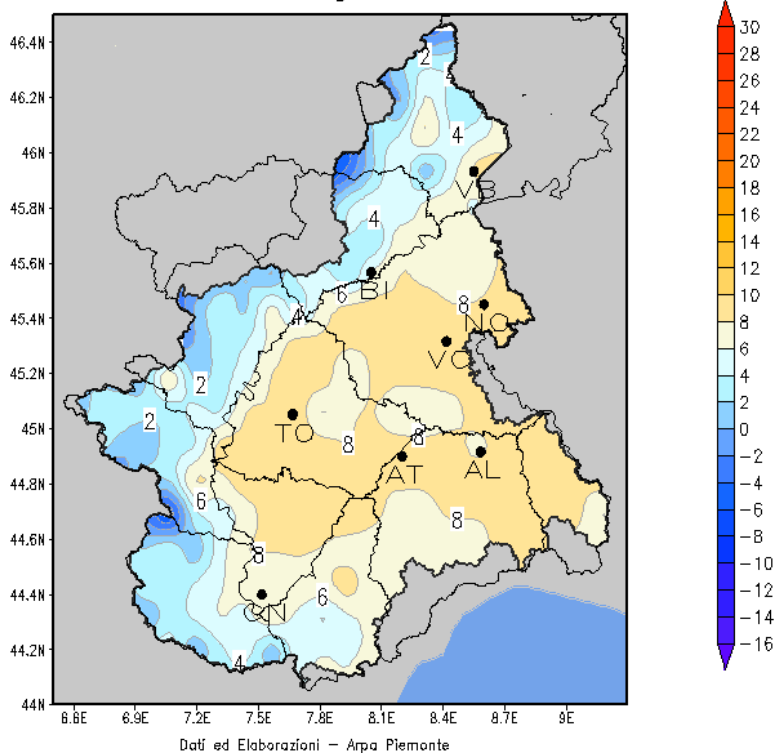


Figura 3.3 Temperatura minima annuale (sito ARPA Piemonte)

Temperatura massima annuale a 2 m (°C)
Media climatologica 1971–2000

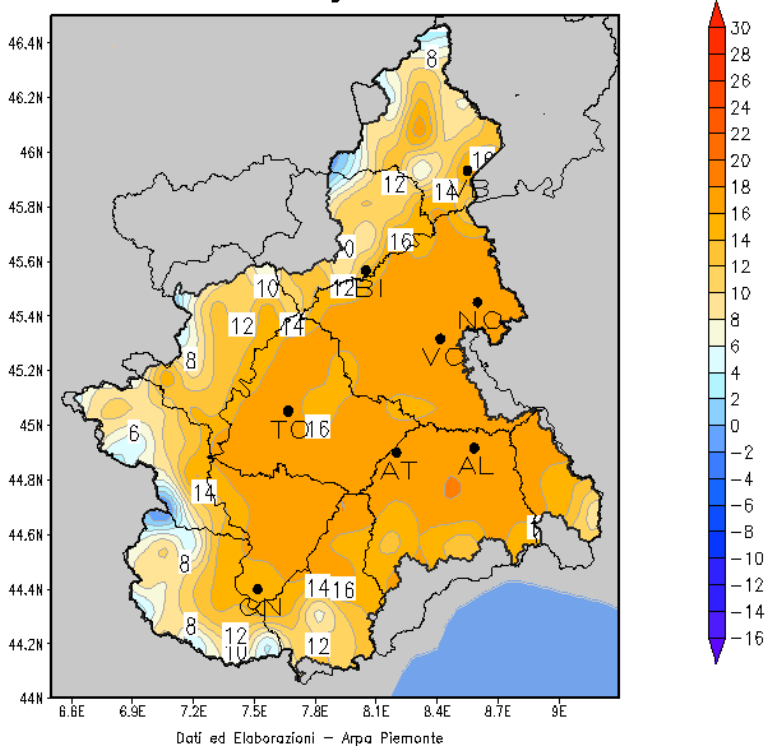


Figura 3.4 Temperatura massima annuale (sito ARPA Piemonte)

Altri indicatori significativi delle condizioni meteo regionali sono i giorni di nebbie. L'indicatore fornisce il numero di giorni nell'anno in cui la visibilità è inferiore a 1000 m per almeno 3 ore consecutive. Vengono inoltre forniti i giorni in cui la visibilità è risultata inferiore a 100 m, condizione di nebbia fitta per la quale il Codice della strada prevede un abbassamento del limite di velocità in autostrada.

NEBBIE - VISIBILITA' <1 KM PER 3 ORE CONSECUTIVE																		
	Torino Caselle		Carmagnola		Alessandria		Govone (CN)		Biella		Cuneo		Novara Ceneri		Pallanza (VB)		Vercelli	
	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014
GENNAIO	6,3	1	17,7	14	15,4	9	12,4	5	2,2	0	5,0	3	12,5	5	1,8	1	13,8	6
FEBBRAIO	2,6	1	13,7	8	8,0	8	10,5	9	1,0	1	2,5	0	6,7	2	0,7	0	6,1	5
MARZO	0,7	0	6,3	9	3,3	0	6,3	2	0,3	0	0,8	0	2,5	1	0,5	0	2,4	0
APRILE	0,0	0	3,2	5	0,8	0	3,8	7	0,2	0	0,2	0	0,7	1	0,0	0	0,9	1
MAGGIO	0,0	0	1,2	2	0,8	1	2,0	2	0,2	0	0,0	1	0,7	1	0,0	0	0,0	1
GIUGNO	0,0	0	1,0	0	0,2	0	0,8	0	0,0	0	0,0	0	0,1	0	0,0	0	0,2	0
LUGLIO	0,0	0	0,8	2	0,0	0	0,5	0	0,0	0	0,2	0	0,0	0	0,0	0	0,1	0
AGOSTO	0,1	0	0,9	1	0,1	0	0,6	1	0,0	0	0,2	0	0,1	0	0,0	0	0,1	1
SETTEMBRE	0,0	0	4,4	5	0,9	4	4,6	6	0,2	0	0,2	0	0,4	0	0,2	0	0,4	0
OTTOBRE	0,6	0	16,7	10	8,2	3	13,2	11	0,3	0	0,8	0	4,8	6	0,2	0	4,9	6
NOVEMBRE	4,0	2	16,4	18	10,3	9	13,4	13	1,2	3	3,5	2	8,7	2	0,0	0	8,4	7
DICEMBRE	4,0	4	14,9	15	11,5	14	9,8	12	1,0	0	3,7	2	9,4	9	1,0	1	10,2	11
ANNO	18,3	8	97,2	89	59,5	48	78,0	68	6,5	4	17,0	8	46,6	27	4,3	2	47,5	38

NEBBIE - VISIBILITA' <100 m PER 3 ORE CONSECUTIVE																		
	Torino Caselle		Carmagnola (T)		Alessandria (L)		Govone (CN)		Biella		Cuneo Levaldigi		Novara Ceneri		Pallanza (VB)		Vercelli	
	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014	2004-2013	2014
GENNAIO	1,1	0	5,2	3	1,4	0	2,0	0	0,0	0	0,3	0	2,0	0	0,0	0	1,3	0
FEBBRAIO	0,2	0	4,6	0	1,6	0	1,7	0	0,0	0	0,1	0	0,9	0	0,0	0	1,2	0
MARZO	0,1	0	0,7	0	0,1	0	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,2	0	0,0	0	0,1	0
APRILE	0,0	0	0,2	0	0,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
MAGGIO	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
GIUGNO	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
LUGLIO	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
AGOSTO	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
SETTEMBRE	0,0	0	0,1	0	0,0	0	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
OTTOBRE	0,0	0	2,3	2	0,6	0	2,2	1	0,0	0	0,0	0	0,2	0	0,0	0	0,3	0
NOVEMBRE	0,4	0	3,3	2	1,0	0	0,6	1	0,0	0	0,1	0	0,8	0	0,0	0	0,6	0
DICEMBRE	0,5	1	3,0	2	1,4	0	1,1	0	0,0	0	0,0	0	1,1	0	0,0	0	1,1	0
ANNO	2,3	1	19,4	9	6,2	0	8,2	2	0,0	0	0,5	0	5,2	0	0,0	0	4,6	0

Figura 3.5 Numero giorni nebbia (sito ARPA Piemonte)

L'andamento mensile e stagionale delle direzioni del vento è riportato nelle Figure seguenti. La Regione viene quindi suddivisa in zone a seconda dei diversi regimi direzionali del vento:

- Regime unimodale, caratterizzato dalla presenza di un massimo nella frequenza di provenienza del vento attribuibile per i massimi più accentuati all'incanalamento in valle e per i massimi più deboli ad un condizionamento meteorologico (ad es. Vercelli, Fossano)
- Regime bimodale dovuto principalmente alla canalizzazione di valle del vento come accade in Val di Susa, nell'Ossolano e nel Cuneese ed occupa l'area più vasta nel Piemonte
- Regime trimodale che comprende la zona dell'alto Monferrato.

Per valutare la velocità del vento sono state suddivise le stazioni in classi a seconda della quota di ubicazione: classe A per le stazioni a meno di 500 m di quota, classe B tra 500 e 1000, classe C tra 1000 e 2000 m e classe D per quote superiori a 2000.

Tabella 4.2

STAZIONI	G	F	M	A	M'	G'	L	A'	S	O	N	D	I	P	E	A
Alessandria	SSW	SSW	SSW	NNE	SW	SW	N	N	SW	SW	SW	SW	SW	SW	N	SW
Arquata Scrivia	E	S	S	S	S	S	S	S	S	S	SW	SW	SW	S	S	S
Avigliana	W	W	W	ESE	ESE	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
Baldissero d'alba	S	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	N	NNE	NNE	S	S	S	NNE	NNE	S
Barcenisio	WSW	WNW	SE	S	SE	W	W	W	SE	SE	W	WSW	WSW	W	W	SE
Basaluzzo	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Bauducchi	SE	E	E	E	E	E	E	E	E	E	S	SE	SE	E	E	E
Belmonte	S	SSE	SSE	SE	SE	SE	SE	SSE	SE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SE	SSE
Bergalli	WNW	WNW	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	WNW	ESE	WNW	SE	SE	SE
Borgofranco d'Ivrea	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Borgone	NW	SE	NW	E	ESE	E	E	E	ESE	SE	NW	NW	NW	ESE	E	SE
Bra Museo Craveri	SSE	SSE	SSE	SSE	S	S	S	S	S	SSE	NW	SSE	SSE	SSE	S	S
Bric Bertone	N	N	N	N	N	SE	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Cameri	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Camini Frejus	NE	N	N	N	N	N	SW	SW	SW	SW	N	N	NE	N	SW	SW
Capanne di Cosola	E	WSW	W	E	E	W	W	W	WSW	WSW	WSW	W	W	W	W	WSW
Carmagnola	S	S	S	ENE	ENE	NE	NE	NE	NE	SSE	S	S	S	ENE	NE	S
Casale Monferrato	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	SSE	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	N	NNW	NNW
Castellar Ponzano	SSE	SSE	SSE	S	S	S	S	S	S	SSE	SSE	SSE	SSE	S	S	SSE
Clot della Soma	E	E	WSW	WSW	E	WSW	WSW	E	E	N	E	E	E	WSW	WSW	E
Colle Barant	E	E	WSW	WSW	E	WSW	WSW	E	WSW	E	WSW	E	E	E	WSW	WSW
Colle Bercia	SW	W	W	SW	N	SW	NW	NNE	N	SSW	SW	W	SW	N	NW	SSW
Colle Lombarda	N	N	N	N	N	SSE	NW	SSE	SSE	SSE	SSE	N	N	N	SSE	SSE
Colle San Bernardo	NNW	NNW	NNW	SE	SE	SE	SE	NNW	SE	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	SE	NNW
Crea	N	SSW	SE	NW	NE	SSW	SSW	NNE	ESE	SE	N	NNW	NNW	SSW	SSW	ESE
Cumiana	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW
Domodossola	NE	NE	NE	SW	NE	SW	SW	NE	NE	NE	NE	NE	NE	SW	NE	NE

segue Tabella 4.2

STAZIONI	G	F	M	A	M'	G'	L	A'	S	O	N	D	I	P	E	A
Finiere	WSW	WSW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	WSW	SW	WSW	WSW	SW	SW	SSW
Fossano	SSW	SSW	SSW	S	S	S	S	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	S	S	SW
Gad	W	WSW	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	W	WSW	WSW	WSW	ENE	ENE	ENE
Graviere	SW	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Isola Sant'antonio	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SW	SW	SW	SSW	SW	SSW	SSW	SSW	SSW	SW	SSW
Le Selle	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	E	E	E	E	NNE	NNE	NNE	NNE	E	E
Limone Pancani	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE
Mombarcaro	NW	NW	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SSE	NW	NW	NW	NW	SE	SE	NW
Montaldo Scarampi	W	W	W	SSE	SSE	SSE	SSE	W	W	W	W	W	W	W	SSE	W
Monte Fraiteve	E	WNW	WNW	WNW	E	SSW	NW	SSW	WNW	SSW	WNW	W	WNW	WNW	WNW	WNW
Monte Malanotte	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
Mottarone	WSW	N	N	N	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SW	N	N	N	SSW	SSW	N
Novi Ligure	S	S	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	N	SW	SW	SSE	SSE	SSE
Oropa	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW
Passo del Moro	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Pian dei Camosci	SW	SW	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	SW	SW	NE	NE	NE
Pietrastretta	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW
Pino Torinese	NW	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	NW	NW	NW	SSE	SSE	SSE
Piverone	NW	SSE	SE	SSE	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NE	N	N
Prarotto	W	W	E	E	E	E	E	E	ENE	ENE	ENE	W	W	E	E	ENE
Prerichard	NNW	NNW	NW	NW	SSE	SSE	SSE	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	NW	SSE	NNW
Rifugio Gastaldi	NW	NW	NW	NW	NW	NW	E	E	E	NW	NW	NW	NW	NW	E	NW
Rifugio Mondovì	SE	SE	SSE	SE	N	N	N	N	N	SE	SE	SE	SE	SE	N	SE
Rifugio Vaccarone	W	W	WNW	W	W	WNW	WNW	W	W	W	W	W	W	W	WNW	W
Sardigliano	ENE	ENE	ENE	SSE	E	ENE	SSE	E	E	E	E	E	E	SSE	E	E
Spineto Scrivia	SSE	ENE	S	S	S	S	S	S	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	S	S	SSE
Vercelli	W	NNW	NNE	NNE	NNE	N	N	N	NNE	N	N	N	N	NNE	N	N

Figura 3.6 Direzione vento prevalente calcolato nel periodo compreso tra la data di installazione dei sensori e il 2002.

Tabella 5.1			Classe B		
Classe A	Quota	V (m/s)	Quota	V (m/s)	
FOSSANO	403	2.18	COLLE SAN BERNARDO	980	5.63
BORGONE	400	1.91	MOMBARCARO	896	3.60
BERGALLI	385	1.35	FINIERE	813	2.82
CREA	385	1.45	PONZONE BRIC BERTON	773	3.29
AVIGLIANA	340	1.67	BELMONTE	687	2.13
BORGOFRANCO D'IVREA	337	2.51	PINO TORINESE	608	1.79
CUMIANA	327	1.30	PIETRASTRETTA	520	3.27
ARQUATA SCRIVIA	325	1.37	Classe C		
MONTALDO SCARAMPI	295	2.41	Quota	V (m/s)	
BRA	285	1.18	CAMINI FREJUS	1740	1.82
BALDISSERO D'ALBA	265	0.63	MONTE MALANOTTE	1735	2.94
DOMODOSSOLA	252	1.56	CAPANNE DI COSOLA	1550	5.33
BUON PASTORE	240	0.8	BARCENISIO	1525	1.42
CARMAGNOLA	232	1.11	MOTTARONE	1491	3.40
PIVERONE	230	0.99	PRAROTTO	1440	1.52
SARDIGLIANO	228	2.30	PRERICHARD	1353	1.92
BAUDUCCHI	226	1.36	OROPA	1162	1.99
SPINETO SCRIVIA	187	1.79	GAD	1065	3.74
CAMERI	173	1.59	SALBERTRAND	1010	2.44
NOVI LIGURE	162	1.13	Classe D		
CASTELLAR PONZANO	146	1.88	Quota	V (m/s)	
VERCELLI	132	1.61	PASSO DEL MORO	2820	2.75
BASALUZZO	128	1.44	RIFUGIO VACCARONE	2745	3.11
CASALE MONFERRATO	118	1.75	MONTE FRAITEVE	2701	5.49
ALESSANDRIA LOBBI	90	1.99	RIFUGIO GASTALDI	2659	2.51
ISOLA S. ANTONIO	77	1.89	FORMAZZA	2453	2.53
			COLLE LOMBARDA	2305	2.60
			COLLE BARANT	2294	2.46
			COLLE BERCIA	2200	1.54
			CLOT DELLA SOMA	2150	1.25
			LIMONE PANCANI	2008	2.76
			BOCCHETTA DELLE PISSE	2410	1.64
			LE SELLE	2008	1.94

Figura 3.7 Valore medio intensità del vento nel periodo compreso tra la data di installazione dei sensori e il 2002.

Le classi prevalenti di velocità del vento in Regione Piemonte sono quelle corrispondenti a velocità basse, comprese tra 1 e 1,5 m/s.

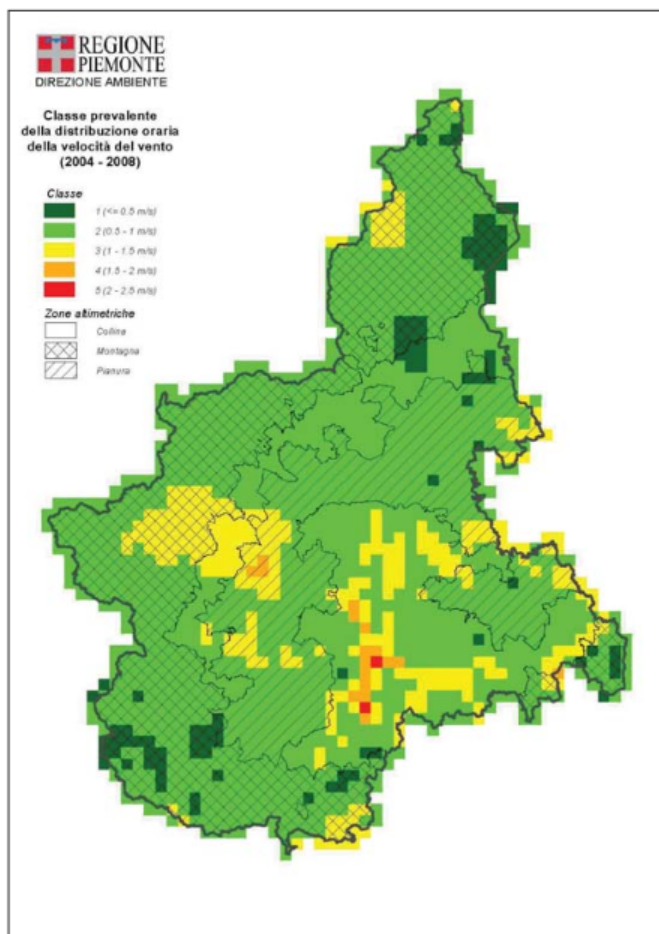


Figura 3.8 Classe prevalente della distribuzione oraria della velocità del vento (Arpa Piemonte)

4 Quadro meteo-climatico nell'area in esame

Il clima dell'area interessata è di tipo continentale con temperature medie annue che si aggirano intorno a 11,2°C, più fredde a gennaio e più elevate in giugno, con escursioni mensili contenute nei mesi invernali e maggiori nel periodo estivo. Gli inverni sono freddi con nebbie e nevicate ed estati calde. Le escursioni termiche annue sono notevoli; le precipitazioni piovose distribuite in tutto l'arco dell'anno, sono più abbondanti in autunno e primavera e caratterizzano un regime pluviometrico sublitoraneo occidentale.

Per la caratterizzazione climatica dell'area si è fatto riferimento ai dati rilevati ed elaborati dalla Regione Piemonte relativi alla stazione meteorologica n. S2891 di Cuneo Camera Commercio (ARPA Piemonte) (quota 550 m s.l.m.) con sensore di pioggia, temperatura, direzione e intensità del vento, alla stazione n. 315 Mondovì (dell'Aeronautica Militare) quota 422 m s.l.m. con sensore di umidità, temperatura, pressione atmosferica, direzione e intensità del vento, copertura e altezza nubi e alla stazione di Fossano (Arpa Piemonte) n. 323 quota 403 m s.l.m. con sensori di pioggia, temperatura, direzione e intensità vento.

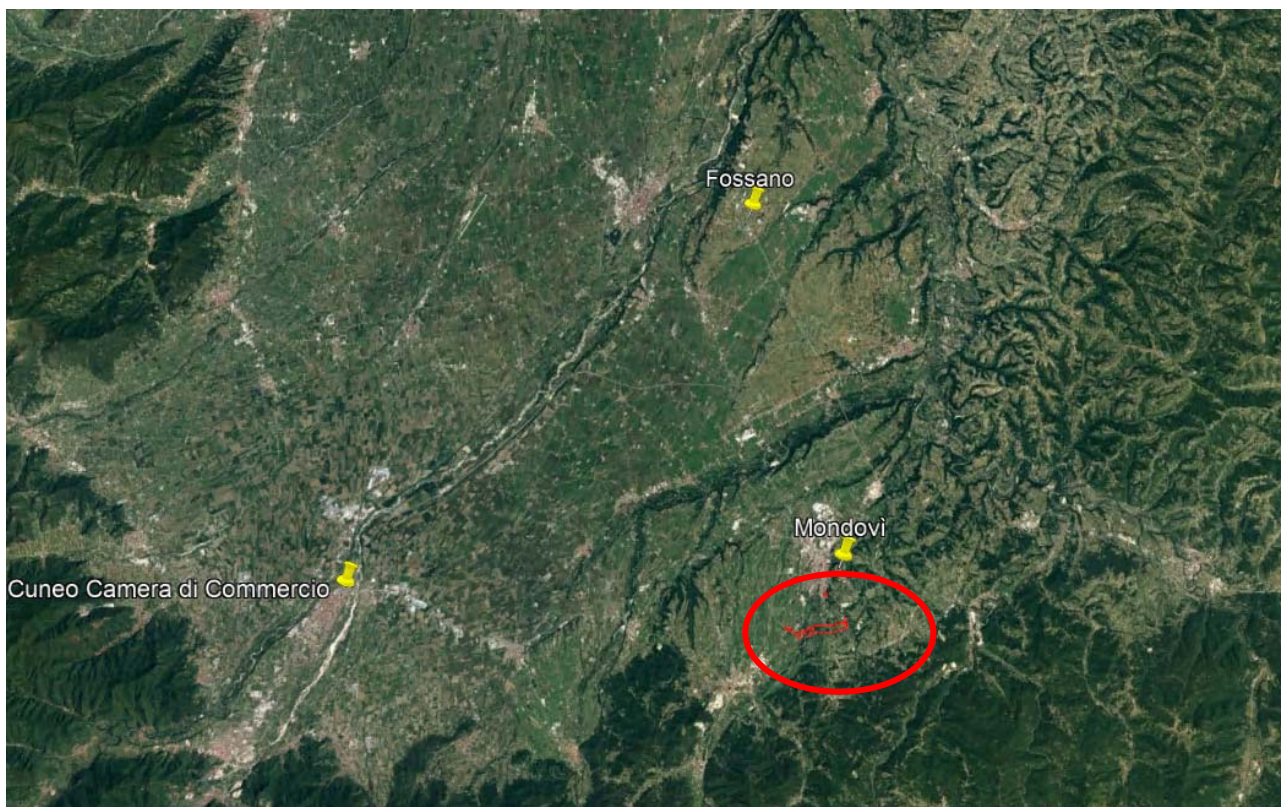


Figura 4.1 - Ubicazione delle stazioni meteo e rappresentazione dell'area di studio

Per valutare lo stato attuale delle condizioni meteo-climatiche dell'area, si è deciso di effettuare un'analisi di dettaglio (attraverso lo studio e l'esame di un anno meteorologico completo) su un'area di estensione 30 x 40 Km, come mostrato nella Figura seguente.

A tale scopo si sono utilizzate le stazioni meteo ARPAV di Cuneo Camera di Commercio e Fossano e la stazione dell'Aeronautica militare di Mondovì relative all'anno 2018, per ricostruire il quadro clima-meteorologico di dettaglio dell'area.

Per l'interpolazione e l'elaborazione delle stazioni meteo di dettaglio si è utilizzato il modello meteorologico diagnostico CALMET, di cui si fa una breve descrizione nel paragrafo successivo.



Figura 4.2 – Zona interessata dal modello meteorologico

Modello meteorologico CALMET

CALMET è un modello diagnostico per la ricostruzione dei campi di vento in un volume tridimensionale dello spazio a partire da dati meteorologici rilevati da stazioni sia superficiali che in quota (profili verticali). Le stazioni di misura possono anche essere esterne al dominio di calcolo; il modello è in grado di operare in presenza di orografia complessa e, in caso di disponibilità di dati relativi a superfici acquatiche (mari, laghi...), può valutare gli effetti meteorologici generati dalla presenza di linee di costa all'interno del dominio. I valori meteorologici forniti in input vengono interpolati sul dominio tridimensionale di calcolo secondo criteri descritti nel manuale d'uso del modello stesso ed alle scelte di input dell'utente. Il risultato finale è la generazione di un campo di vento tridimensionale che terrà in considerazione le particolarità orografiche e meteorologiche del dominio di calcolo ed a divergenza nulla indicato quindi come input meteorologico per calcoli di dispersione di inquinanti.

Il modulo diagnostico del campo di vento utilizza una procedura a due fasi per la fabbricazione del campo. La prima fase crea un campo iniziale, basato sui venti sinottici, e lo corregge introducendo gli effetti del terreno sui flussi. In questa fase, dapprima il modello utilizza i venti sinottici per calcolare una velocità verticale forzata dal terreno e soggetta ad una funzione esponenziale di smorzamento dipendente dalla classe di stabilità atmosferica. In secondo

luogo, sono introdotti gli effetti dell'orografia sulle componenti orizzontali del vento mediante l'applicazione iterativa di uno schema di minimizzazione della divergenza sul campo tridimensionale fino al soddisfacimento del vincolo di minima divergenza:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} < \varepsilon$$

Dove u, v sono le componenti orizzontali del vento (x e y), w la velocità verticale ed ε è il valore massimo assegnato alla divergenza.

Dopo averne elaborato gli effetti termodinamici, il campo passa alla seconda fase procedurale che introduce i dati osservati nelle stazioni meteo di riferimento, al suolo ed eventualmente in quota, in modo da ottenere il campo nella sua versione finale. L'introduzione dei dati osservati è effettuata tramite una procedura d'analisi oggettiva. L'attribuzione di pesi, inversamente proporzionali alla distanza tra punto e stazione di misura, garantisce l'ottenimento di un campo che riflette maggiormente le osservazioni in prossimità dei punti di misura e che è dominato dal campo di primo passo nelle zone prive d'osservazioni. Infine, il campo risultante è sottoposto ad un'operazione di smoothing e di ulteriore minimizzazione della divergenza.

Il modello CALMET è infine parte del sistema CALPUFF per la diffusione di inquinanti. Il sistema è costituito da tre modelli principali CALMET, CALPUFF e CALPOST e da un insieme di preprocessori che hanno lo scopo di permettere al sistema l'utilizzazione dei dati di routine Americani sia meteorologici che geofisici. Se tali dati non sono adattabili ai domini di calcolo scelti (come nel caso di domini esterni agli Stati Uniti) occorrerà preparare appositi file di input (con appositi formati).

Il modello CALMET produce una ricostruzione diagnostica oraria tridimensionale del campo di vento e può essere utilizzato sia come input meteorologico al modello di diffusione CALPUFF (e da altri modelli diffusivi) che come modello a sè.

Nel primo caso permetterà di inserire nel calcolo della diffusione le caratteristiche legate alle particolarità specifiche del territorio (orografia complessa, presenza di coste, uso del suolo ...) in quanto tali caratteristiche si ripercuotono sulla meteorologia calcolata. Questo è lo scopo principale del modello e ne rappresenta il modo di utilizzo più efficace.

Nel secondo caso il modello produrrà un campo di vento in formato binario che potrà essere analizzato ed estratto in formato utilizzabile per scopi di rappresentazione grafica.

Nel nostro caso, il dominio meteorologico risulta completamente definito dalle seguenti caratteristiche:

- sistema di coordinate: UTM32, datum WGS84;
- coordinate dello spigolo SW: 382,651 km Est; 4905,812 km Nord
- numero di celle in direzione Est e Nord: 95 x 70
- superficie complessiva: 38km x 28km = 1064 km²
- dimensione della singola cella: 400 x 400 m²
- numero livelli verticali: 7

- quote facce livelli verticali: 20, 20, 100, 200, 500, 1.000, 2.000 msls.

I livelli verticali sono stati dedicati in particolare alla ricostruzione dei flussi negli strati più bassi dell'atmosfera, dove avverranno effettivamente il trasporto e la dispersione delle emissioni (ovvero emissioni areali e diffuse dovute ad attività di cantiere e da traffico attratto e generato).

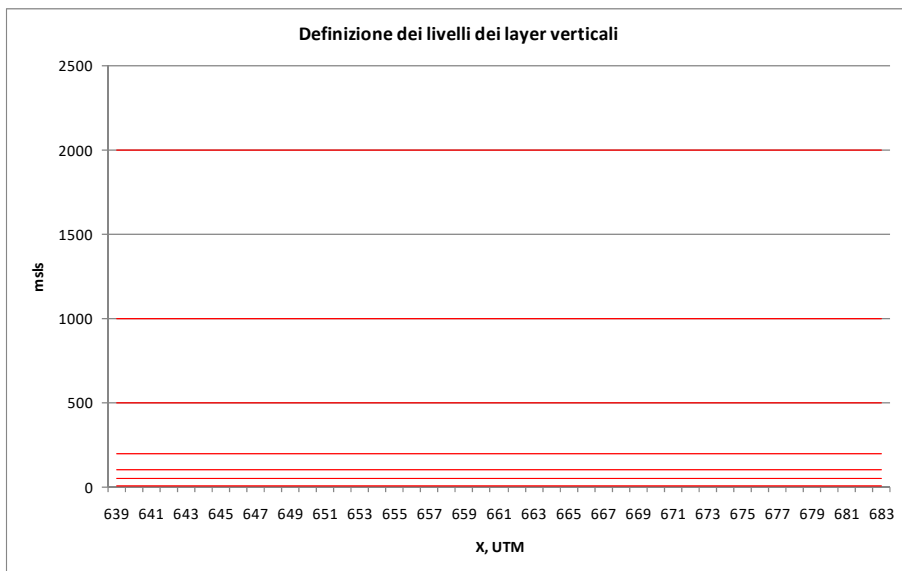


Figura 4.3 – Definizione dei livelli dei layer verticali, considerati nel presente studio

Nelle figure seguenti è rappresentata l'area di studio ed il modello digitale del territorio (DTM) calcolato con CALMET.



Figura 4.4 –Modello digitale in 3D del territorio dell'area di studio (in rosso la zona di progetto)

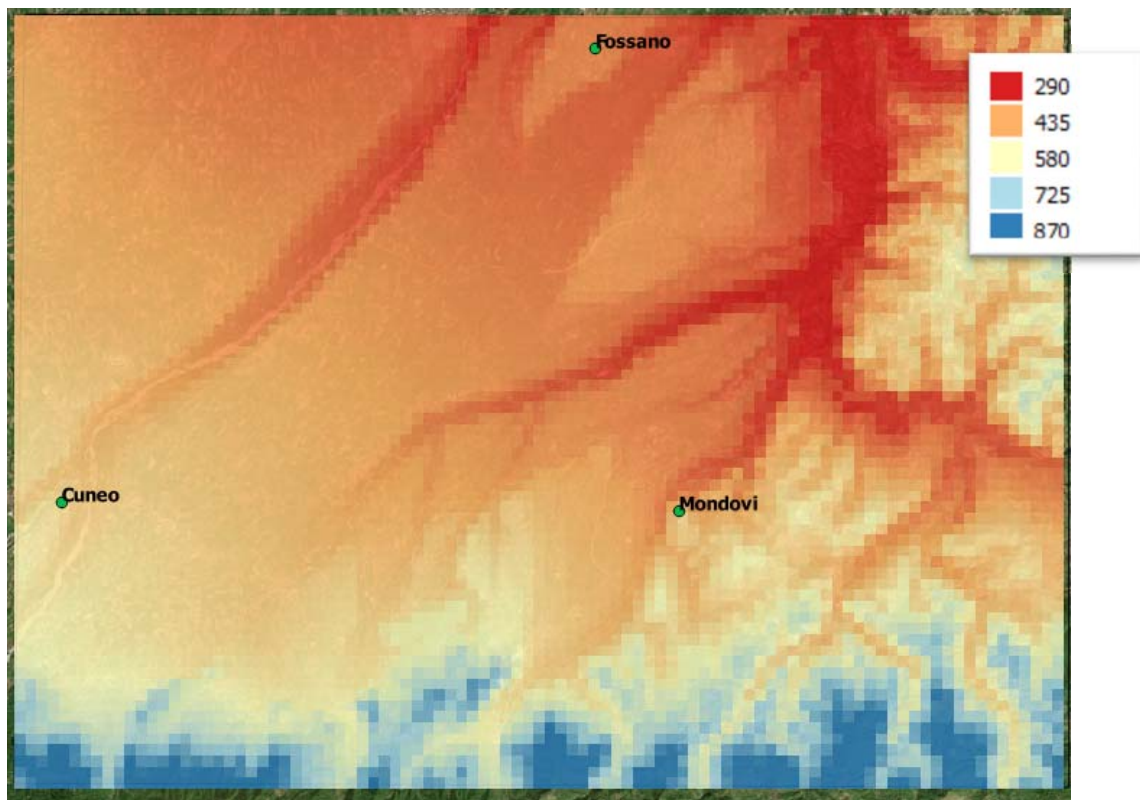


Figura 4.5 –Modello digitale in 3D del territorio dell'area di studio (m s.l.m.)

Descrizione delle principali variabili meteorologiche

Nei paragrafi successivi verranno descritte ed analizzate le principali variabili meteorologiche utili per ricostruire con precisione il quadro climatologico nell'intorno del progetto. Verranno quindi analizzate sia misure dirette sia misure ricostruite attraverso la modellazione matematica di CALMET.

Pressione atmosferica

La pressione atmosferica è la pressione presente in qualsiasi punto dell'atmosfera terrestre. Nella maggior parte dei casi il valore della pressione atmosferica è equivalente alla pressione idrostatica esercitata dal peso dell'aria presente al di sopra del punto di misura. Le aree di bassa pressione hanno sostanzialmente minor massa atmosferica sopra di esse, viceversa aree di alta pressione hanno una maggior massa atmosferica. Analogamente, con l'aumentare dell'altitudine, il valore della pressione decresce. Al livello del mare il volume di una colonna d'aria della sezione di 1 cm² ha un peso di circa 1,03 kg. Ne consegue che una colonna d'aria della superficie di 1 m², pesa approssimativamente 10,3 tonnellate. Il valore della pressione atmosferica varia anche in funzione della temperatura e della quantità di vapore acqueo contenuto nell'atmosfera e decresce con l'aumentare dell'altitudine, rispetto al livello del mare, del punto in cui viene misurata.

La pressione atmosferica normale o standard è quella misurata alla latitudine di 45°, al livello del mare e ad una temperatura di 15°C, che corrisponde ad una colonna di mercurio di 760 mm. Nelle altre unità di misura corrisponde a:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ torr} = 101.325 \text{ Pa} = 1.013,25 \text{ mbar.}$$

La figura successiva mostra i dati relativi alla pressione atmosferica registrata nella stazione di Mondovì (fonte NOAA).

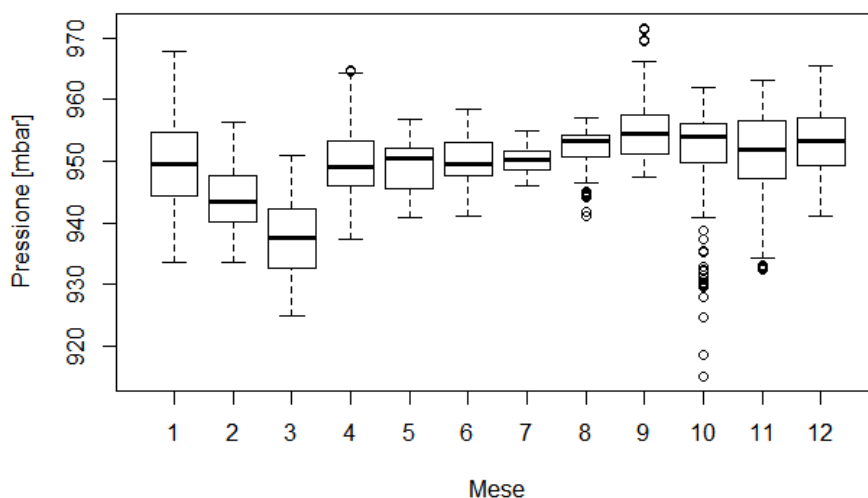


Figura 4.6 - Stazione Mondovì (NOAA) – Boxplot della pressione atmosferica 2018

Si nota che i valori più bassi di pressione si registrano principalmente in primavera ed in, caratterizzati inoltre da una minor variabilità rispetto ai mesi autunno-invernali.

Temperatura

In senso stretto, la temperatura non costituisce una vera e propria grandezza fisica (per esempio non ha senso dire che un corpo ha una temperatura doppia di quella di un altro). La proprietà che il concetto di temperatura intende quantificare può essere ricondotta essenzialmente a una relazione d'ordine fra i sistemi termodinamici rispetto alla direzione in cui fluirebbe il calore se fossero messi a contatto.

La temperatura dell'aria è, quindi, una misura di una serie di fattori che concorrono a determinarne l'effetto finale: la radiazione solare in primis, l'umidità e la presenza di vapore acqueo nell'aria, ecc...

Le figure successive mostrano i dati relativi alla stazione ARPA di Mondovì per il periodo 1994-2018 e dati delle stazioni ARPA di Cuneo Camera di Commercio, Fossano e Mondovì per l'anno 2018.

Il differenziale termico tra le stazioni è minimo e risente principalmente dell'orografia in cui la stessa è posta.

Mediamente i mesi più caldi sono luglio ed agosto e i più freddi gennaio, febbraio e dicembre.

Le temperature medie stagionali per il 2018 sono in linea con la serie storica.

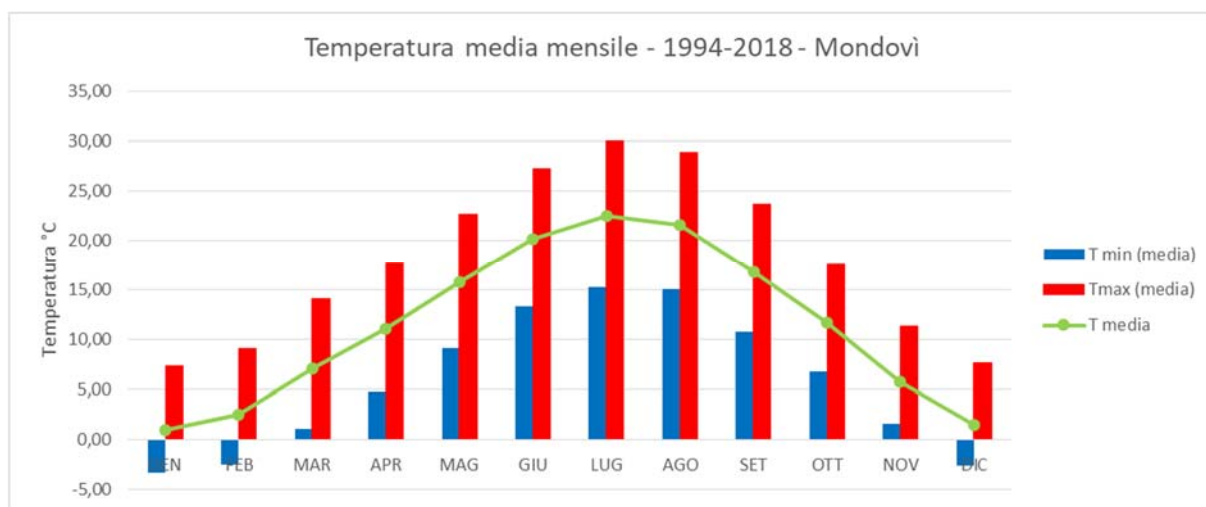


Figura 4.7 - Stazione ARPA Mondovì – andamento della temperatura massima, minima e media mensile dal 1994 al 2018.

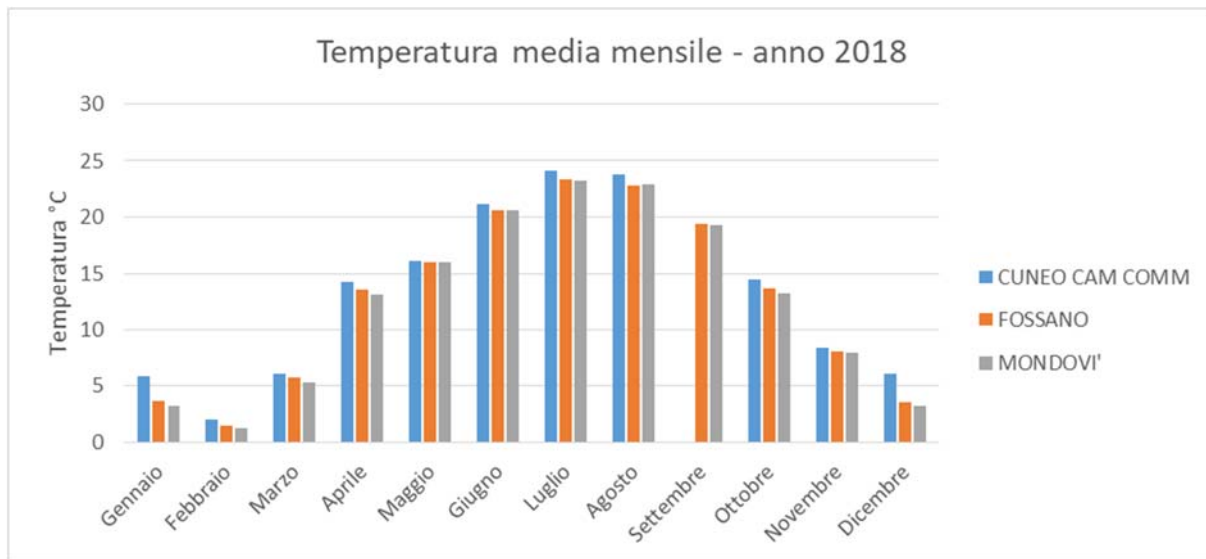


Figura 4.8 - Stazioni meteo ARPA di Cuneo Camera di Commercio, Fossano e Mondovì – andamento delle temperature medie mensile nel 2018.

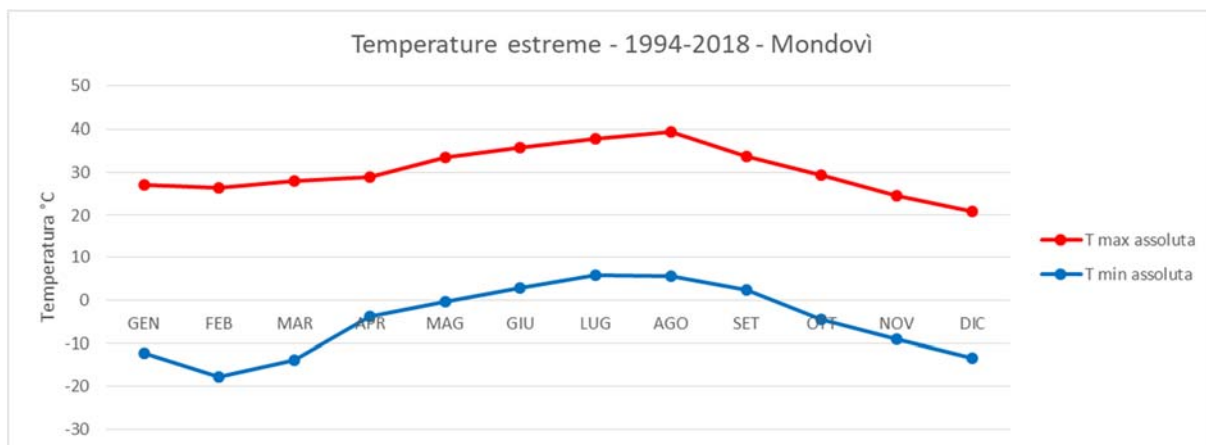


Figura 4.9 - Stazione ARPA Mondovì – andamento delle temperature massime e minime registrate nel periodo dal 1994 al 2018.

Per quanto riguarda l'andamento giornaliero, nella zona di progetto, si nota l'andamento sinusoidale nelle 24 ore: i picchi di temperatura si hanno intorno alle 13 sia in estate che in inverno.

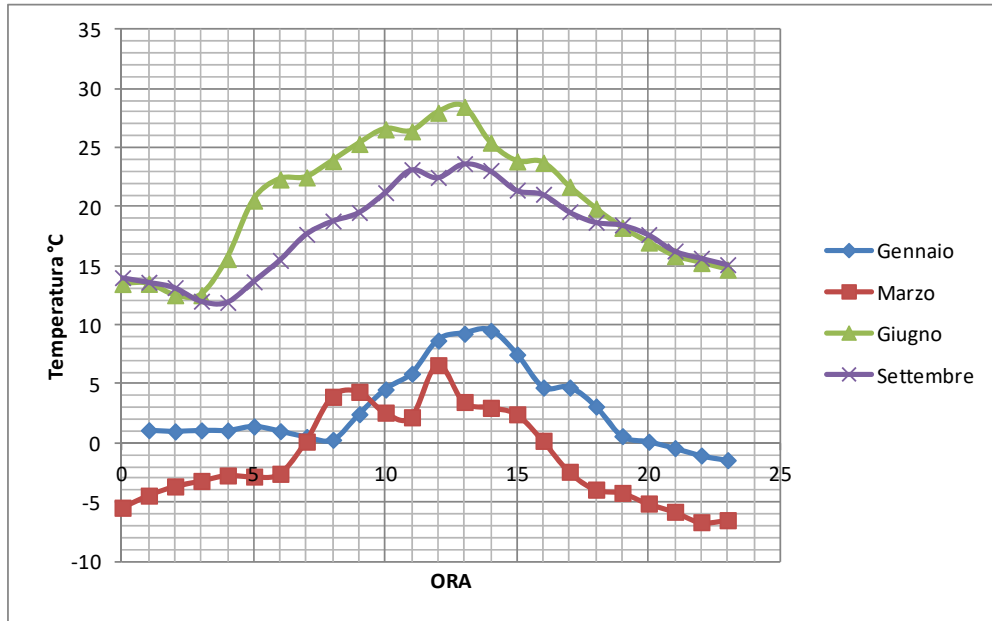


Figura 4.10 - Anno 2018. Calcolo con CALMET, nei pressi dell'area di progetto, dell'andamento giornaliero della temperatura.

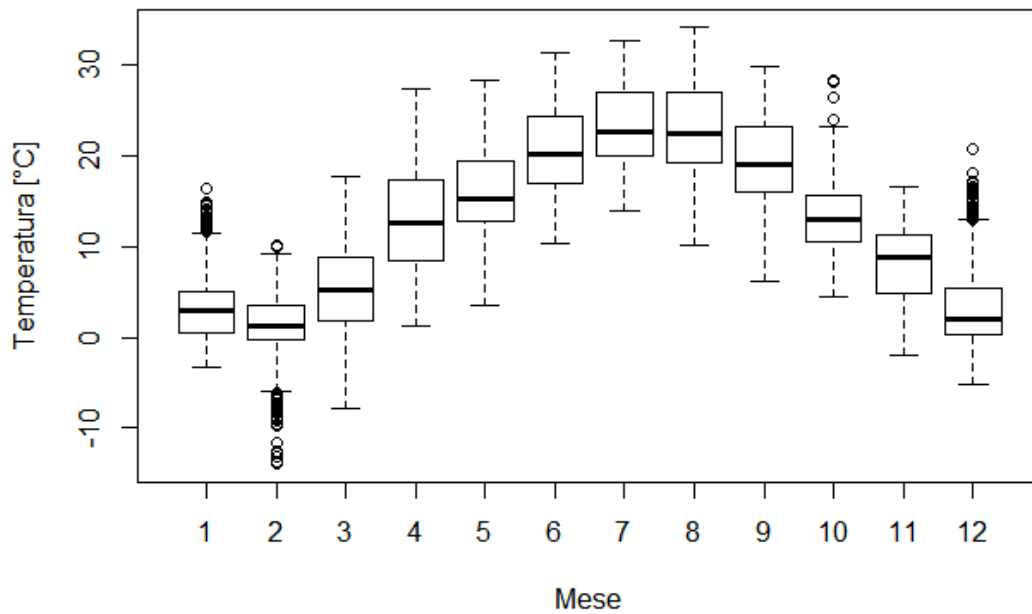


Figura 4.11 - Anno 2018. Box Plot, nei pressi dell'area di progetto, dell'andamento mensile della temperatura, calcolata con CALMET.

Umidità

L'umidità relativa è un valore che indica il rapporto percentuale tra la quantità di vapore contenuto da una massa d'aria e la quantità massima (cioè a saturazione) che il volume d'aria può contenere nelle stesse condizioni di temperatura e pressione. Alla temperatura di rugiada l'umidità relativa è, per definizione, del 100%. L'umidità relativa è un parametro dato dal rapporto tra umidità assoluta e l'umidità di saturazione. È svincolato dalla temperatura e dà l'idea del tasso di saturazione del vapore atmosferico, e delle ripercussioni sui fenomeni evapotraspirativi delle colture. Il deficit di saturazione è dato dalla differenza tra umidità assoluta e umidità di saturazione.

I valori elevati di umidità relativa (unitamente a basse temperature) sono i maggiori responsabili della formazione delle nebbie.

Le figure successive mostrano dati relativi alla stazione di Mondovì per il periodo 1994-2018, e dati delle stazioni ARPA Fossano e Mondovì per l'anno 2018.

Per quel che riguarda la serie storica (Mondovì), i valori massimi sono registrati nel trimestre da ottobre a dicembre, e sono prossimi all' 85%. L'umidità relativa resta comunque elevata anche nella restante parte dell'anno, con valori mensili medi superiori al 70%.

Per quanto riguarda i dati osservati nel 2018 si discostano poco dalle serie storiche, soprattutto per quel che riguarda i valori medi.

Il differenziale tra le stazioni è minimo e risente principalmente della latitudine e dell'orografia in cui la stessa è posta. È evidente che i valori più elevati si riscontrano nel periodo invernale, con lievi differenze a seconda della zona. Il 2018, rispetto alla serie storica, è caratterizzato da un Febbraio ed un Maggio particolarmente umidi.

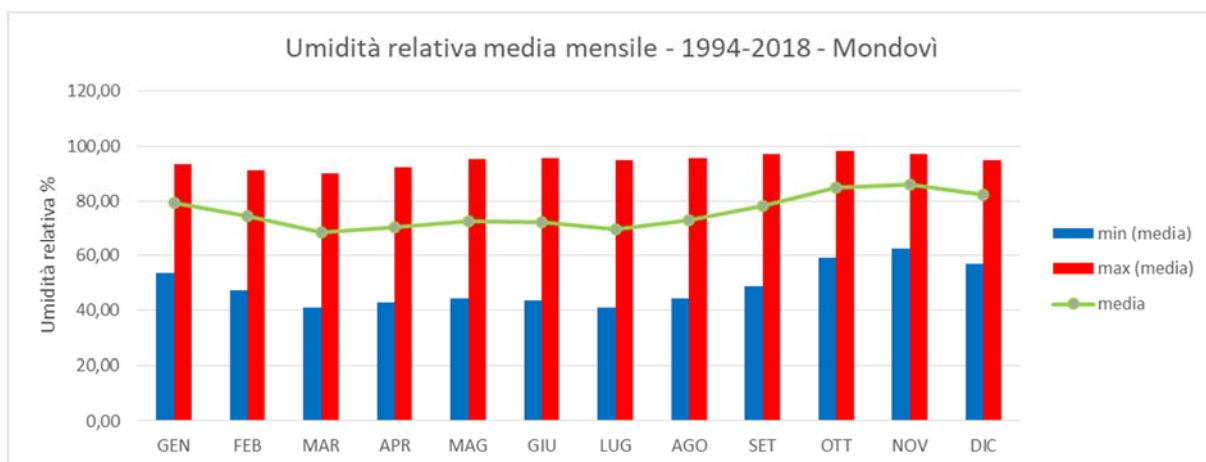


Figura 4.12 - Stazione ARPA di Mondovì – andamento dell'umidità relativa media mensile dal 1994 al 2018

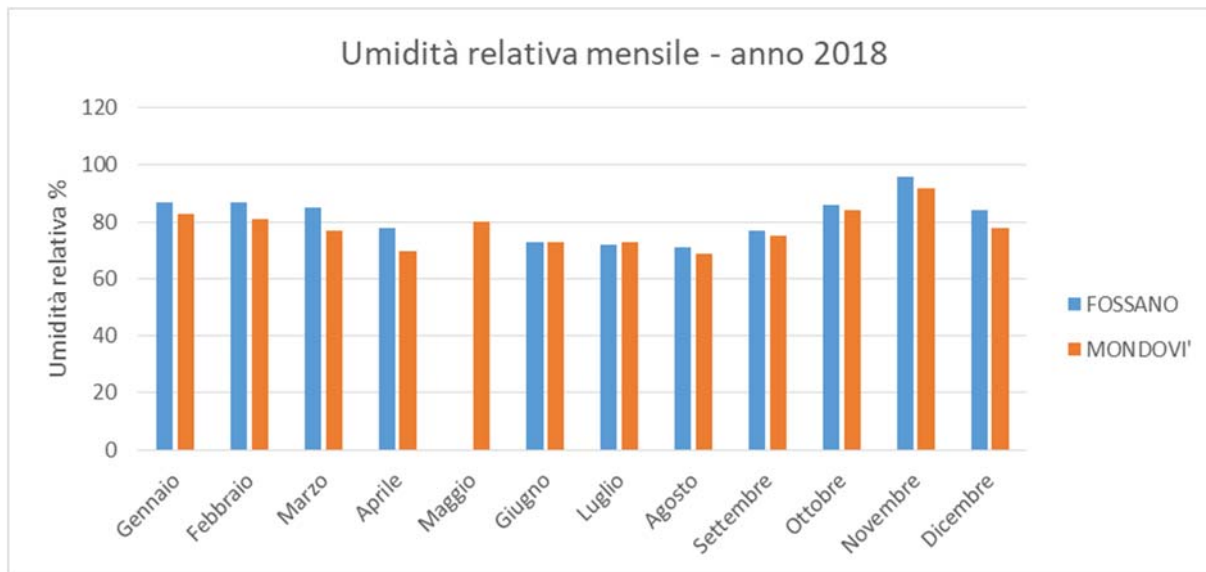


Figura 4.13: Stazioni meteo ARPA di Fossano e Mondovì – andamento dell'umidità relativa media mensile nel 2018.

Altezza delle nubi

L'altezza della base delle nubi è la misura fisica (in metri sul livello del suolo) della base del nembo cumuliforme presente in quel momento. Può essere una misura diretta oppure può essere ricavata tramite calcolo partendo dai valori di temperatura e di umidità relativa.

La figura successiva mostra i dati relativi alla stazione (Aeronautica Militare) di Mondovì per l'anno 2018. Nel calcolo della media non sono stati considerati i giorni caratterizzati da assenza di nubi. I valori sono minori nei mesi autunno-invernali, caratterizzati da basse temperature ed elevati valori di umidità, mentre raggiungono 1400 m circa nei mesi primaverili-estivi.

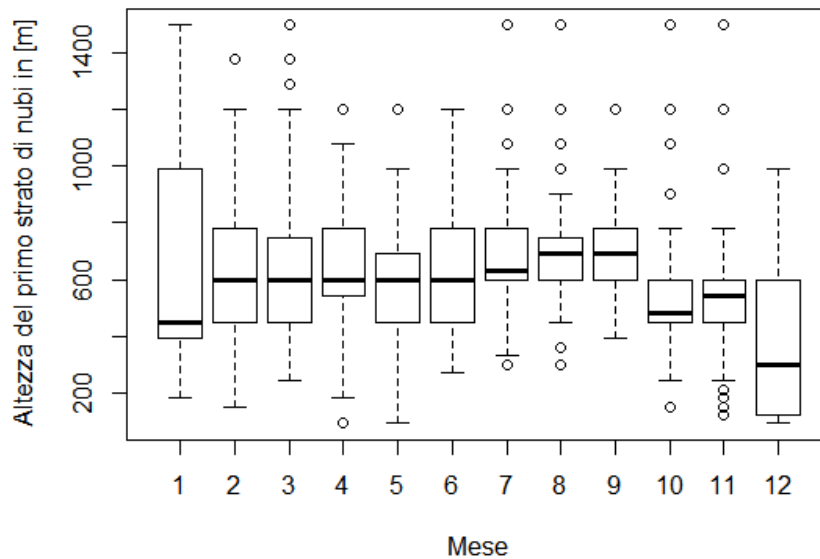


Figura 4.14 - Stazione Mondovì (aeronautica militare) – Boxplot andamento medio mensile dell’altezza delle nubi per l’anno 2018.

Piuvosità

La pioggia è la forma più comune di precipitazione atmosferica e si forma quando gocce separate di acqua cadono al suolo da delle nuvole. Una parte della pioggia che cade dalle nuvole non riesce a raggiungere la superficie ed evapora nell’aria mentre cade, specialmente se attraversa aria secca.

L’ammontare della pioggia caduta si misura in millimetri: una precipitazione di 1 mm equivale a dire che su una qualunque superficie si è depositata una quantità di acqua uniformemente alta 1 mm. La misura è indipendente dalla grandezza della superficie considerata.

Le figure successive mostrano i dati relativi alla stazione di Mondovì per il periodo 1994-2018 e dati delle stazioni ARPA di Cuneo Camera di Commercio, Fossano, Monte Malanotte e Mondovì per l’anno 2018.

Il numero di giorni di pioggia evidenzia la maggiore frequenza primaverile ed autunnale dei fenomeni, presenti in forma di eventi dalla durata prolungata e dall’intensità non particolarmente elevata. Tali periodi temporali contribuiscono alla precipitazione totale annua con i maggiori contributi mensili, pari a circa 100 mm/mese ad aprile e maggio e 120 mm/mese a novembre.

Per quel che riguarda il raffronto tra la serie storica ed i dati relativi al 2018, si può vedere come quest’ultimo anno sia stato caratterizzato da un’elevata piovosità, specialmente tra gennaio e maggio ed ottobre, ampiamente al di sopra delle medie storiche, così come i mesi di agosto, settembre e dicembre del 2018 sono stati molto più secchi rispetto a quanto evidenziato nella serie storica.

Il differenziale tra le stazioni è minimo nei mesi invernali, mentre risulta significativo nei restanti periodi dell’anno.

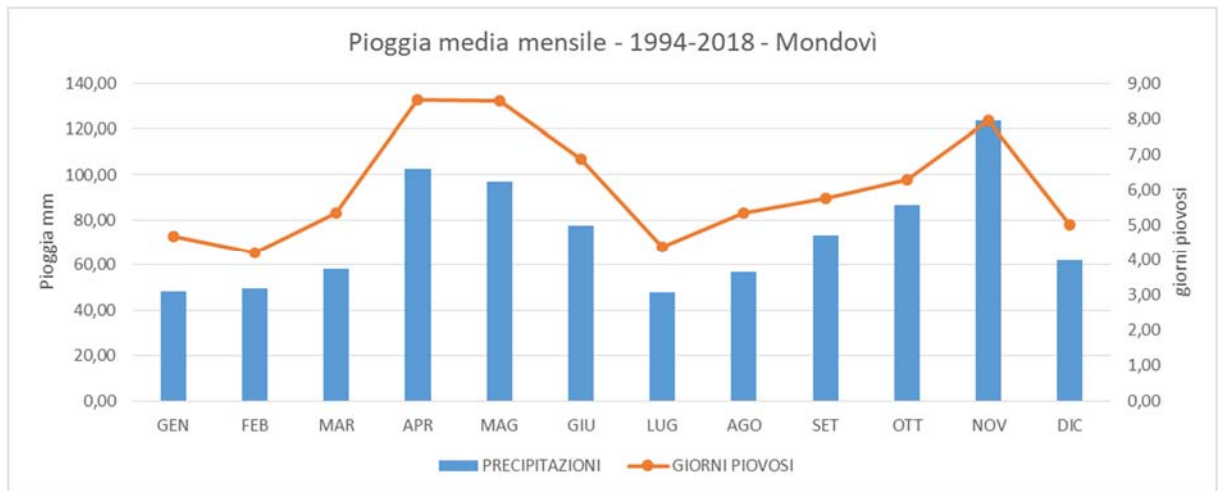


Figura 4.15 Stazione ARPA Mondovì – andamento della precipitazione cumulata mensile e il numero di giorni piovosi dal 1994 al 2018.

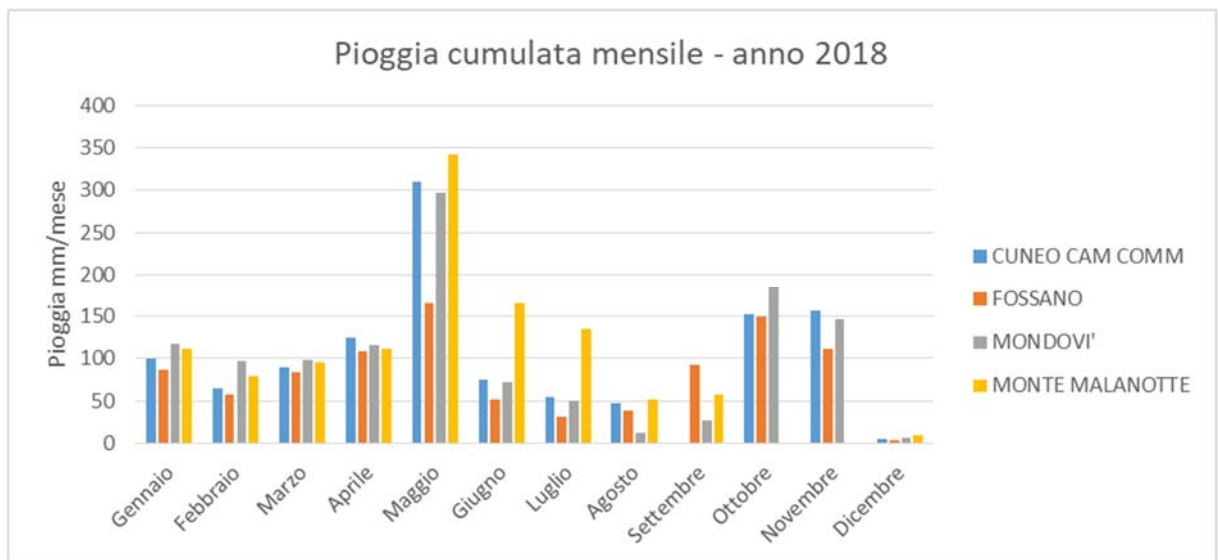


Figura 4.16: Stazioni meteo ARPA di Cuneo Camera di Commercio, Fossano, Monte Malanotte e Mondovì – pioggia cumulata mensilmente nel 2018.

Radiazione solare globale

La radiazione solare è l'energia radiante emessa dal Sole a partire dalle reazioni termonucleari di fusione che avvengono nel nucleo solare e producono radiazioni elettromagnetiche.

I flussi di radiazione di maggior interesse meteorologico sono:

radiazione globale;

radiazione diffusa;

radiazione diretta;
radiazione riflessa;
radiazione netta.

La radiazione globale viene definita come la somma della radiazione misurata a terra su un piano orizzontale proveniente direttamente dal Sole e quella diffusa dal cielo (atmosfera). I rapporti tra le due componenti sono in relazione alle condizioni atmosferiche. La radiazione globale deve essere sempre inferiore a quella massima teorica calcolata al di fuori dell'atmosfera ma può essere, al limite, uguale ai valori massimi teorici calcolati tenendo conto dell'atmosfera.

La radiazione diffusa è la componente, misurata su un piano orizzontale, della radiazione solare che arriva a terra non direttamente dal Sole ma per effetto dell'atmosfera (gas, nubi, ecc.).

La radiazione diretta è la radiazione proveniente solo direttamente dal Sole.

La radiazione riflessa è la radiazione solare riflessa da una superficie entro la banda 0,3 - 3 mm. Il rapporto tra la radiazione riflessa e la radiazione globale dà l'albedo.

La radiazione netta è la differenza tra la radiazione proveniente dal cielo e quella in arrivo dalla superficie in esame nella banda 0,3 - 60 mm.

La figura successiva mostra i dati relativi alle stazioni ARPA di Cuneo Camera di Commercio e Fossano per l'anno 2018.

Il differenziale tra le stazioni considerate è minimo.

I mesi con i valori più alti del 2018 sono quelli estivi: giugno, luglio ed agosto.

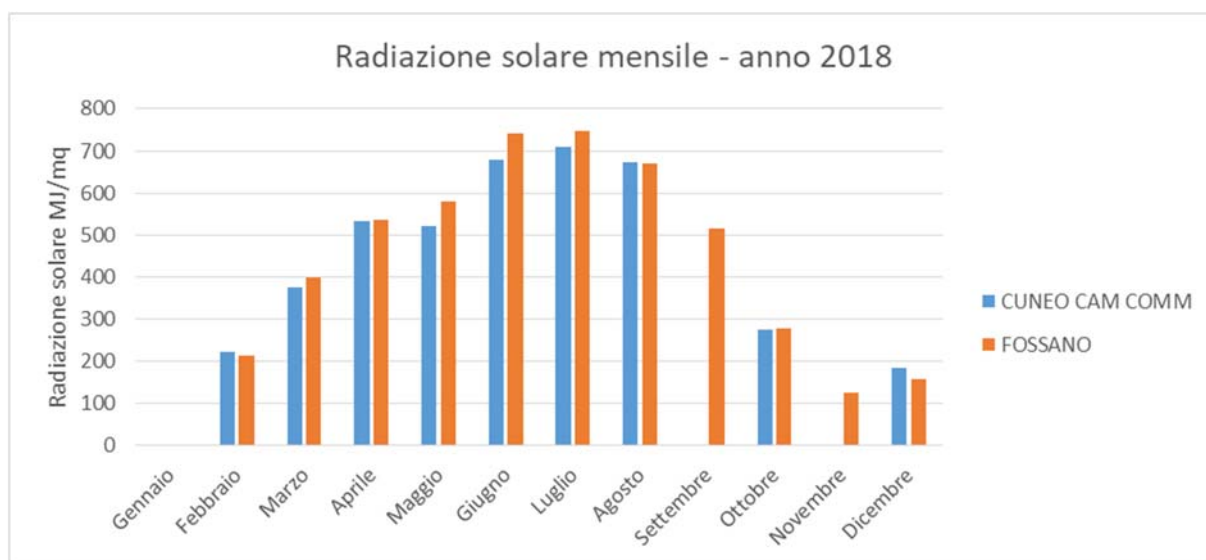


Figura 4.17: Stazioni meteo ARPA di Cuneo Camera di Commercio e Fossano – radiazione solare, cumulo mensile, nel 2018.

Vento e anemologia

Il vento è l'esito di moti convettivi ed advettivi di masse d'aria.

Il vento è un fenomeno naturale che consiste nel movimento ordinato, quasi orizzontale, di masse d'aria dovuto alla differenza di pressione tra due punti dell'atmosfera. Per questo motivo, solitamente, la componente orizzontale del vettore intensità del vento è un ordine di grandezza (o più) maggiore rispetto alla componente verticale.

In presenza di due punti con differente pressione atmosferica si origina una forza detta forza del gradiente di pressione o forza di gradiente che agisce premendo sulla massa d'aria per tentare di ristabilire l'equilibrio. Il flusso d'aria non corre in maniera diretta da un punto all'altro, cioè con stessa direzione della forza di gradiente, ma subisce una deviazione dovuta alla forza di Coriolis che tende a spostarlo verso destra nell'emisfero settentrionale e verso sinistra nell'emisfero meridionale. A causa di questo effetto il vento soffia parallelamente alle isobare. In questo caso si parla di vento geostrofico. Tuttavia alle basse quote (meno di 600 m) è necessario tenere anche conto delle variabili micro meteorologiche come ad esempio l'azione dell'attrito con la superficie terrestre; tale azione è infatti in grado di modificare la direzione del vento di circa 10° sul mare e 15-30° sulla terra rispetto a quella del vento geostrofico, rendendo il percorso dall'alta pressione alla bassa pressione più diretto. La velocità del vento, o meglio la sua intensità, dipende dal gradiente barico, cioè dalla distanza delle isobare.

In via del tutto generale l'intensità del vento aumenta con l'aumentare della quota sul livello del suolo.

Le figure successive mostrano i dati delle stazioni ARPA di Cuneo Camera di Commercio, Fossano e Monte Malanotte per l'anno 2018.

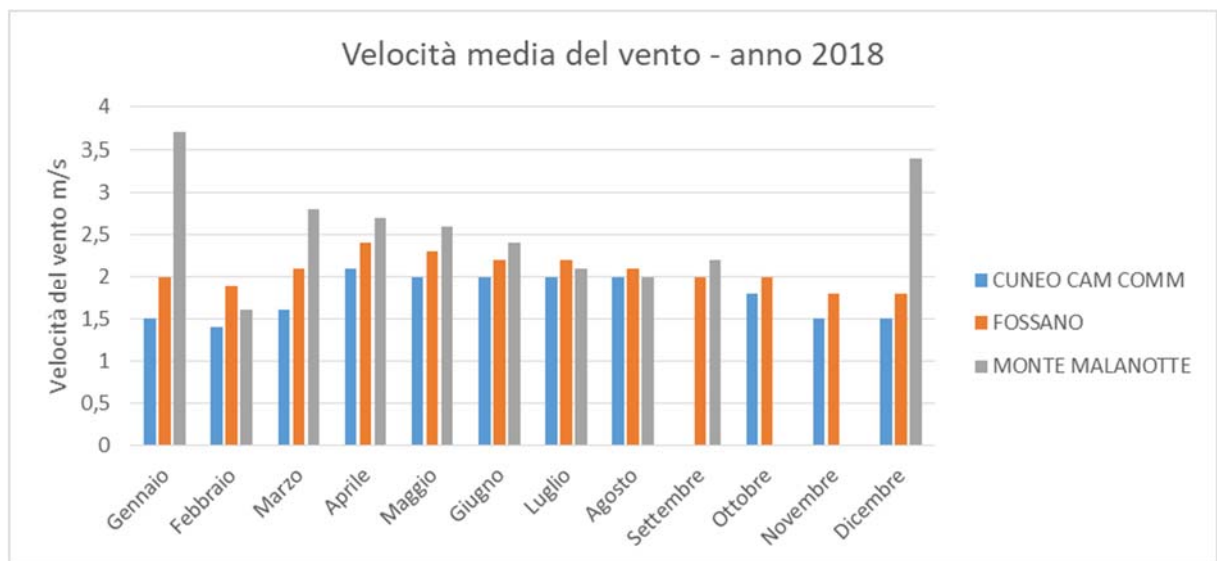
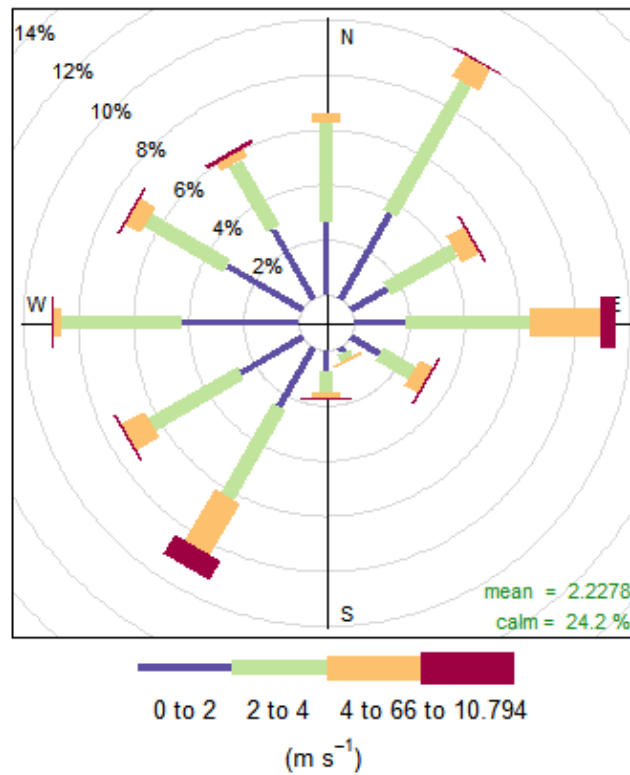


Figura 4.18: Stazioni meteo ARPA di Cuneo Camera di Commercio, Fossano e Monte Malanotte – velocità medie mensili, per l'anno 2018.

Per la stazione di Mondovì la rosa dei venti mostra una direzione prevalente N-E verso S-O con venti talvolta intensi anche da est.



Frequency of counts by wind direction (%)

Figura 4.19: Rosa dei venti per la stazione di Mondovì

Classi di frequenza del vento

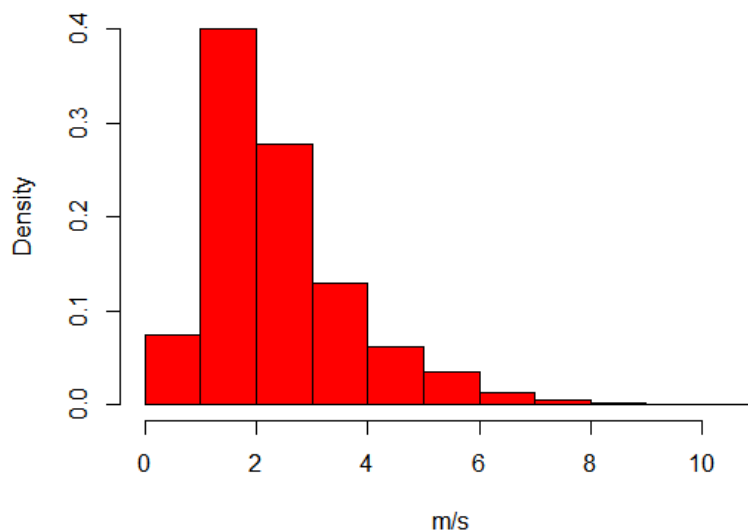


Figura 4.20: Classi di frequenza vento stazione Mondovì

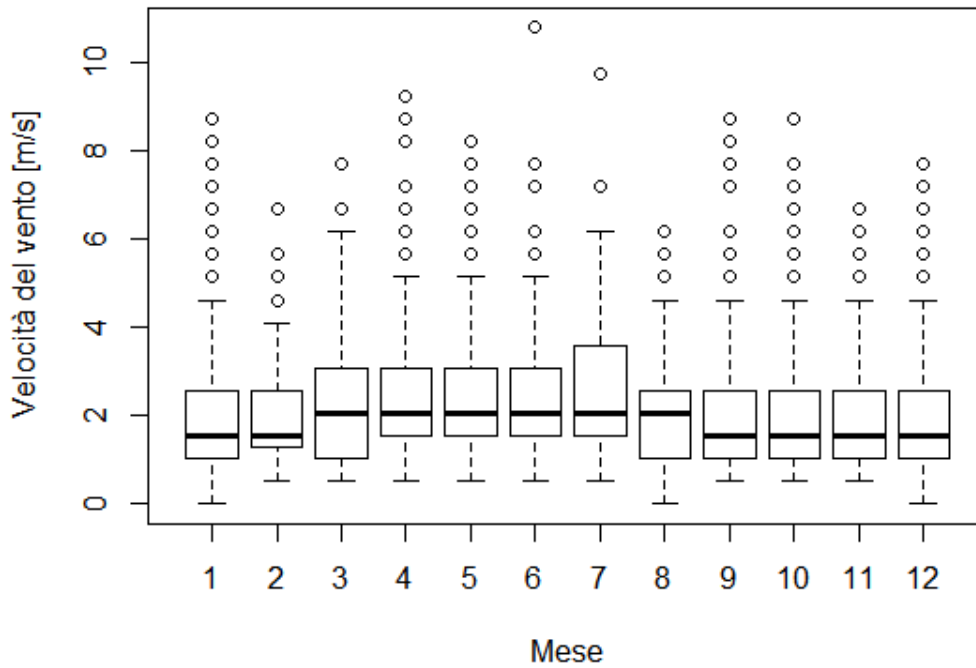


Figura 4.21: Boxplot velocità del vento stazione Mondovì

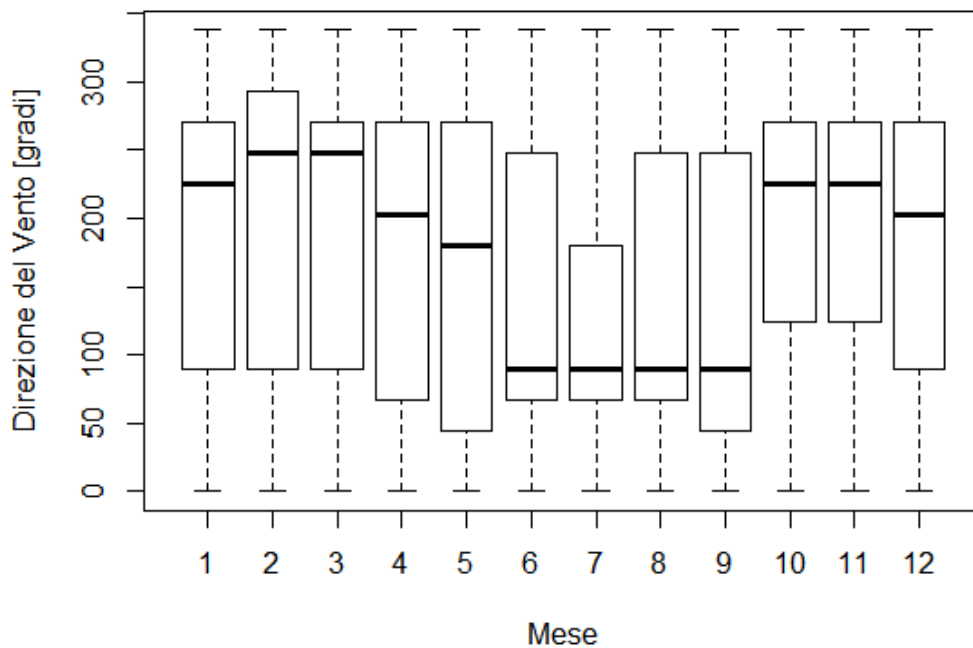


Figura 4.22: Boxplot direzione del vento stazione Mondovì

Altezza dello strato limite o di rimescolamento

La capacità dispersiva dell'atmosfera è influenzata soprattutto dall'altezza del cosiddetto strato limite. Lo strato limite o di rimescolamento è la porzione dell'atmosfera in cui il gradiente di temperatura potenziale è all'incirca nullo, e dove si instaura una circolazione ad area limitata di grandi strutture coerenti che lo rimescolano costantemente e completamente, consentendo tra l'altro la dispersione degli inquinanti ed il trasporto in quota del vapor d'acqua per la formazione delle nuvole.

Beyrich nel 1997 così definiva l'altezza di rimescolamento: "... è l'altezza di quello strato di atmosfera adiacente al suolo in cui gli inquinanti o ogni altro costituente emesso nel suo interno o inglobato per entrainment diviene ben rimescolato o per convezione o per turbolenza meccanica con un tempo di scala dell'ordine dell'ora."

Visto questo, ecco perché diventa fondamentale determinare con una certa precisione l'altezza dello strato di rimescolamento, visto che, a fini modellistici, rappresenta il "volume di controllo" entro cui avvengono la totalità dei fenomeni dispersivi.

L'altezza dello strato limite è influenzata dalla turbolenza meccanica e convettiva. Non potendo essere misurata direttamente, viene stimata al variare di alcuni parametri fondamentali: dalla latitudine, dalla velocità del vento, dalla radiazione solare, dalla rugosità del suolo e dal flusso turbolento di calore al suolo.

Nella figura successiva è mostrato il risultato del calcolo effettuato con CALMET, nell'area di interesse, dell'andamento giornaliero dell'altezza di rimescolamento al variare del periodo considerato.

Si nota che, in via generale, l'altezza dello strato limite è minima nelle ore notturne, ovvero quando la radiazione solare è nulla.

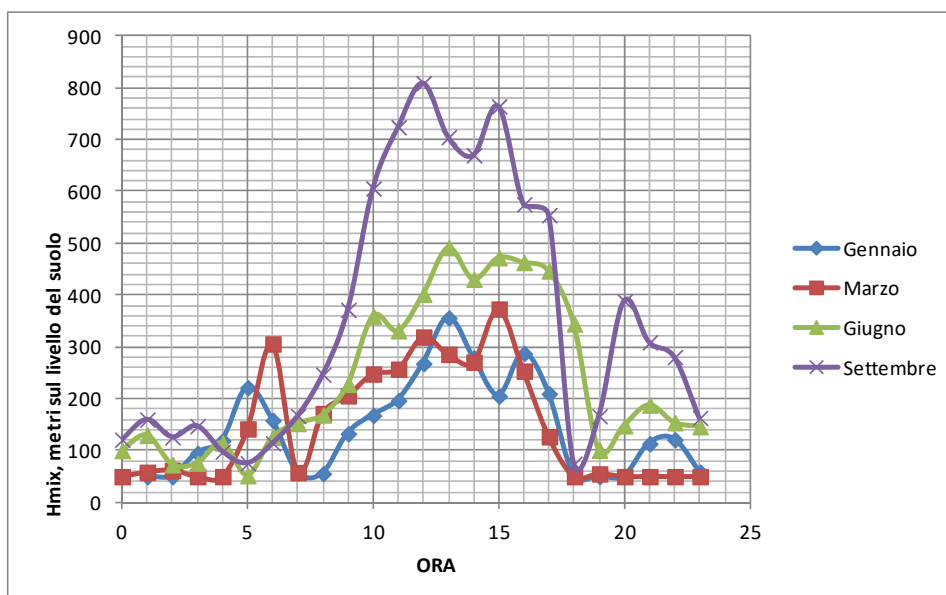


Figura 4.23: Anno 20168 Calcolo con CALMET, nei pressi del progetto, dell'andamento giornaliero dell'altezza dello strato limite.

Classi di stabilità

Le classi di stabilità atmosferica sono un metodo di classificazione della stabilità atmosferica creato da Frank Pasquill, in cui la turbolenza atmosferica viene suddivisa in sei categorie di stabilità (A, B, C, D, E, F) dove la categoria A è la più instabile e quella F la più stabile.

Classe di stabilità	Definizione	Classe di stabilità	Definizione
A	molto instabile	D	neutrale
B	instabile	E	leggermente stabile
C	leggermente instabile	F	stabile

Dal modello CALMET è possibile valutare le classi di stabilità nella zona di interesse.

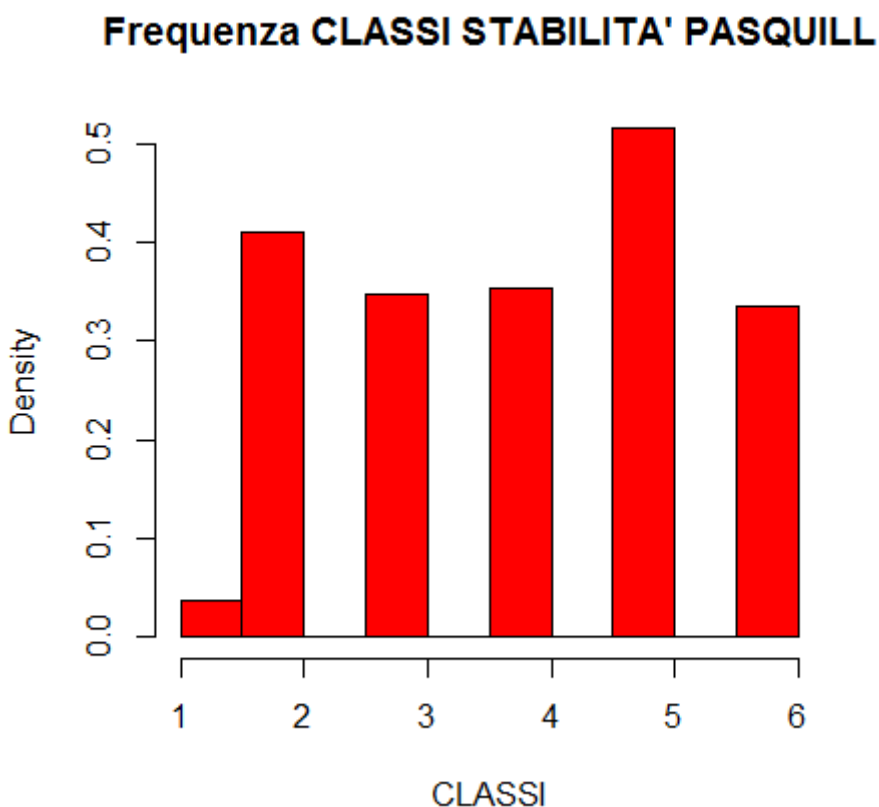


Figura 4.24: Classi di stabilità nella zona di interesse calcolate con CALMET per l'anno 2018.

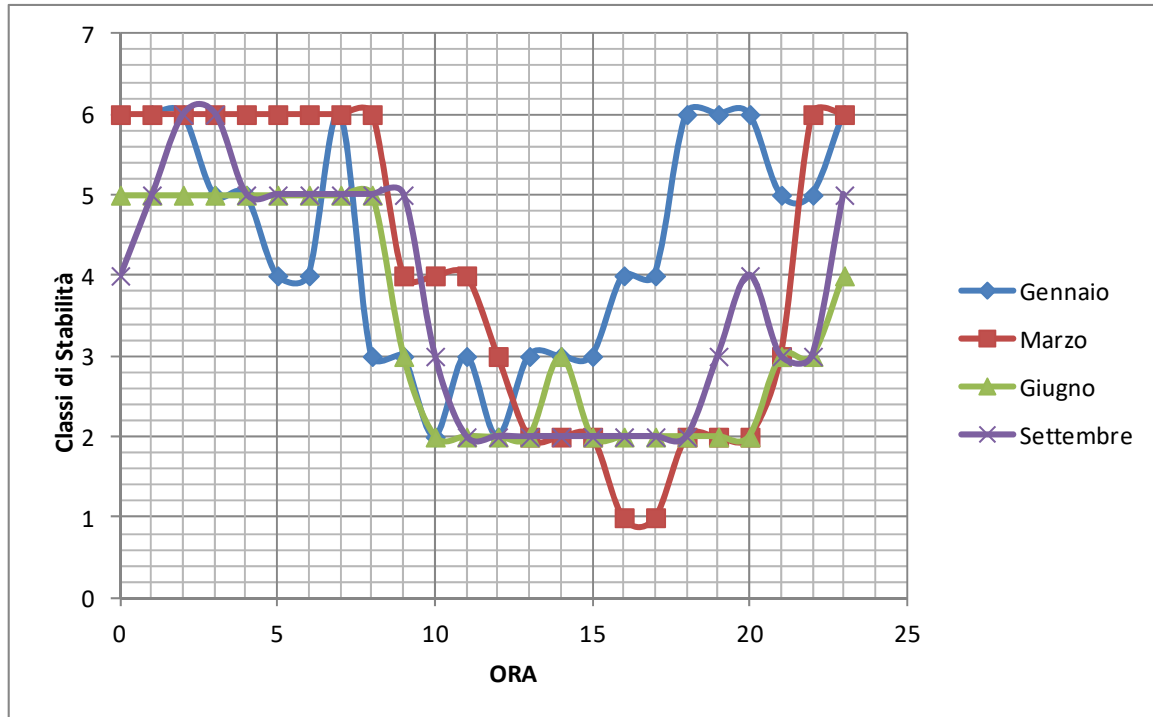


Figura 4.25: Andamento giornaliero delle Classi di stabilità nella zona di interesse calcolate con CALMET per l'anno 2018.

5 Stato di qualità dell'aria nel territorio di interesse

Per quanto riguarda la qualità dell'aria ci si è soffermati ad analizzare alcune componenti presenti in atmosfera, responsabili dell'inquinamento della qualità dell'aria a seguito di attività antropiche:

- Polveri
- Ossidi di azoto
- Biossido di zolfo
- Monossido di carbonio
- Ozono
- Benzo(a)pirene
- Benzene
- Metalli (piombo, arsenico, cadmio, nichel)

Per effettuare analisi approfondite si sono esaminati i dati relativi alle stazioni ARPA Piemonte del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA) di:

- Mondovì Aragno (attiva dal 13/12/2013) nella zona IT0120 – di collina
- Mondovì Marinai (attiva dal 20/11/2001 al 04/12/2013) ora dismessa
- Saliceto Moizo (attiva dal 01/12/1999) zona IT0120 – collina

Le prime due stazioni sono di tipo "urbano", rappresentative di aree soggette ad un traffico intenso, mentre l'ultima è una stazione rurale, ovvero nelle cui vicinanze non sono presenti sorgenti emittive particolari, per cui rappresentativa del valore di "fondo" dell'inquinamento nella Provincia di Cuneo.

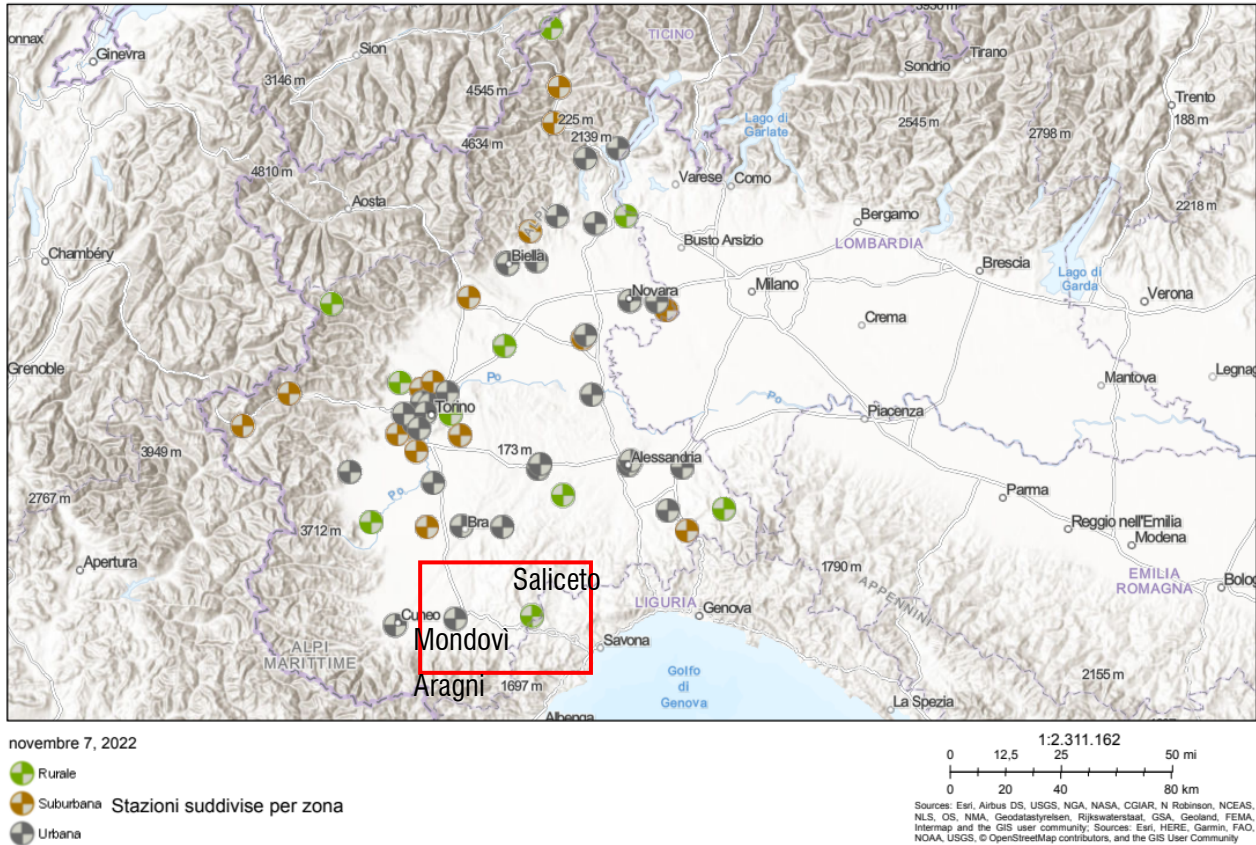


Figura 5.1 - Mappa regionale del Piemonte delle 58 stazioni fisse di monitoraggio

Si riporteranno inoltre le analisi riportate nella Relazione di Monitoraggio della Qualità dell'Aria Anno 2020 (Territorio della Provincia di Cuneo) dell'ARPA.

Arpa Piemonte si è dotata nel corso degli anni di una serie di modelli e di moduli di supporto che, coprendo i principali ambiti di utilizzo della modellistica, le permettono di effettuare la Valutazione Annuale della Qualità dell'aria a supporto dei processi di valutazione e gestione della qualità dell'aria mediante l'applicazione di un sistema modellistico euleriano di chimica e trasporto in modalità diagnostica. Di seguito verranno riportati i risultati pubblicati del 2020. Il modello in dotazione ad ARPA Piemonte è quello euleriano di chimica e trasporto FARM. Il modello FARM, sviluppato dalla società Arianet con la quale Arpa collabora nelle attività legate alla modellistica di qualità dell'aria, tratta tutti gli inquinanti atmosferici normati (O₃, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, CO, SO₂, benzene), implementa meccanismi chimici di varia complessità per il trattamento della fotochimica e del particolato, è in grado di lavorare su domini ad orografia complessa in modalità multiscala, con più griglie innestate di differenti risoluzioni, tratta la chimica in fase acquosa ed eterogenea, oltre ai processi di deposizione secca ed umida. (<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/aria/modellistica/attivita-servizi-e-controlli-di-arpa-piemonte-1/il-sistema-modellistico-di-valutazione-e-previsione-prognostica>).

Inoltre la Regione Piemonte per la stima delle quantità di inquinanti introdotte in atmosfera ha istituito IREA (inventario Regionale delle emissioni in atmosfera); per ciascuna delle sorgenti emissive (puntuali, lineari e areali) fornisce le quantità di inquinanti emesse; per il Comune di Mondovì si riporteranno i dati relativi al 2015.

Lo stralcio di Piano "Indirizzi per la gestione di episodi acuti di inquinamento atmosferico" ha regolamentato la gestione di episodi acuti di inquinamento atmosferico su due livelli territoriali diversi: le Zone di Piano (zone a rischio) e le zone di mantenimento (zone con qualità buona dell'aria).

Polveri sottili

La Figura seguente mostra l'evoluzione nel tempo dell'intervallo di valori all'interno del quale si trovano le concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni attive a partire dal 2003 nella Provincia di Cuneo (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*), ovvero quelle di Alba, Bra, Cuneo e Saliceto.

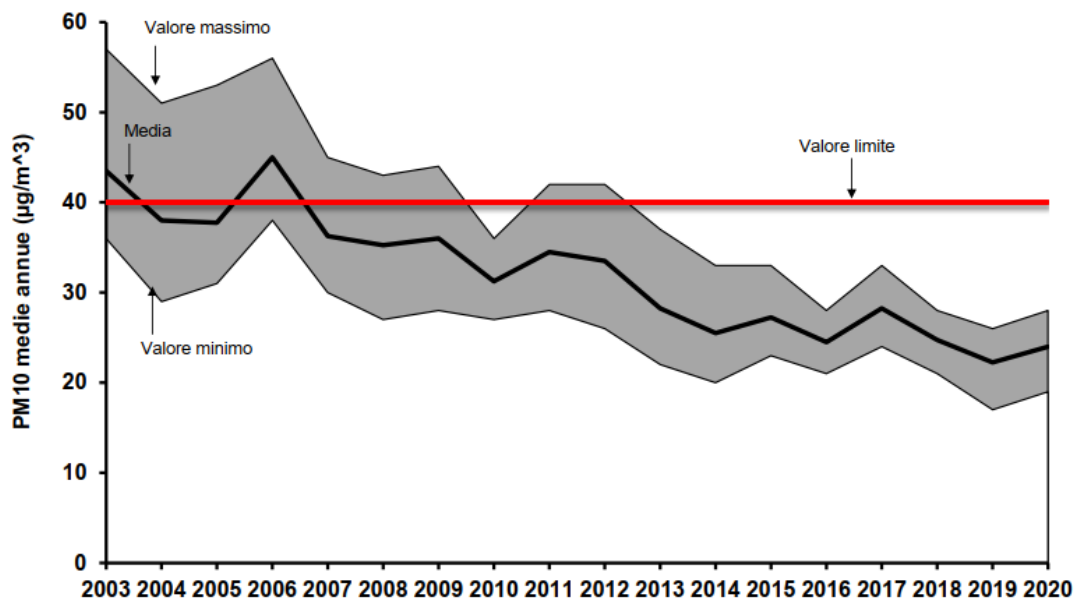


Figura 5.2 - PM10: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni della provincia (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Nonostante le oscillazioni dovute principalmente alle differenze meteorologiche tra i diversi anni, la situazione dell'inquinamento da polveri sottili è complessivamente migliorata nel tempo ed il limite sulla media annua, a partire dal 2013, è costantemente rispettato su tutto il territorio della provincia. Dopo il minimo della serie storica raggiunto nel 2019, anno con una meteorologia particolarmente favorevole alla dispersione, nel 2020 le concentrazioni hanno nuovamente subito un incremento.

La figura seguente evidenzia il numero di superamenti del valore limite giornaliero di PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte/anno) registrato nelle stazioni della Provincia di Cuneo.

Negli anni la situazione è nettamente migliorata. Dopo il minimo del 2019, nel 2020 il numero di superamenti è tornato ad aumentare. Questo, per le stazioni della zona nord della provincia, che per la loro posizione geografica risentono maggiormente delle situazioni di accumulo e dell'inquinamento diffuso che caratterizza il bacino padano, ha comportato un nuovo sfioramento della soglia annua dei 35 superamenti giornalieri consentiti (44 registrati ad Alba e 42 a Bra).

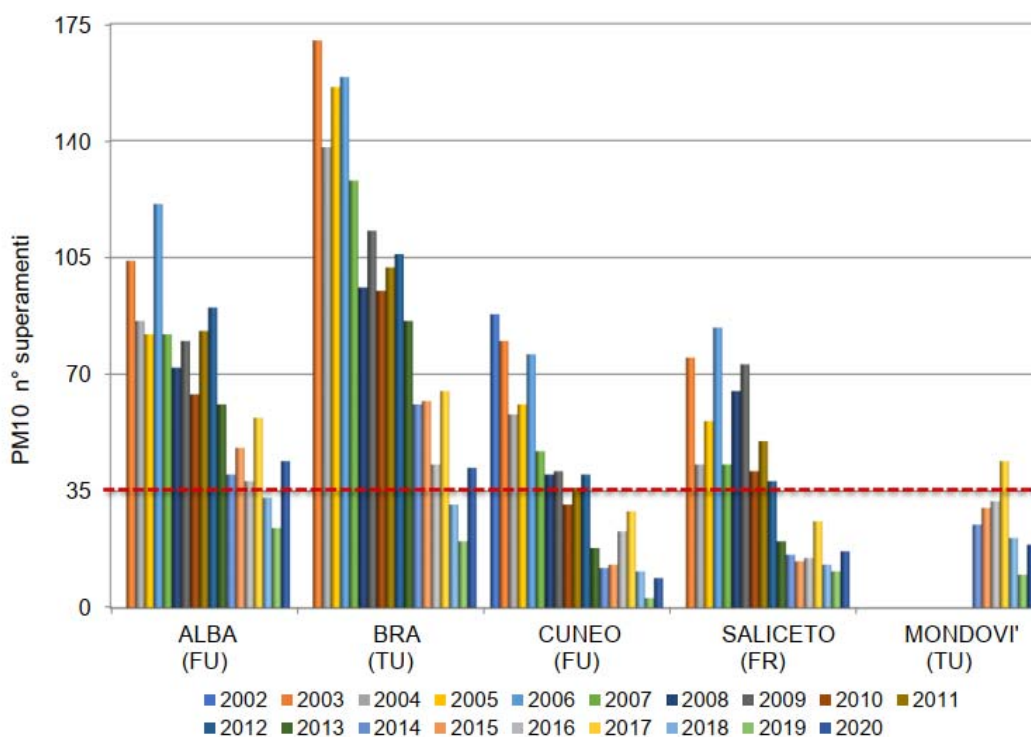


Figura 5.3 - PM10: numero di superamenti del limite giornaliero (anni con disponibilità dei dati $\geq 90\%$) (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Le medie annuali del PM10 sono invece mostrate nella Figura seguente.

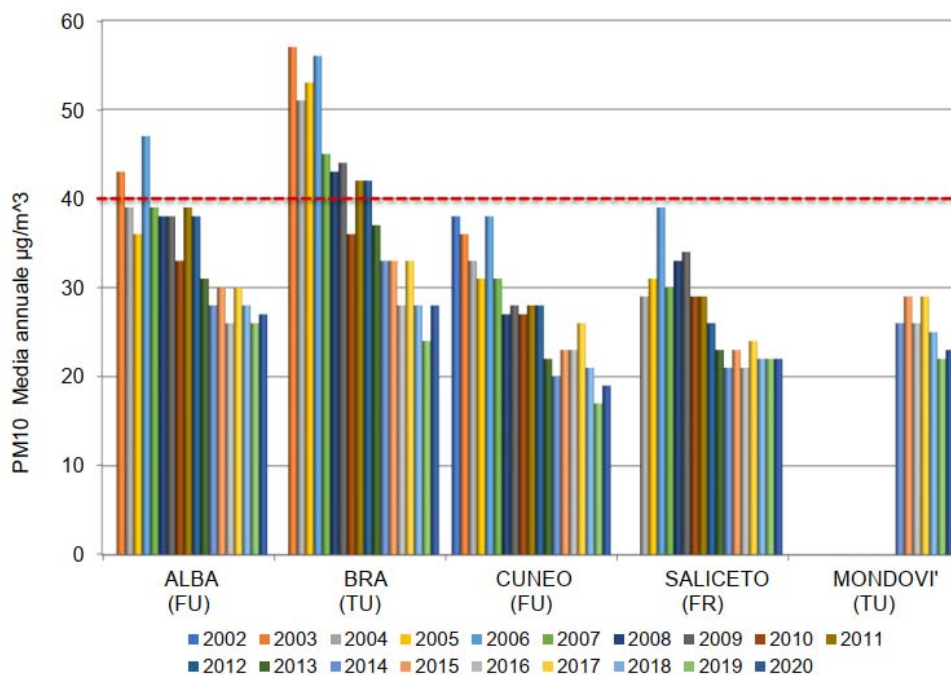


Figura 5.4 - PM10: confronto medie annue (anni con disponibilità dei dati $\geq 90\%$) (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

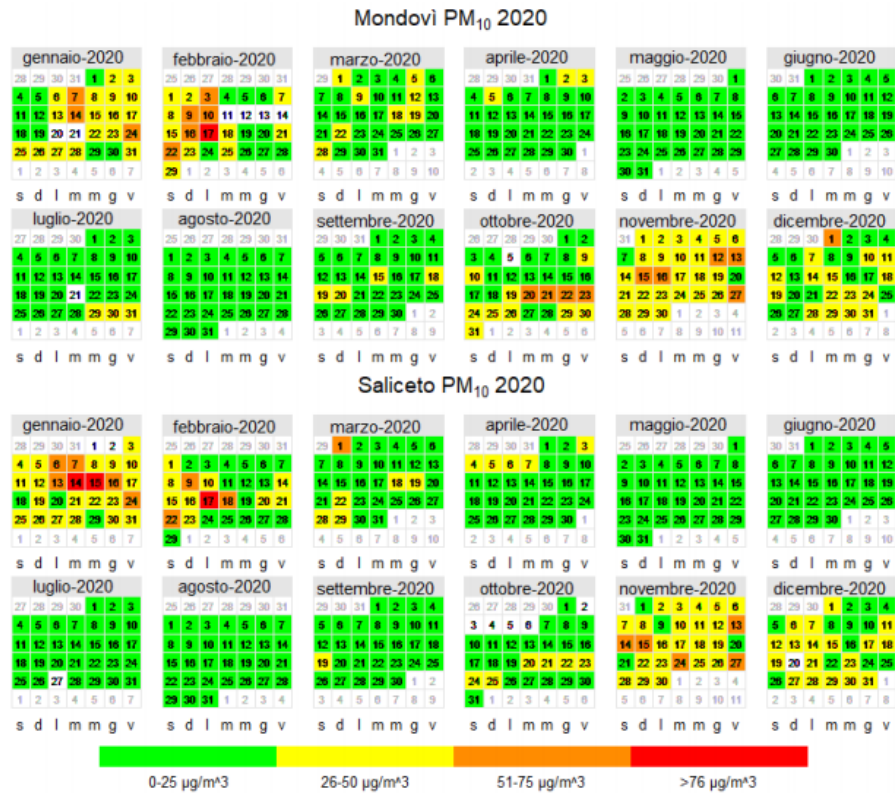


Figura 5.5 - PM10: livelli di concentrazione giornaliera rappresentati con scala colore (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Nei grafici a calendario rappresentati per ciascuna stazione di misura di interesse, i livelli di concentrazione di PM10 del 2020 sono suddivisi in quattro differenti classi con scala di colore. In arancione e in rosso sono individuati i giorni di superamento del limite di 50 µg/m³. Principalmente i giorni con le concentrazioni più elevate ed il maggior numero di superamenti sono stati riscontrati nei mesi di gennaio, febbraio e novembre.

Nella *Relazione annuale qualità dell'aria 2020* della Provincia di Cuneo si evidenziano inoltre alcune correlazioni tra concentrazioni di PM10 e piovosità annua, oltre che condizioni meteorologiche locali. Quindi il minimo osservato nel 2019 sarebbe imputabile a particolari condizioni meteorologiche verificatesi.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dal sistema modellistico di Arpa Piemonte relativamente alle medie annuali e al numero di superamenti del valore limite giornaliero del PM10 per i vari comuni della regione riferiti all'anno 2020.

Per quanto riguarda il Comune di Mondovì le simulazioni mostrano il rispetto dei limiti previsti da normativa.

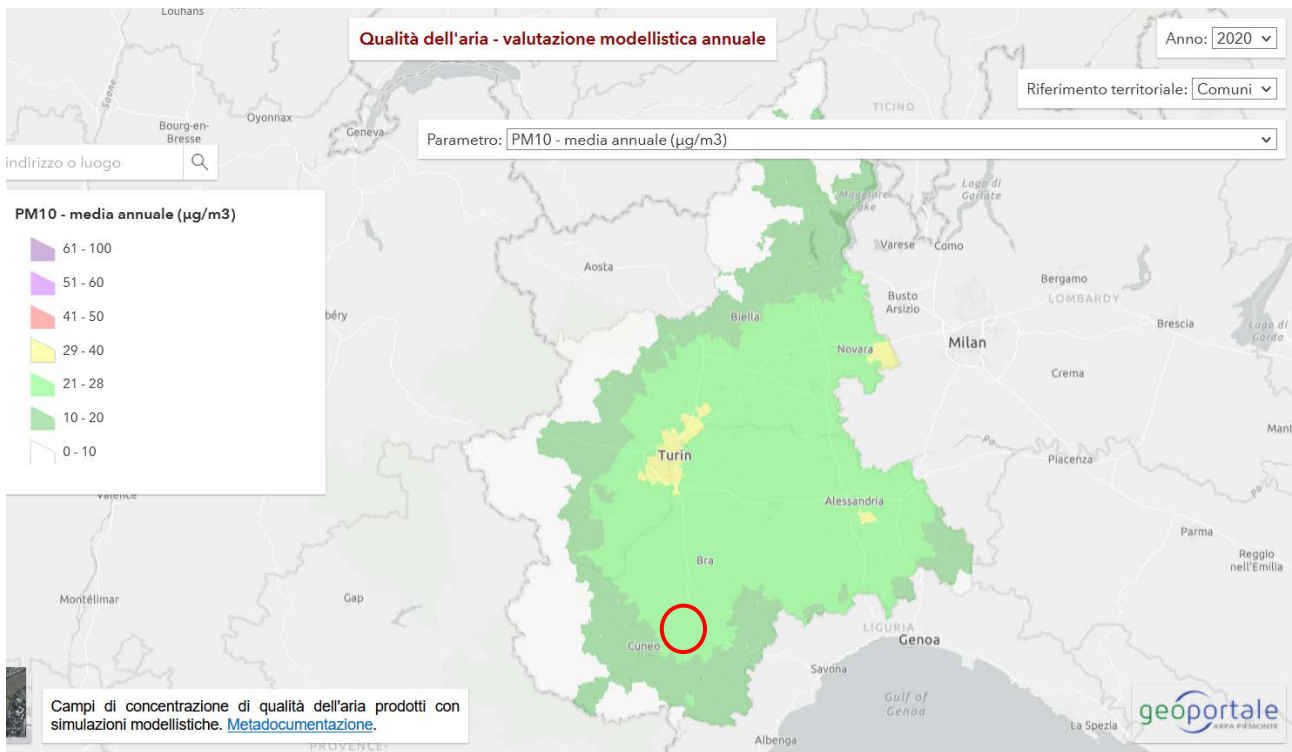


Figura 5.6 - Mappa delle medie annuali di PM10 stimate per i vari comuni del Piemonte nel 2020 con il sistema modellistico

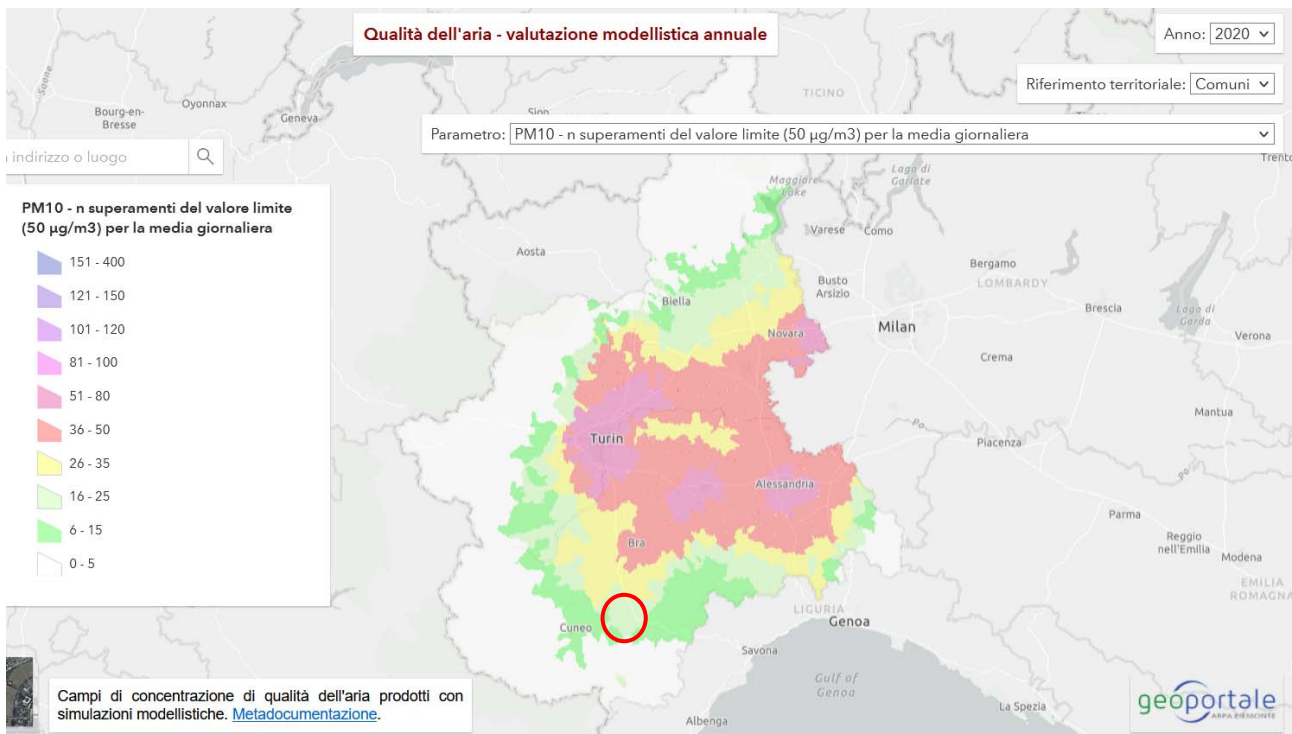


Figura 5.7 - Numero di superamenti del Valore Limite (VL) giornaliero di PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte/anno) nel 2020 stimati per i vari comuni del Piemonte con il sistema modellistico

Le figure successive mostrano le quantità annuali di PM10 (fonte IREA anno 2015) emesse in atmosfera dal traffico di automobili a benzina, automobili diesel e veicoli pesanti diesel. Il Comune di Mondovì, all'interno del quale verrà realizzato il progetto, si distingue dai comuni limitrofi solo nel caso delle emissioni delle automobili (benzina e diesel).

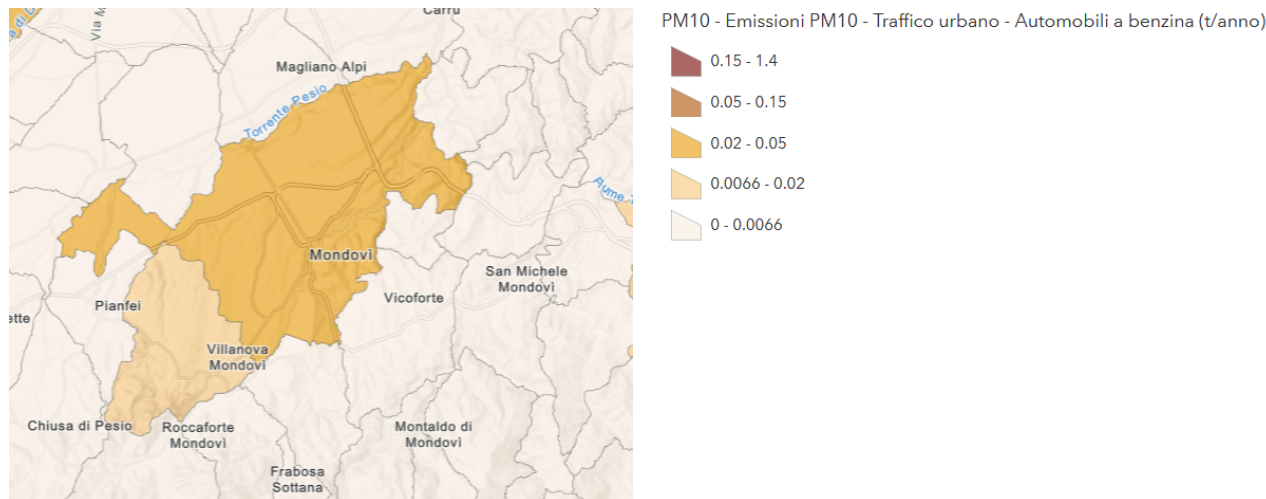


Figura 5.8 – Mappa regionale delle emissioni annuali a livello comunale di PM10 dovute al traffico di automobili a benzina nel 2015 (IREA)

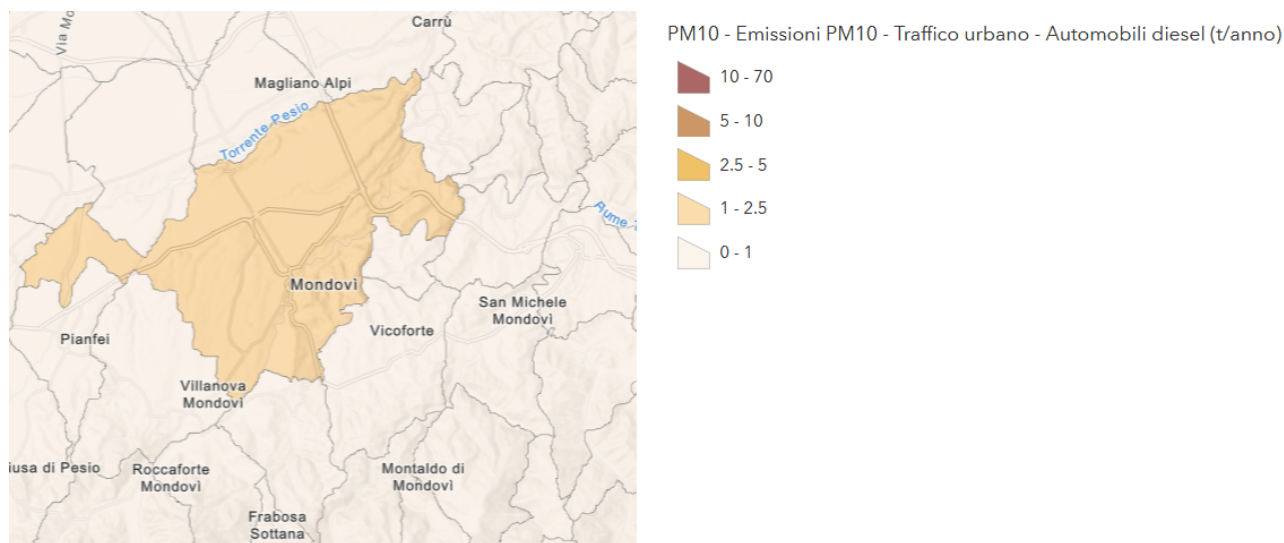


Figura 5.9 - Mappa regionale delle emissioni annuali a livello comunale di PM10 dovute al traffico di automobili diesel nel 2015 (IREA)

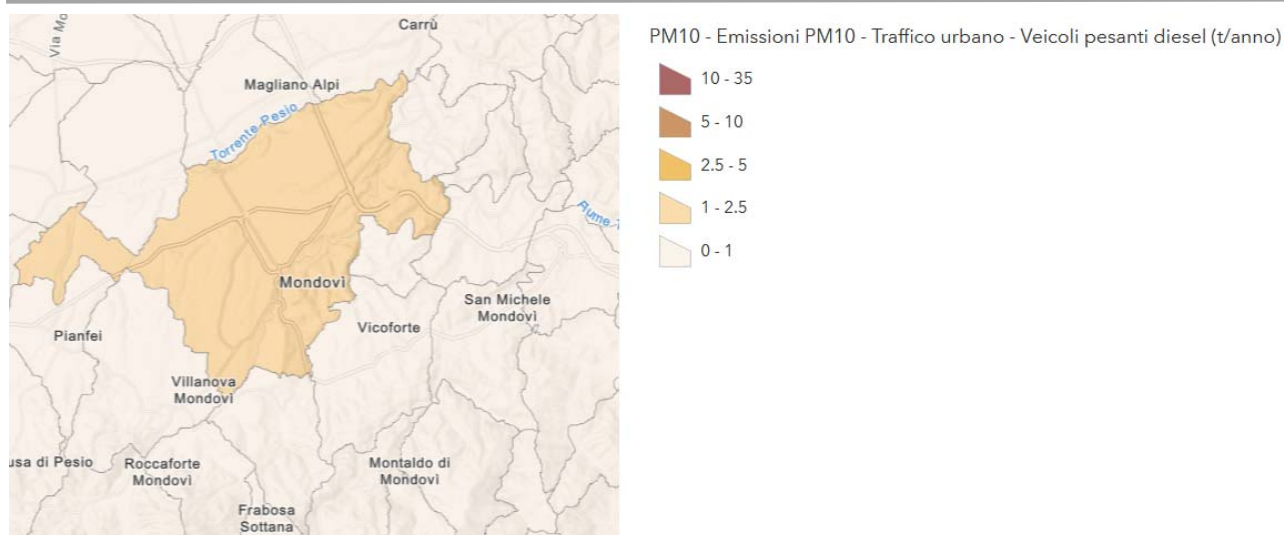


Figura 5.10 - Mappa regionale delle emissioni annuali a livello comunale di PM10 dovute al traffico di veicoli pesanti diesel nel 2015 (IREA).

Le figure successive mostrano i dati registrati di PM10 nelle stazioni della rete regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno nel periodo che va dal 2014 al 2021 e stazione Saliceto Moizo dal 2002 al 2021.

Si nota come l'andamento stagionale sia molto netto: i periodi freddi (inverno ed autunno) non contribuiscono alla dispersione naturale degli inquinanti e quindi (unitamente al fatto che in tali periodi vi è la totalità dei riscaldamenti domestici ed industriali accesi) la media stagionale risulta molto alta.

La tendenza generale è di un abbassamento dei valori con l'aumentare degli anni, evento probabilmente dovuto al miglioramento delle combustioni (migliori tecnologie per le caldaie, rinnovo del parco auto, ecc...) e all'affinarsi di strategie di contenimento del problema. Si osserva però, nelle stazioni vicine alla zona di progetto, una sostanziale stazionarietà nell'ultimo quinquennio.

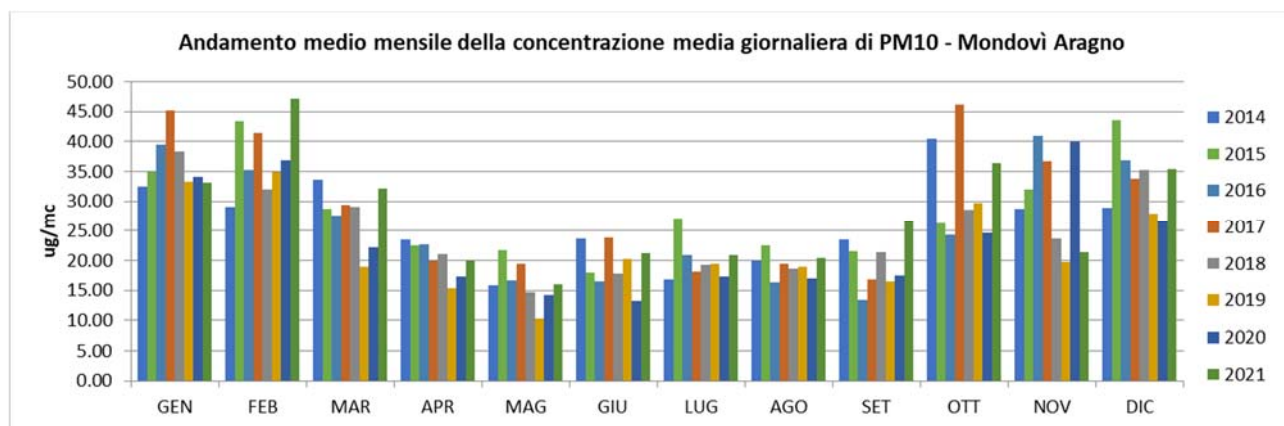


Figura 5.11 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di PM10 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

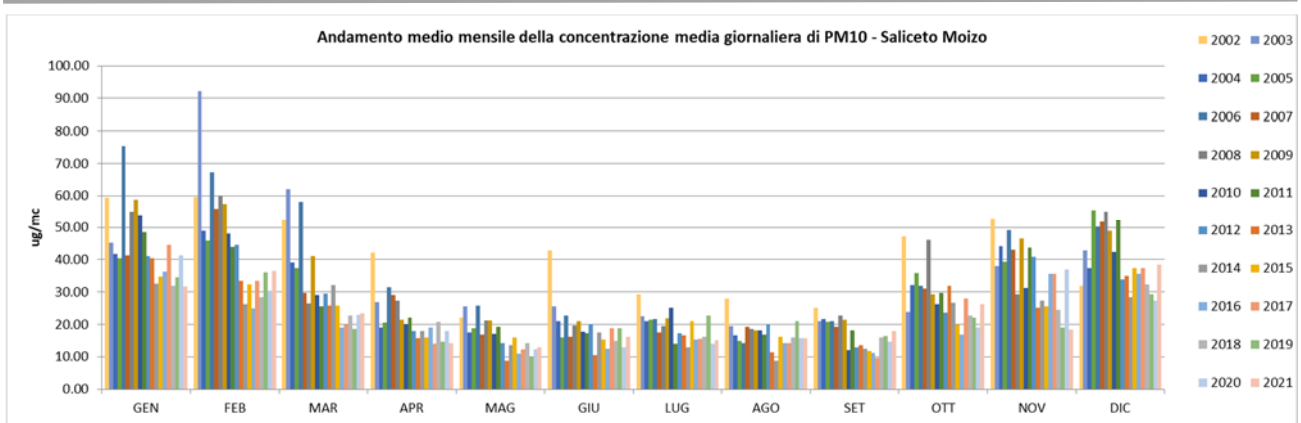


Figura 5.12 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di PM10 registrata dal 2002 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo.

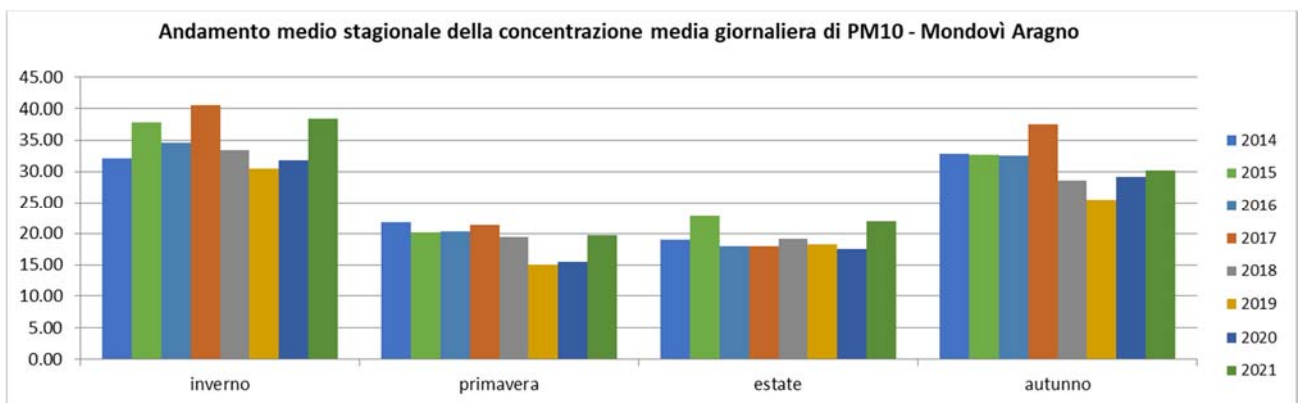


Figura 5.13 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di PM10 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

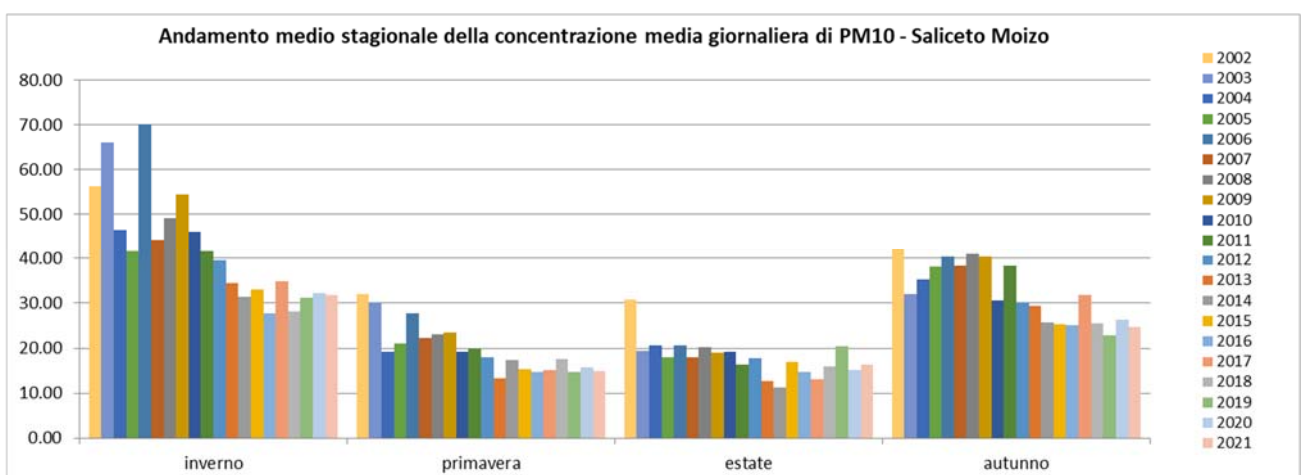


Figura 5.14 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di PM10 registrata dal 2002 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

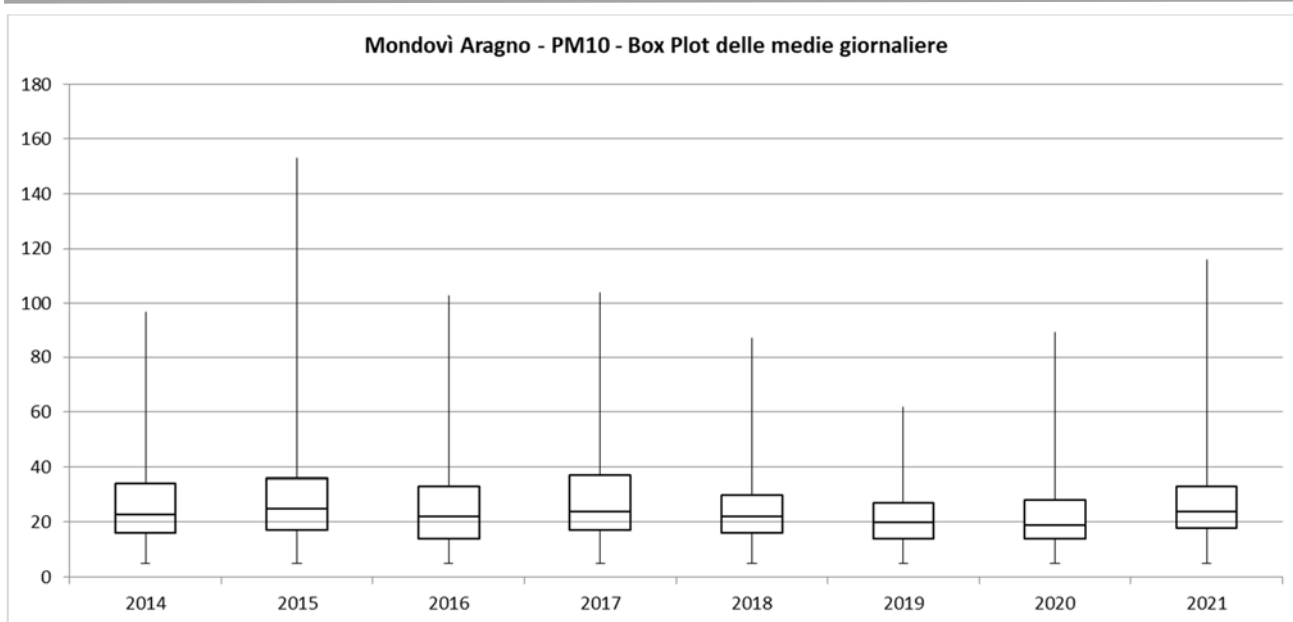


Figura 5.15 - Box plot della concentrazione medie giornaliere di PM10 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

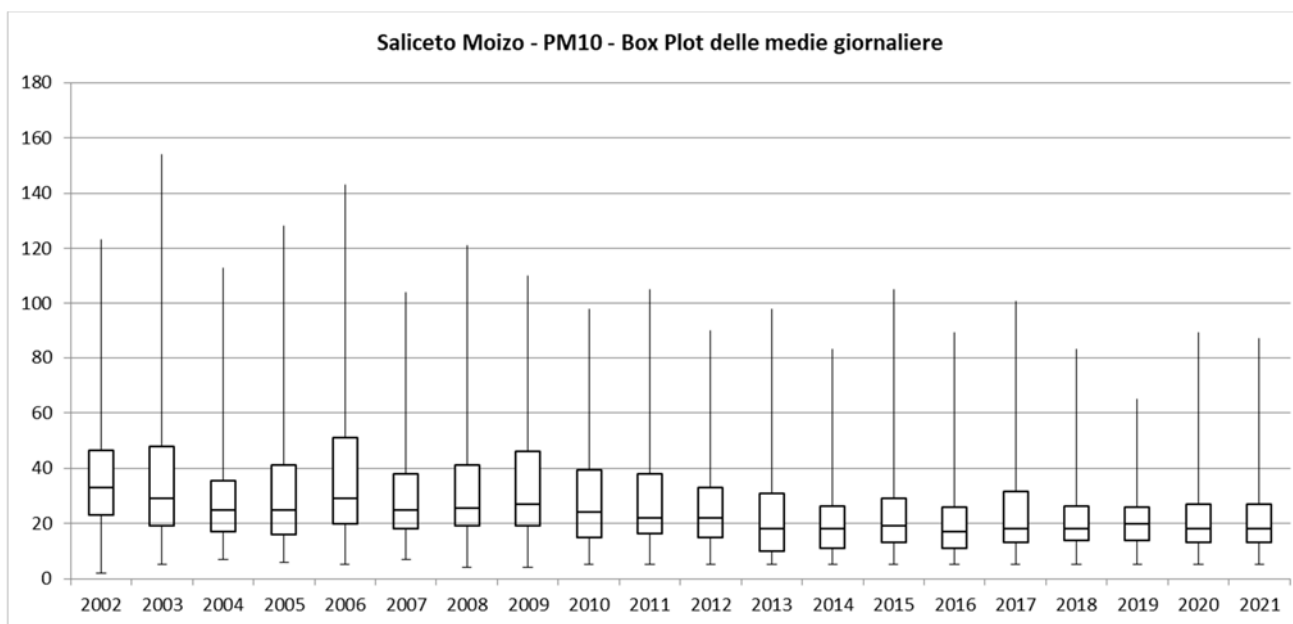


Figura 5.16 - Box plot della concentrazione medie giornaliere di PM10 registrata dal 2002 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo.

Polveri fini

Nella Figura seguente le colonne con colore pieno rappresentano le concentrazioni medie del PM2.5 misurate nei rispettivi anni di campionamento presso le diverse stazioni e, ad eccezione di Staffarda dove fino al 2020 è stata misurata la sola frazione fine, la parte tratteggiata sovrastante, rappresenta la frazione più grossolana del PM10. Il grafico evidenzia come la frazione PM2.5 costituisca la maggior parte delle polveri sottili (PM10).

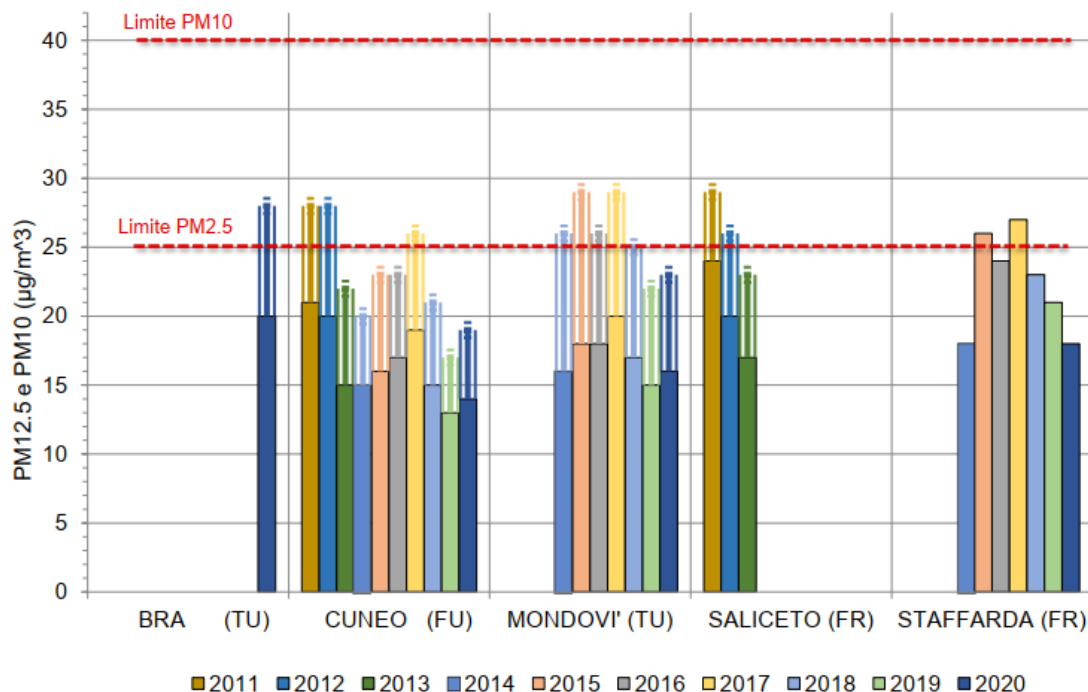


Figura 5.17 - PM2.5 (barra piena) e PM10 (barra piena + parte tratteggiata): concentrazioni medie annue a Bra, Cuneo, Mondovì, Saliceto e Staffarda (solo PM2.5).% (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

La *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*, valutando le serie storiche disponibili di PM2.5, solamente per quella misurata a Cuneo dal 2011 mostra una tendenza statisticamente significativa di riduzione delle concentrazioni, mentre per gli altri due punti di misura attivati nel 2014, non emergono trend.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dal sistema modellistico di Arpa Piemonte relativamente alle medie del valore limite giornaliero del PM2.5 per i vari comuni della regione riferiti all'anno 2020.

Per quanto riguarda il Comune di Mondovì le simulazioni mostrano il rispetto dei limiti previsti da normativa.

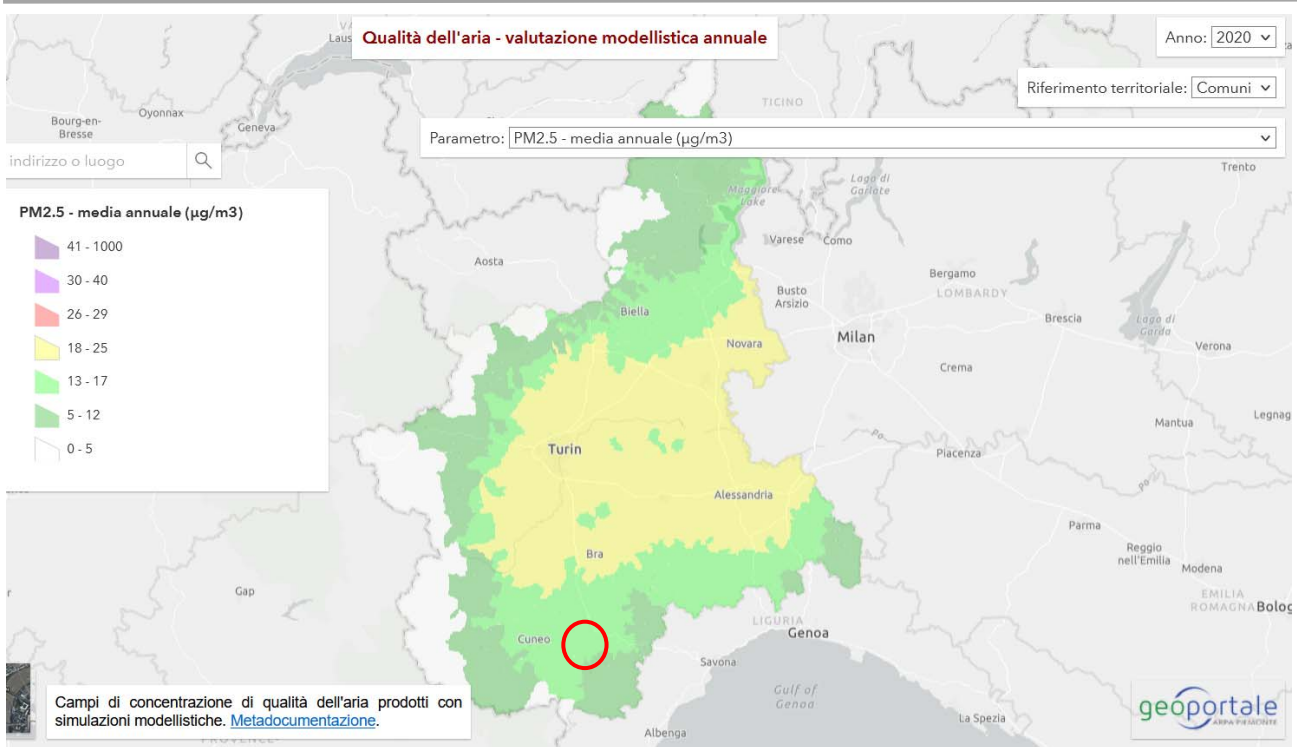


Figura 5.18 - Mappa delle medie annuali di PM2.5 stimate per i vari comuni del Piemonte nel 2020 con il sistema modellistico

Le figure successive mostrano i dati registrati di PM2.5 nelle stazioni della rete regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno nel periodo che va dal 2014 al 2021 e stazione Saliceto Moizo dal 2010 al 2013.

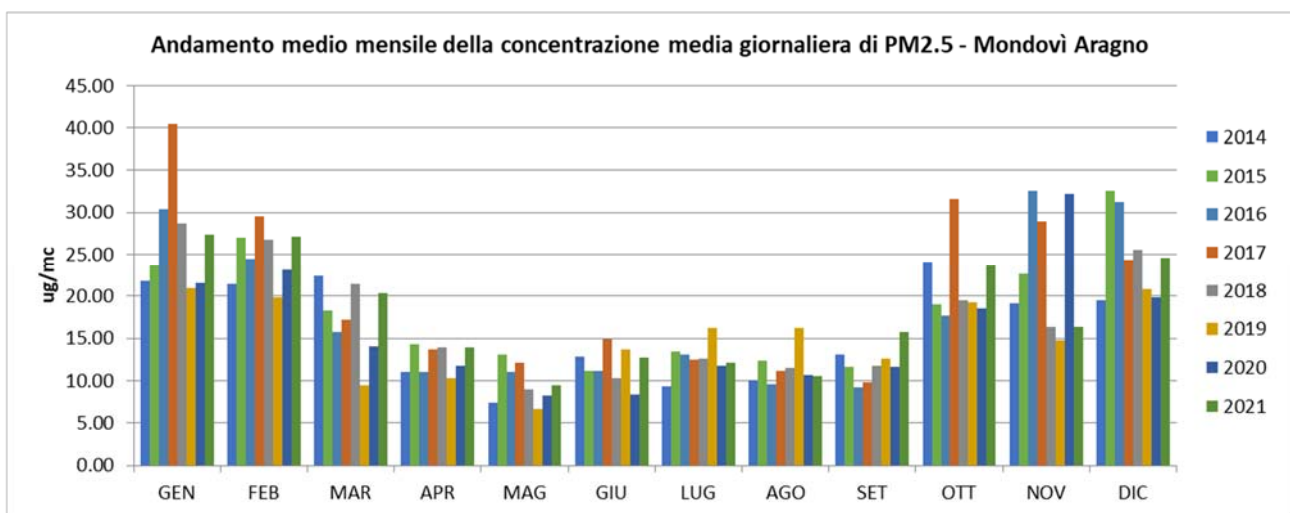


Figura 5.19 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di PM2.5 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

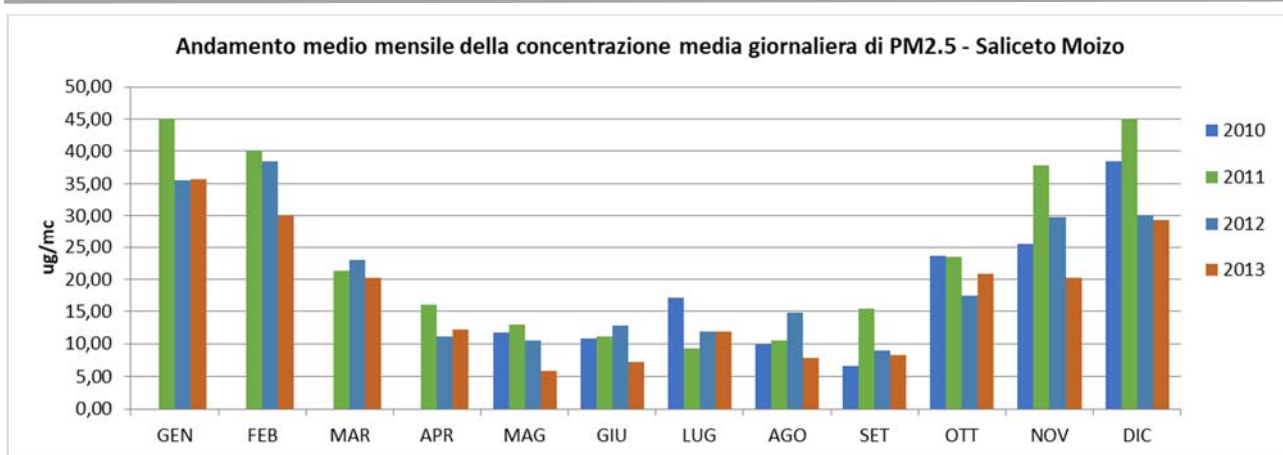


Figura 5.20 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di PM2.5 registrata dal 2010 al 2013 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

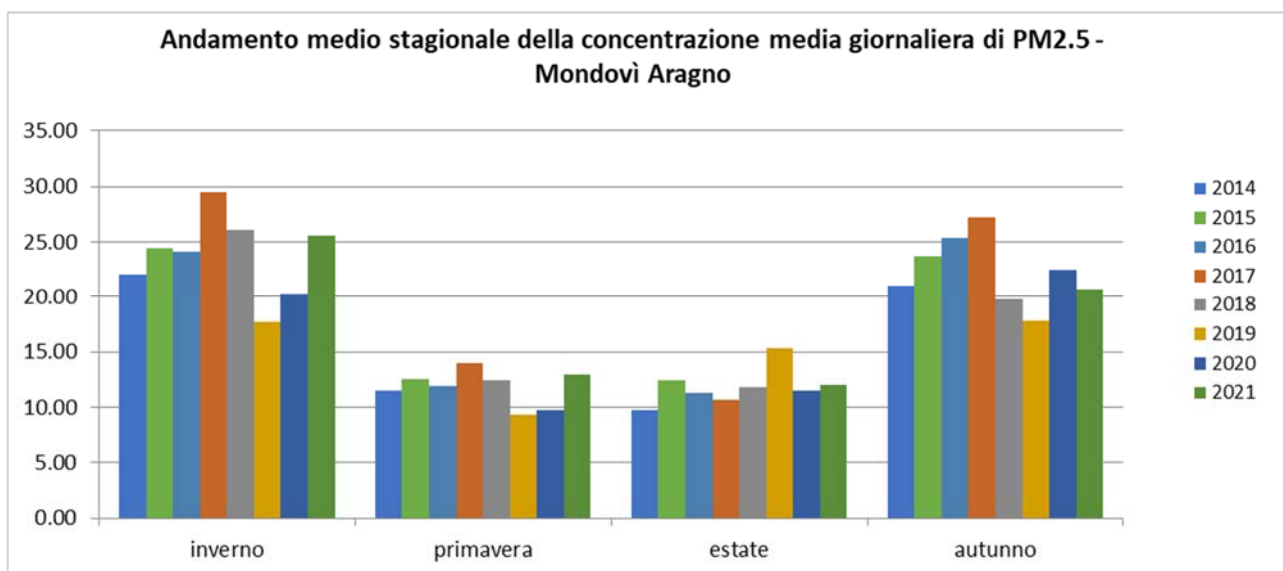


Figura 5.21 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di PM2.5 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

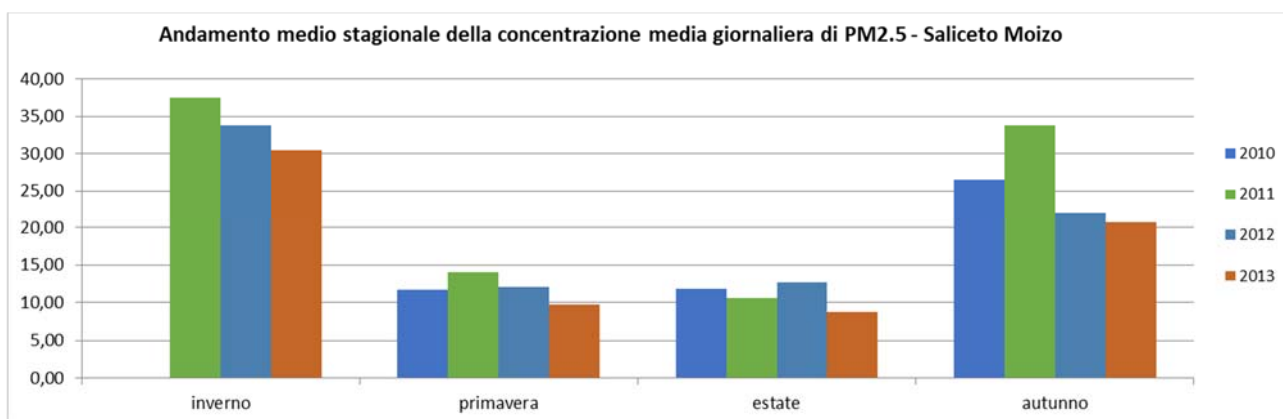


Figura 5.22 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di PM2.5 registrata dal 2010 al 2013 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

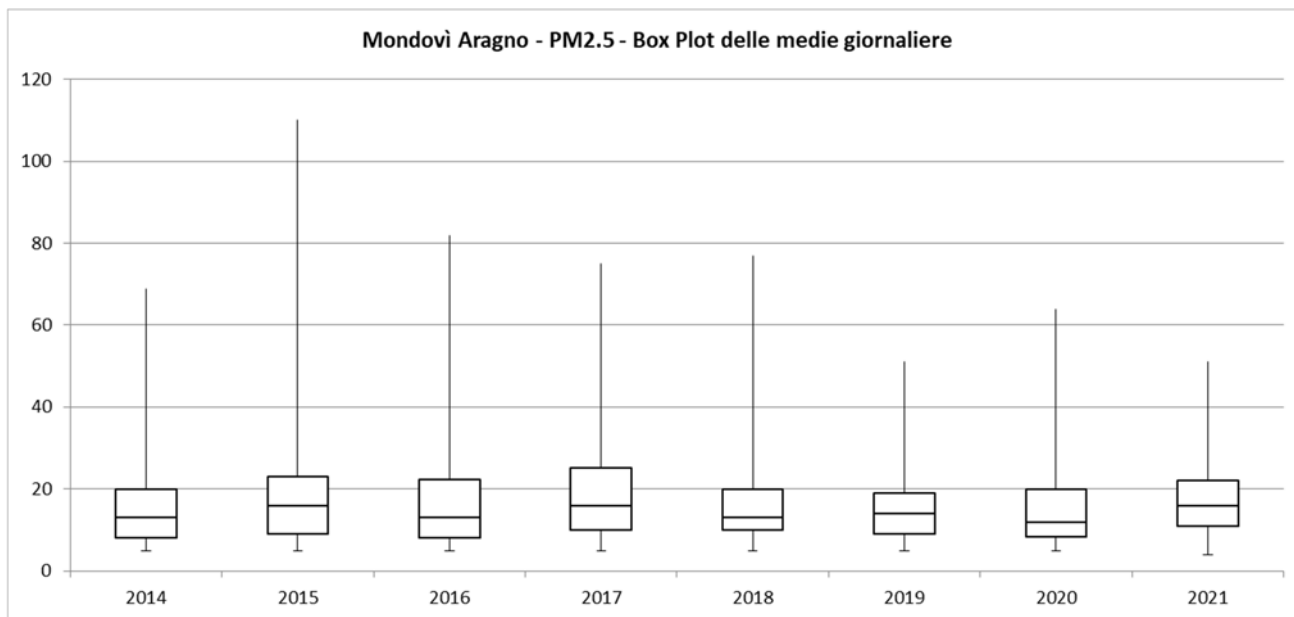


Figura 5.23 - Box plot della concentrazione medie giornaliere di PM2.5 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

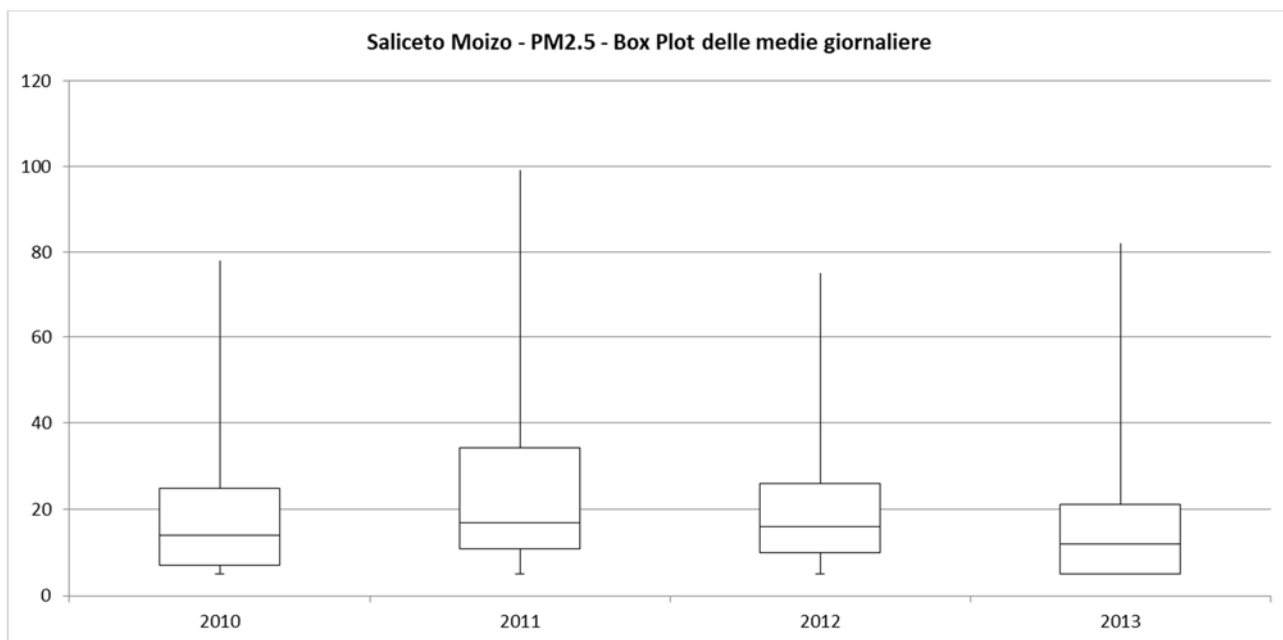


Figura 5.24 - Box plot della concentrazione medie giornaliere di PM10 registrata dal 2010 al 2013 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

Ossidi di azoto

Nella figura seguente è rappresentata l'evoluzione nel tempo delle concentrazioni medie annue di NO₂ riscontrate sul territorio provinciale (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*). Anche per questo inquinante che, insieme al PM₁₀ risulta tra i più critici del periodo invernale e per il quale sono ancora rilevati superamenti, sia nel bacino padano che in altri paesi europei, emerge già da questo primo grafico una tendenza alla riduzione nel tempo delle concentrazioni.

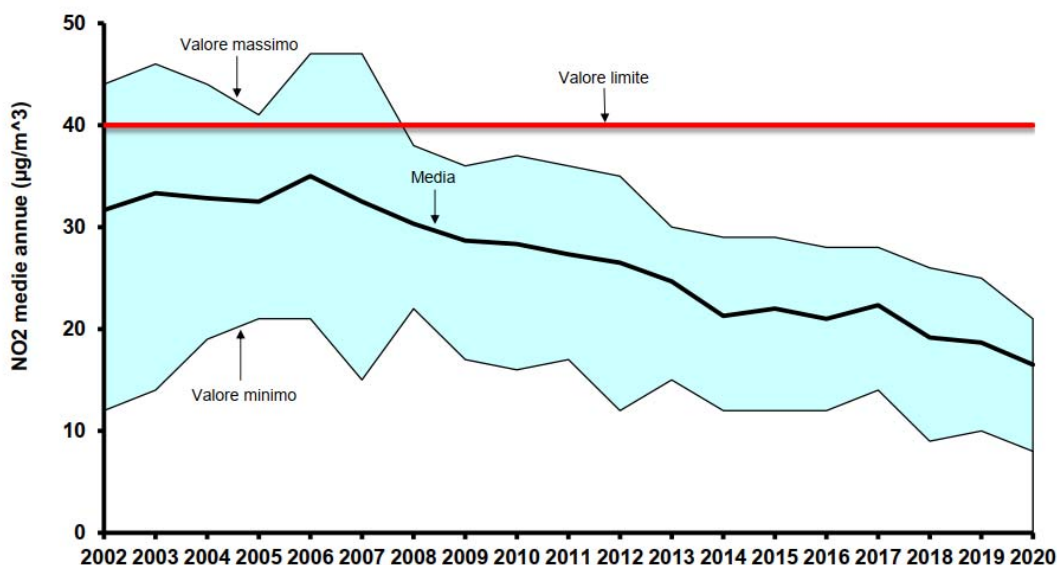


Figura 5.25 - NO₂: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni della provincia (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Sempre nella *Relazione annuale qualità dell'aria del 2020* si riporta che “A differenza delle polveri sottili, gli ossidi di azoto sono inquinanti più locali, in quanto, a causa della loro breve vita media, i processi di trasporto che subiscono sono limitati alla scala spaziale locale. Le concentrazioni registrate nelle singole stazioni sono pertanto fortemente condizionate dalle eventuali sorgenti presenti in prossimità.

Per questo motivo, come attestato nel capitolo “Gli effetti del lockdown sulla qualità dell'aria della provincia di Cuneo nel periodo marzo 2020 ÷ agosto 2021”, cui si rimanda per maggiori dettagli, a seguito delle restrizioni introdotte per contenere l'emergenza da COVID-19 in tutte le stazioni urbane della provincia sono state riscontrate riduzioni significative degli ossidi di azoto. La riduzione più importante si è verificata nel mese di aprile 2020, quando le concentrazioni sono diminuite del 47-58% rispetto al periodo di riferimento.”

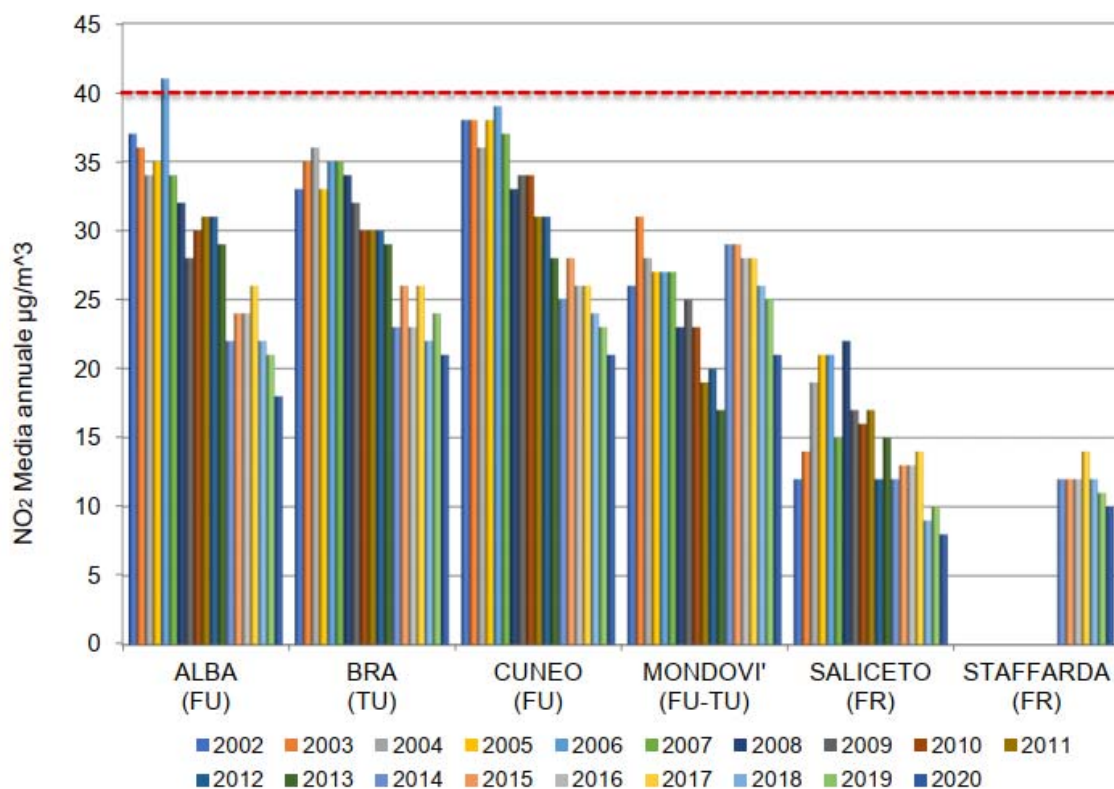


Figura 5.26 - NO2: concentrazioni medie annue confrontate con il limite normativo di 40 µg/m³ (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Nella Figura seguente si riportano le massime concentrazioni orarie di ogni anno per ogni stazione, ossia i valori delle diciannovesime concentrazioni più elevate di ciascun anno (coincidenti con il 99.8° percentile). Ovunque i valori di tale indicatore si mantengono inferiori alla metà del limite normativo.

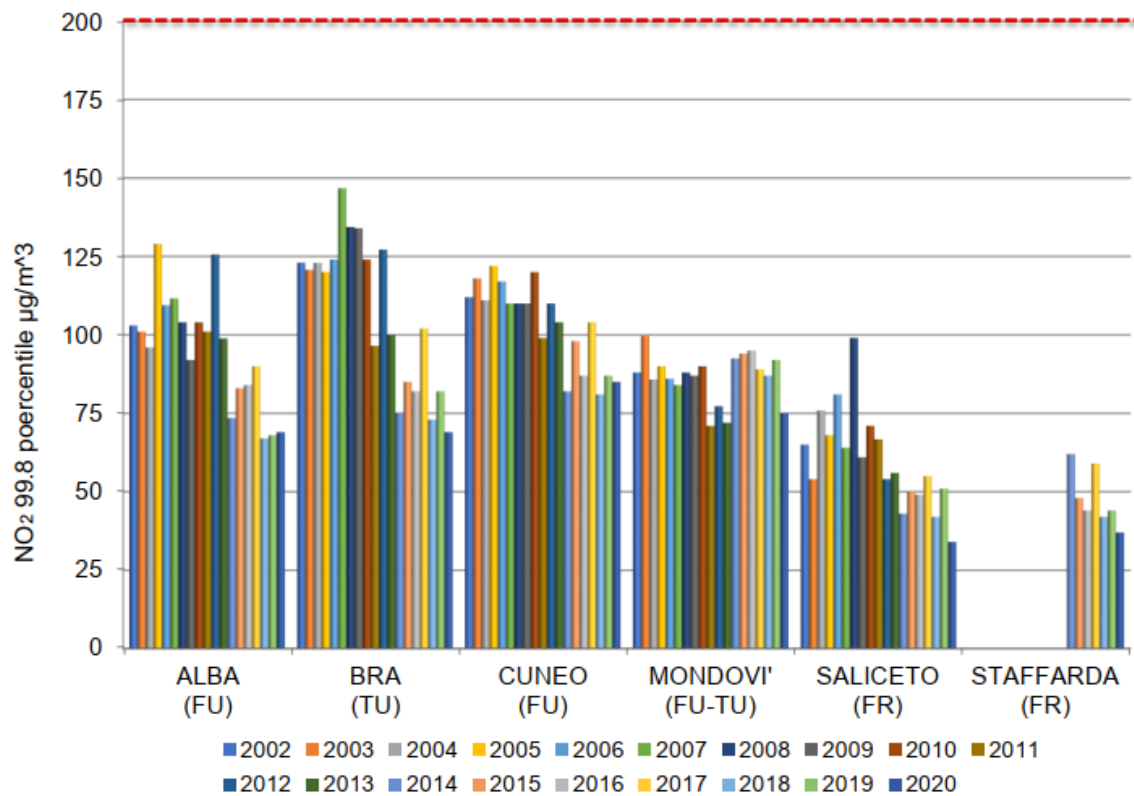


Figura 5.27 - NO2: diciannovesime concentrazioni orarie più elevate di ciascun anno (99.8° percentile) confrontate con il limite normativo di 200 µg/m³ (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dal sistema modellistico di Arpa Piemonte relativamente alle medie annuali e alle massime concentrazioni orarie di NO₂ per i vari comuni della regione riferiti all'anno 2020.

Le simulazioni evidenziano che nel Comune di Mondovì risulta rispettato il valore limite previsto da normativa.



Figura 5.28 - Mappa delle medie annuali di NO₂ stimate per i vari comuni del Piemonte nel 2020 con il sistema modellistico

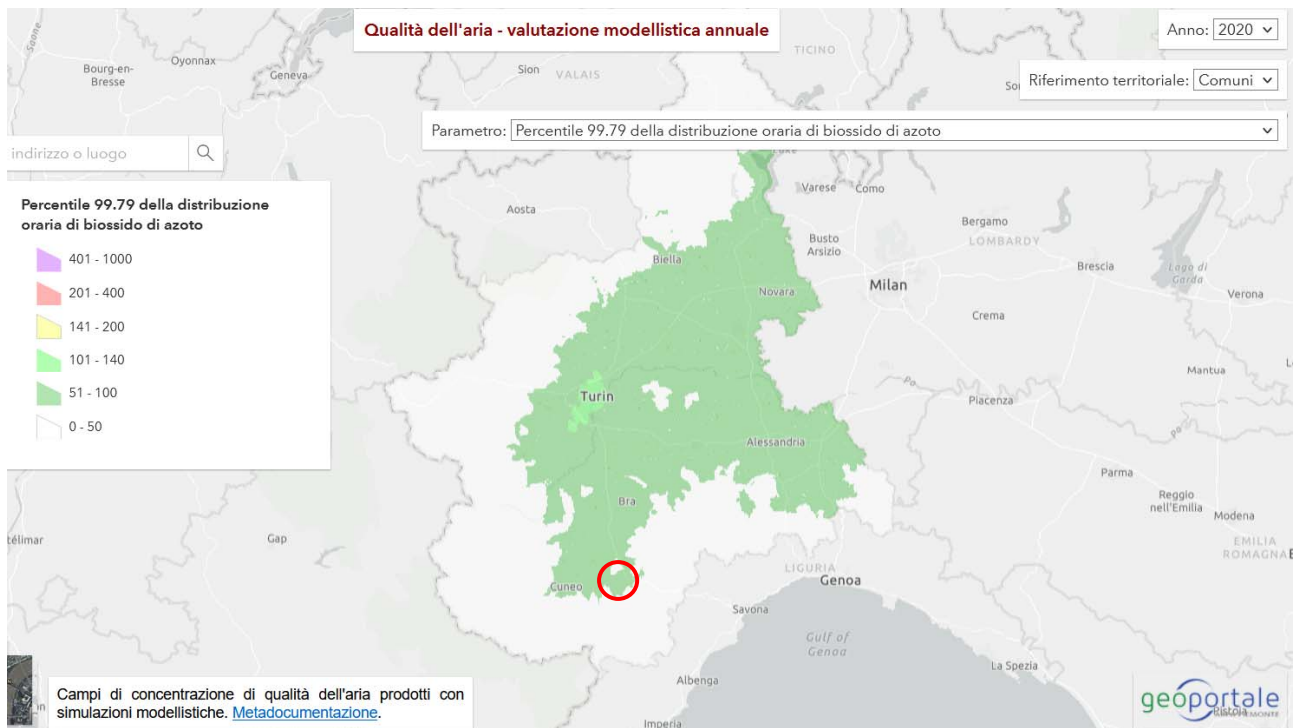


Figura 5.29 - Mappa del 99.8° percentile dei valori massimi orari simulati per i vari comuni del Piemonte nel 2020 con il sistema modellistico.

Le figure successive mostrano le quantità annuali di NOx (fonte IREA anno 2015) emesse in atmosfera dal traffico di automobili a benzina, automobili diesel e veicoli pesanti diesel. Il Comune di Mondovì presenta un'emissione leggermente più alta rispetto ai comuni limitrofi, dovuta alle dimensioni del centro abitato.

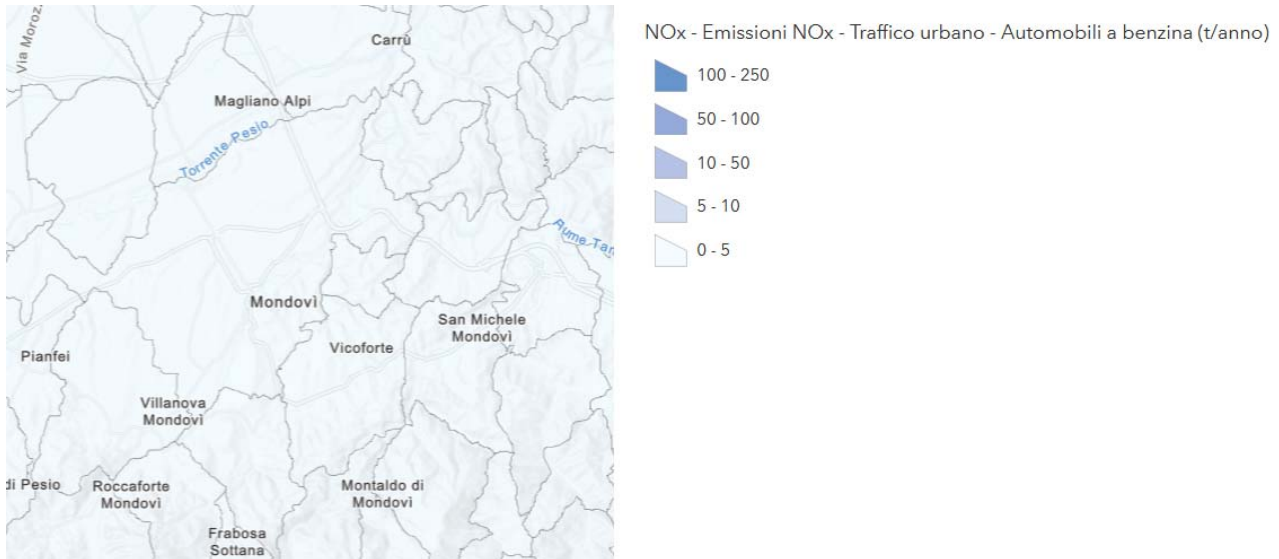


Figura 5.30 - Mappa regionale delle emissioni annuali a livello comunale di NOx dovute al traffico di automobili a benzina nel 2015

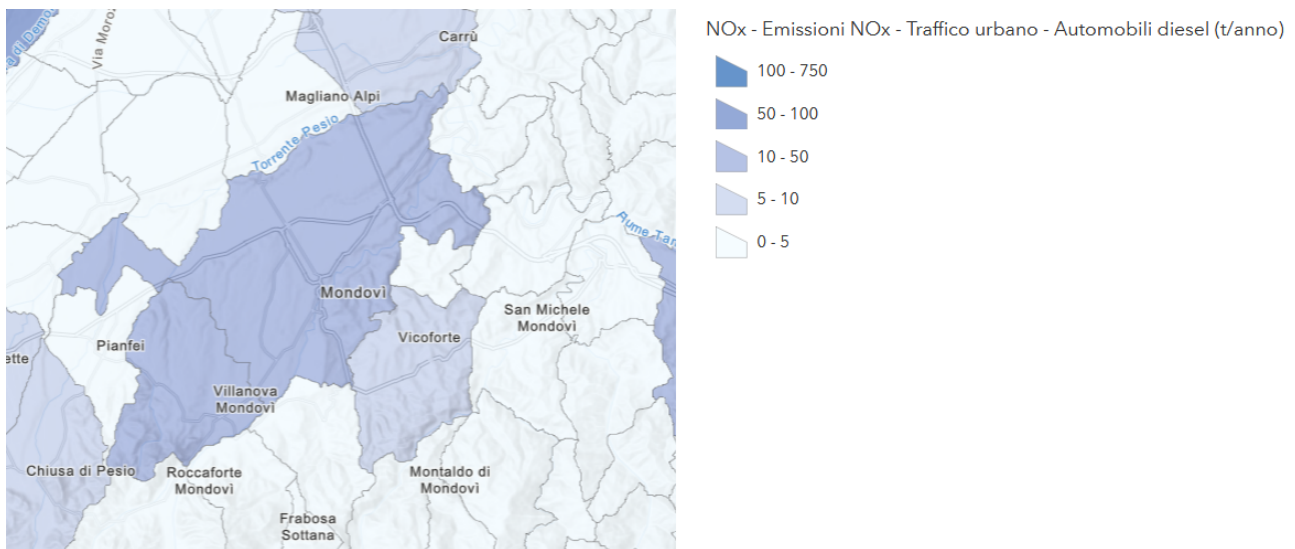


Figura 5.31 - Mappa regionale delle emissioni annuali a livello comunale di NOx dovute al traffico di automobili diesel nel 2015

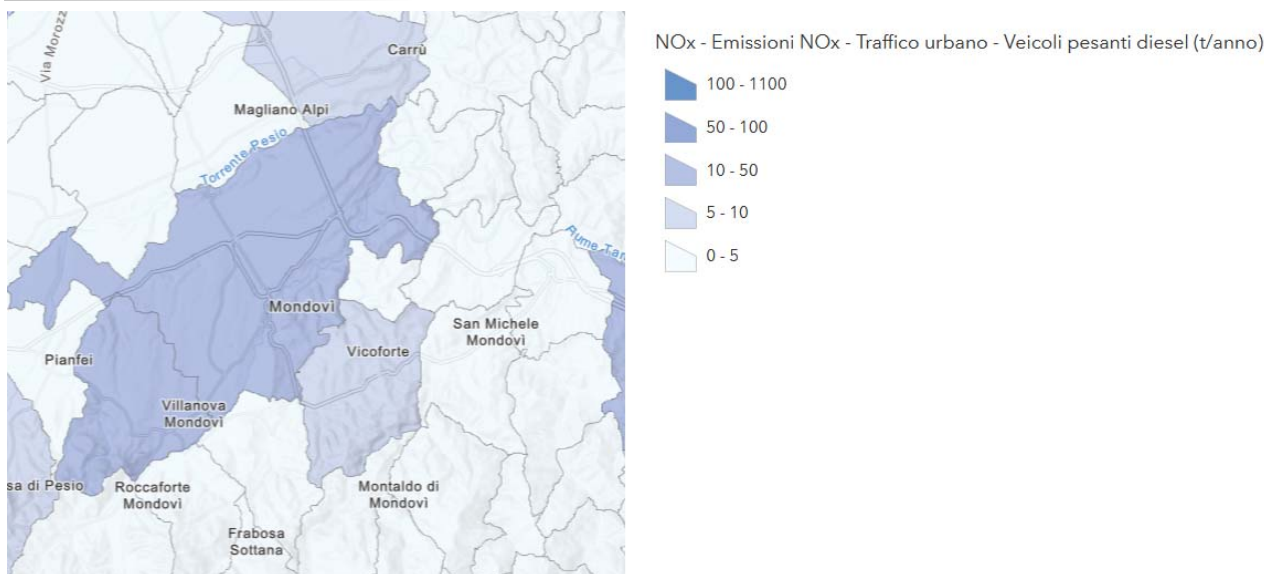


Figura 5.32 - Mappa regionale delle emissioni annuali a livello comunale di NOx dovute al traffico di veicoli pesanti diesel nel 2015

Le figure successive mostrano i dati di concentrazione di NO₂ e NOx registrati nelle stazioni della rete regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai nel periodo che va dal 2002 al 2013, stazione Mondovì Aragno dal 2014 al 2021 e stazione Saliceto Moizo dal 2000 al 2021.

Si nota come l'andamento stagionale sia molto netto: i periodi freddi (inverno ed autunno) non contribuiscono alla dispersione naturale degli inquinanti e quindi (unitamente al fatto che in tali periodi vi è la totalità dei riscaldamenti domestici ed industriali accesi) la media stagionale risulta molto alta.

La tendenza generale è di un abbassamento dei valori con l'aumentare degli anni, evento probabilmente dovuto al miglioramento delle combustioni (migliori tecnologie per le caldaie, rinnovo del parco auto, ecc...) e all'affinarsi di strategie di contenimento del problema.

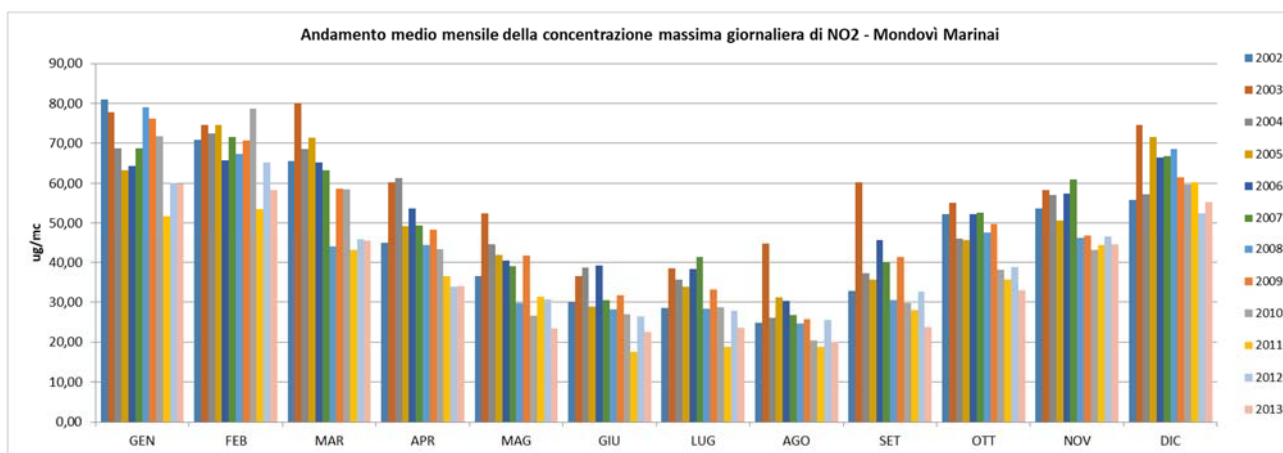


Figura 5.33 - Media mensile dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il biossido di azoto registrata dal 2002 al 2013 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai

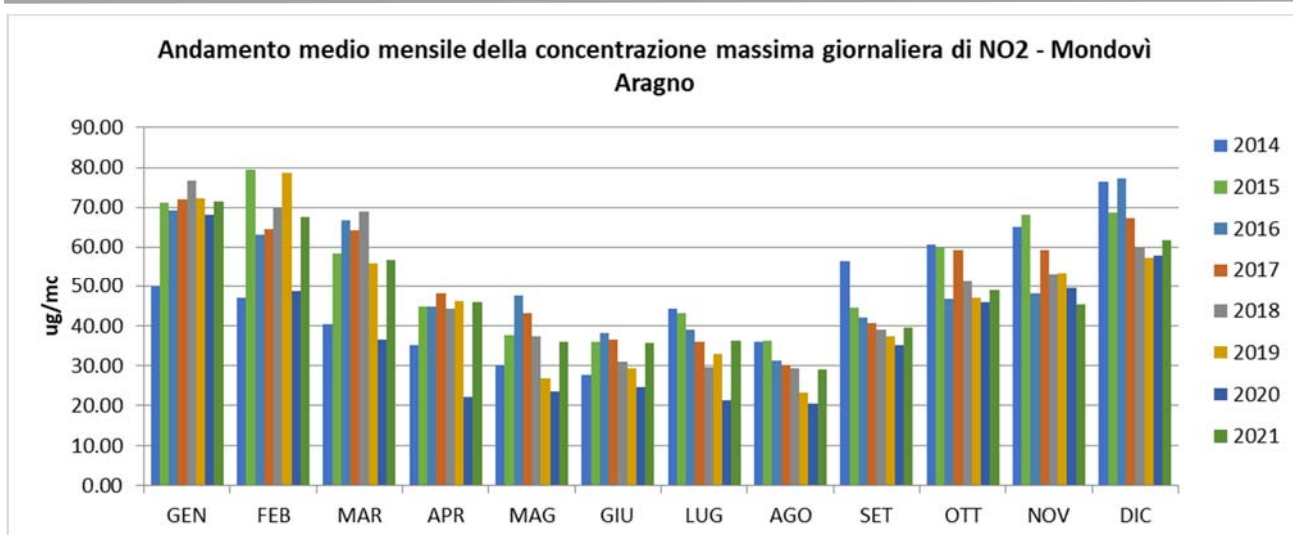


Figura 5.34 - Media mensile dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il biossido di azoto registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

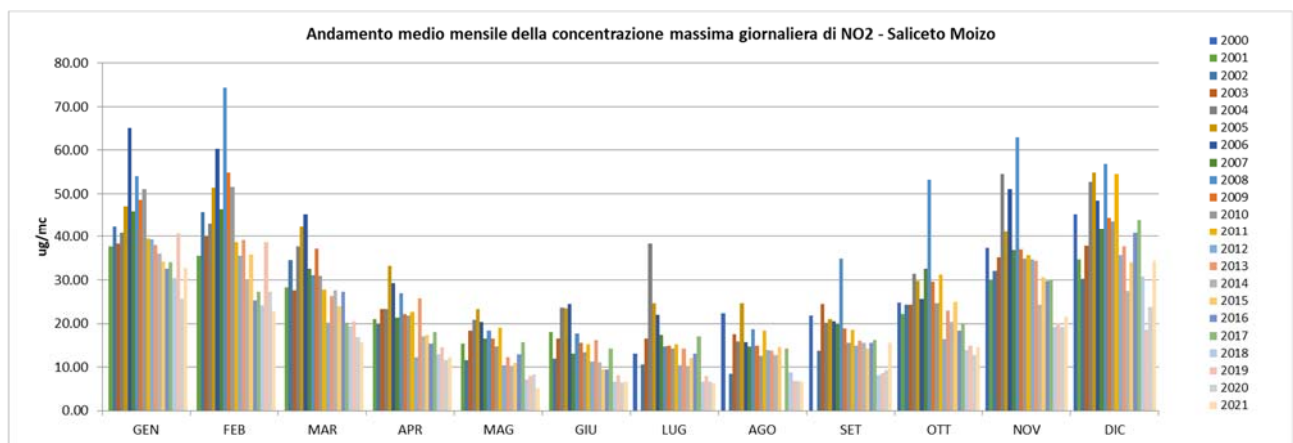


Figura 5.35 - Media mensile dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il biossido di azoto registrata dal 2000 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

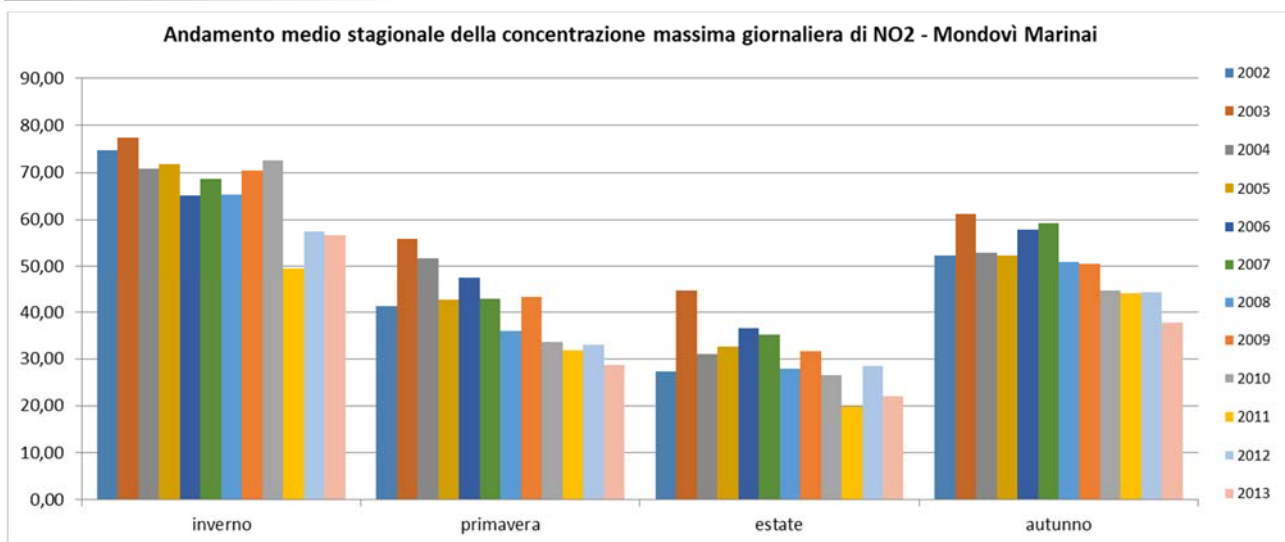


Figura 5.36 - Media stagionale dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il biossido di azoto registrata dal 2002 al 2013 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai

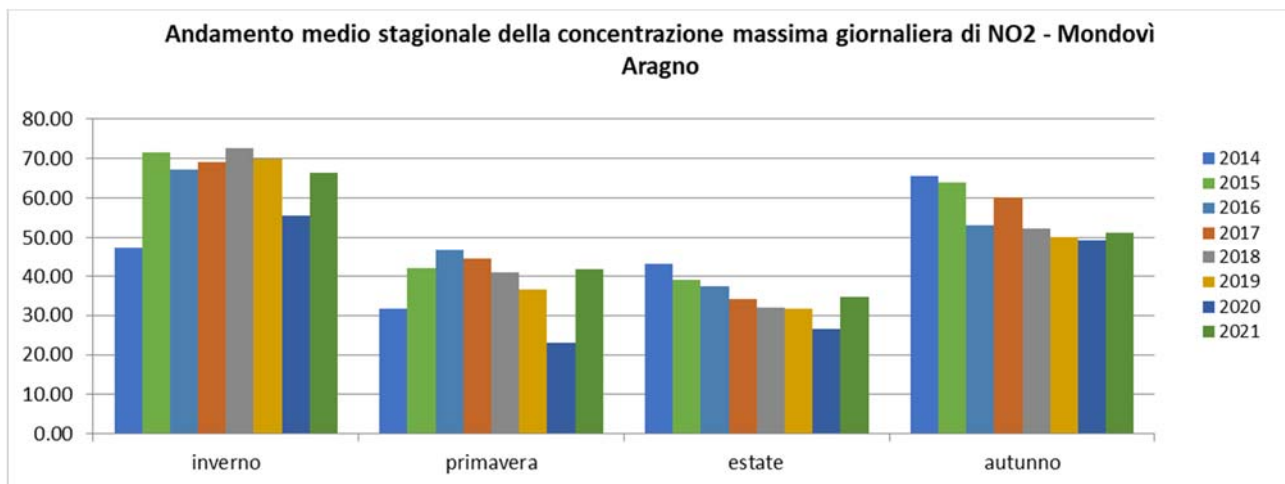


Figura 5.37 - Media stagionale dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il biossido di azoto registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

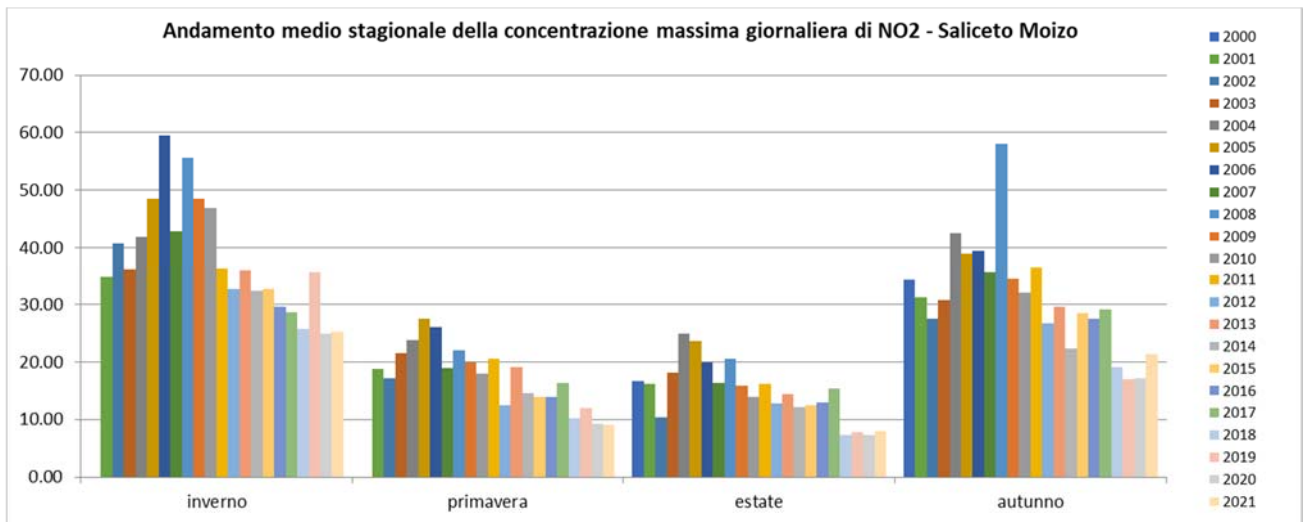


Figura 5.38 - Media stagionale dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il biossido di azoto registrata dal 2000 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

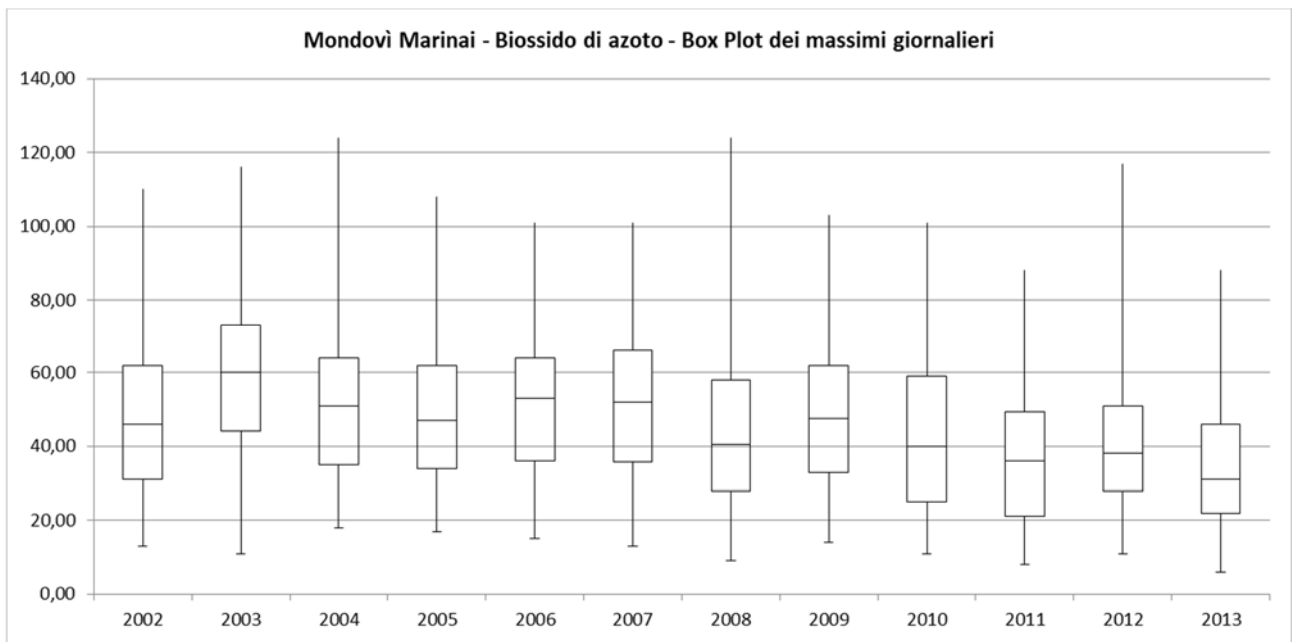


Figura 5.39 - Box plot della concentrazione massima giornaliera di NO₂ registrata dal 2002 al 2013 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai

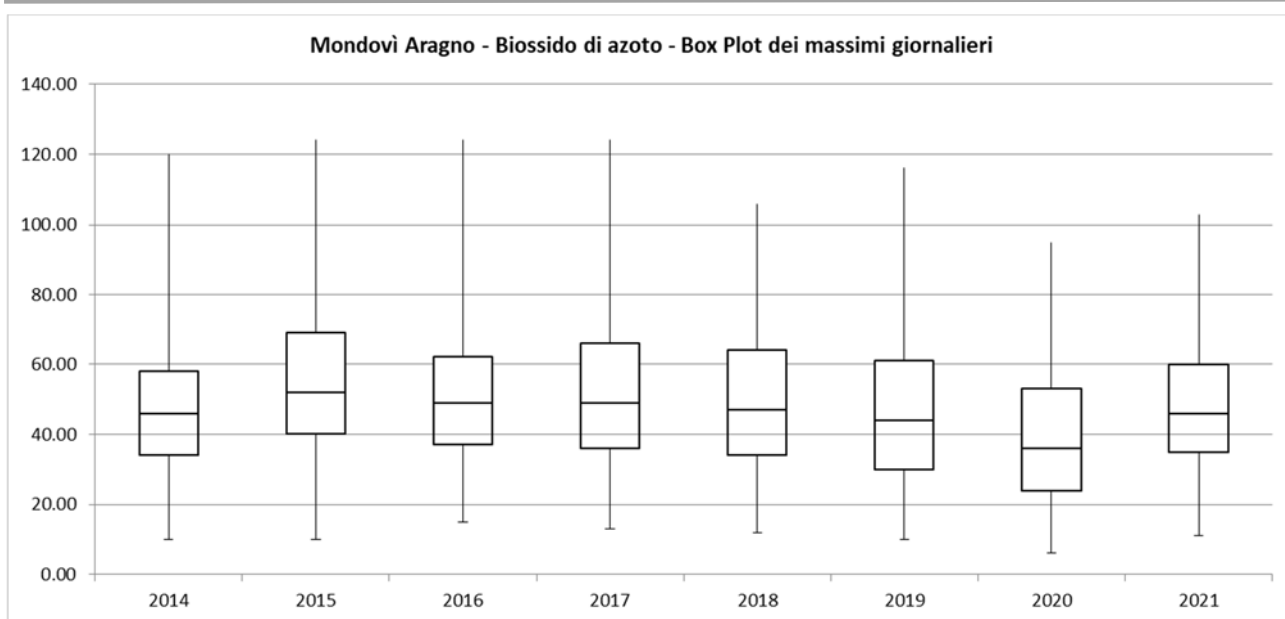


Figura 5.40 - Box plot della concentrazione massima giornaliera di NO₂ registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

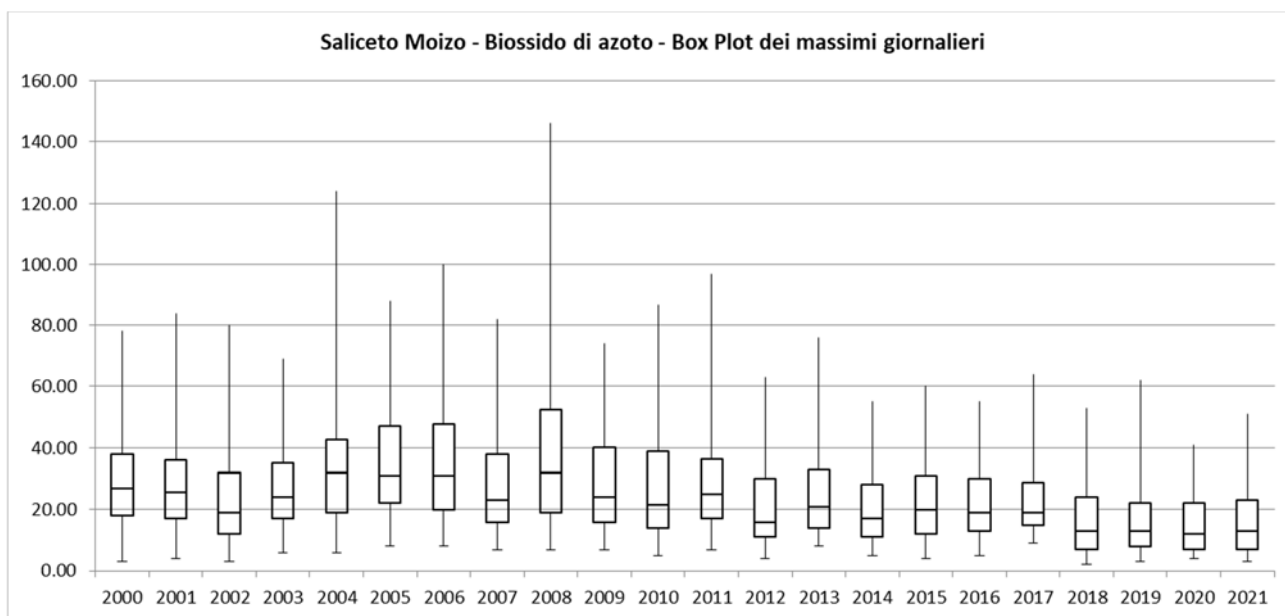


Figura 5.41 - Box plot della concentrazione massima giornaliera di NO₂ registrata dal 2000 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

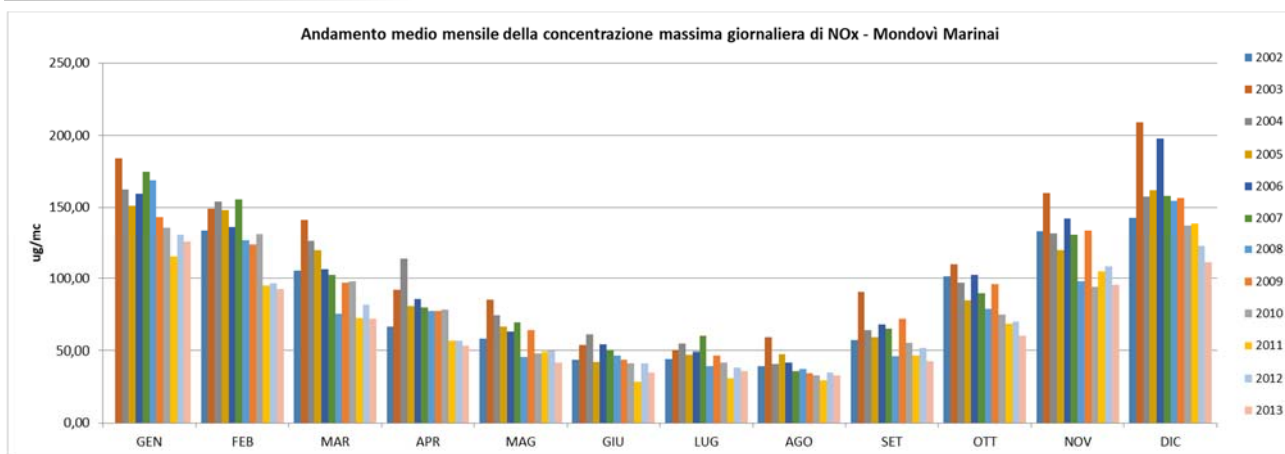


Figura 5.42 - Media mensile dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per gli ossidi totali di azoto registrata dal 2002 al 2013 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai

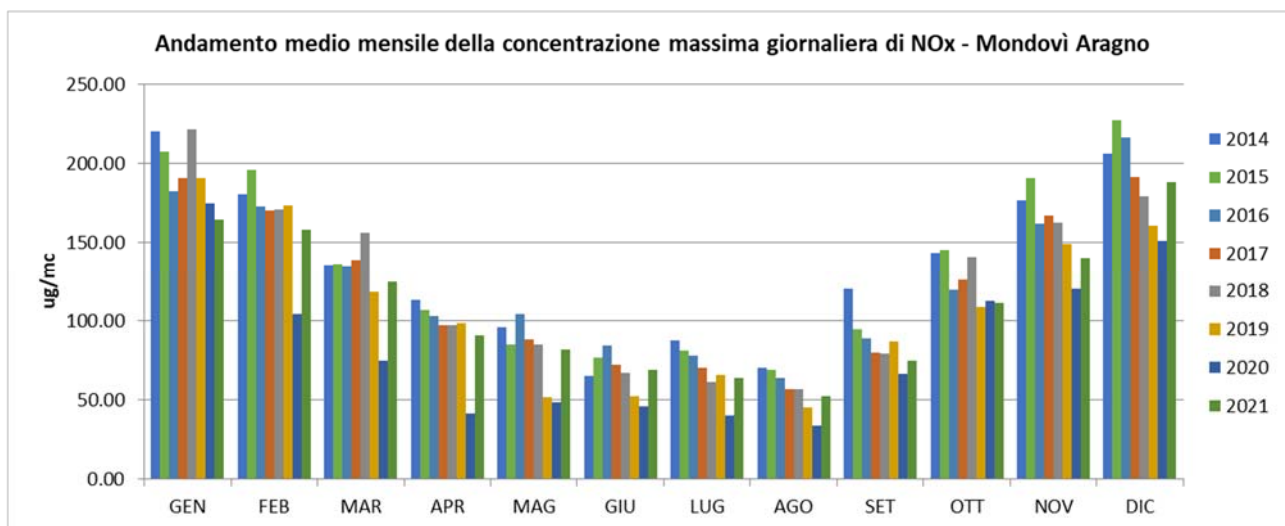


Figura 5.43 - Media mensile dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per ossidi totali di azoto registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

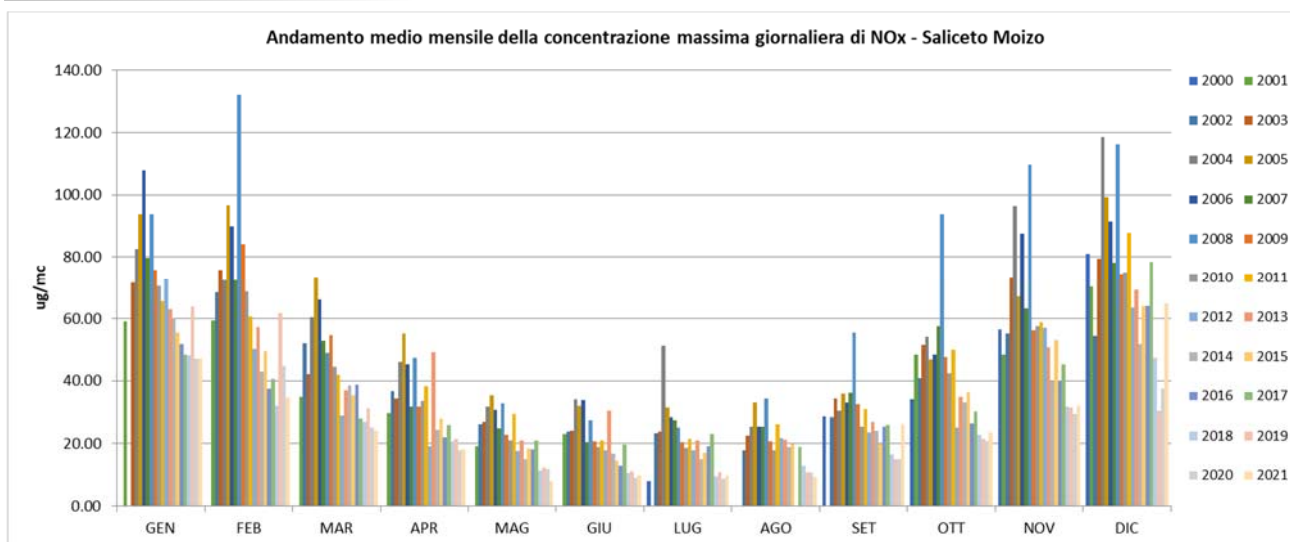


Figura 5.44 - Media mensile dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per ossidi totali di azoto registrata dal 2000 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

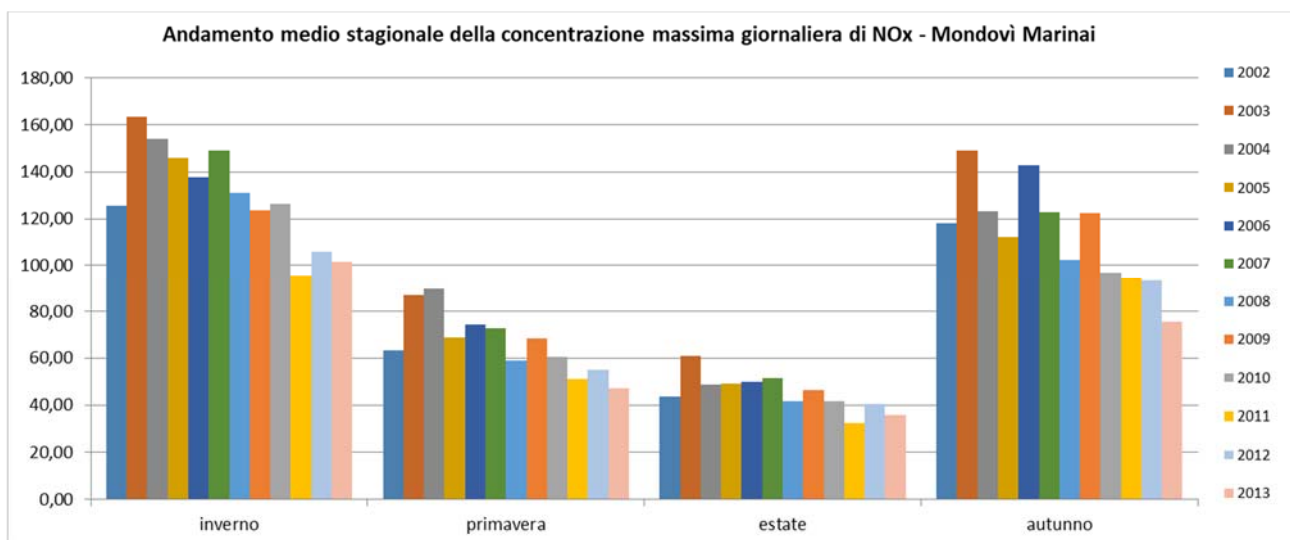


Figura 5.45 - Media stagionale dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per ossidi totali di azoto registrata dal 2002 al 2013 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai

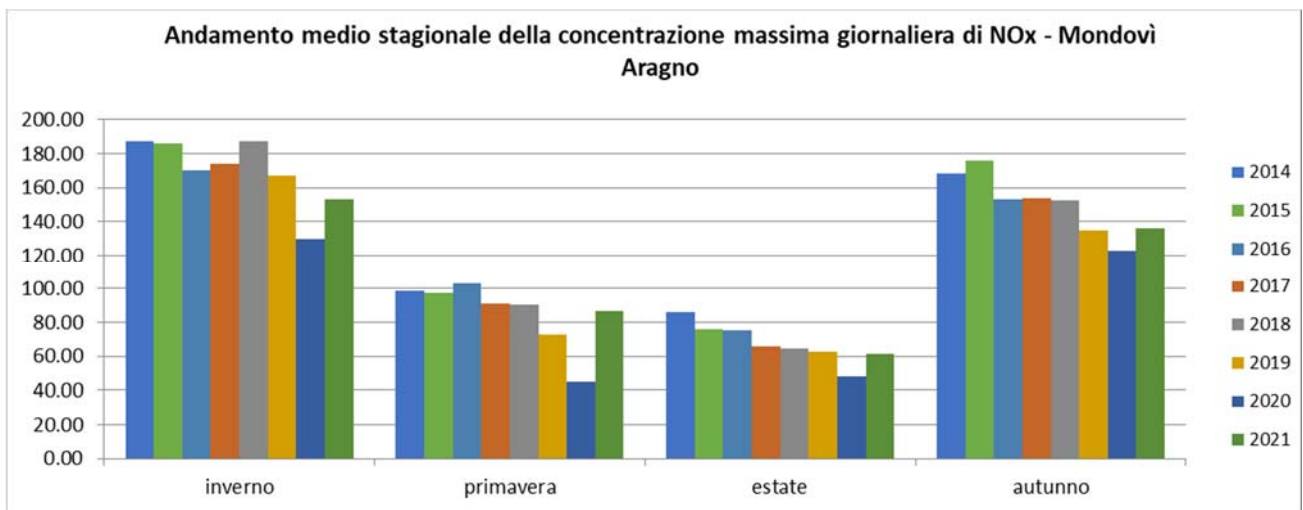


Figura 5.46 - Media stagionale dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per ossidi totali di azoto registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

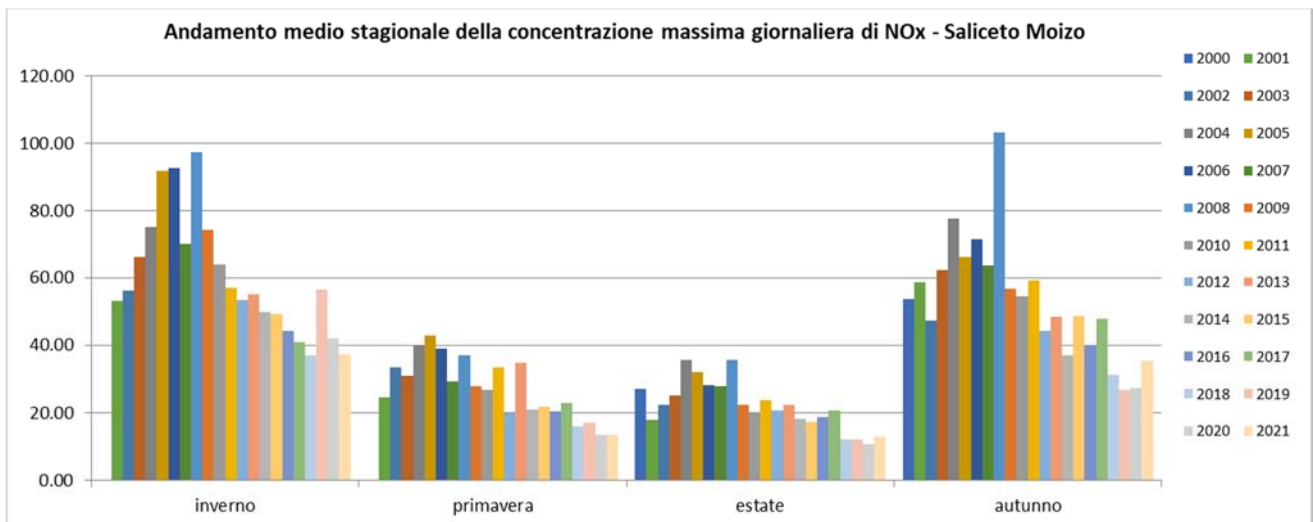


Figura 5.47 - Media stagionale dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per ossidi totali di azoto registrata dal 2000 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

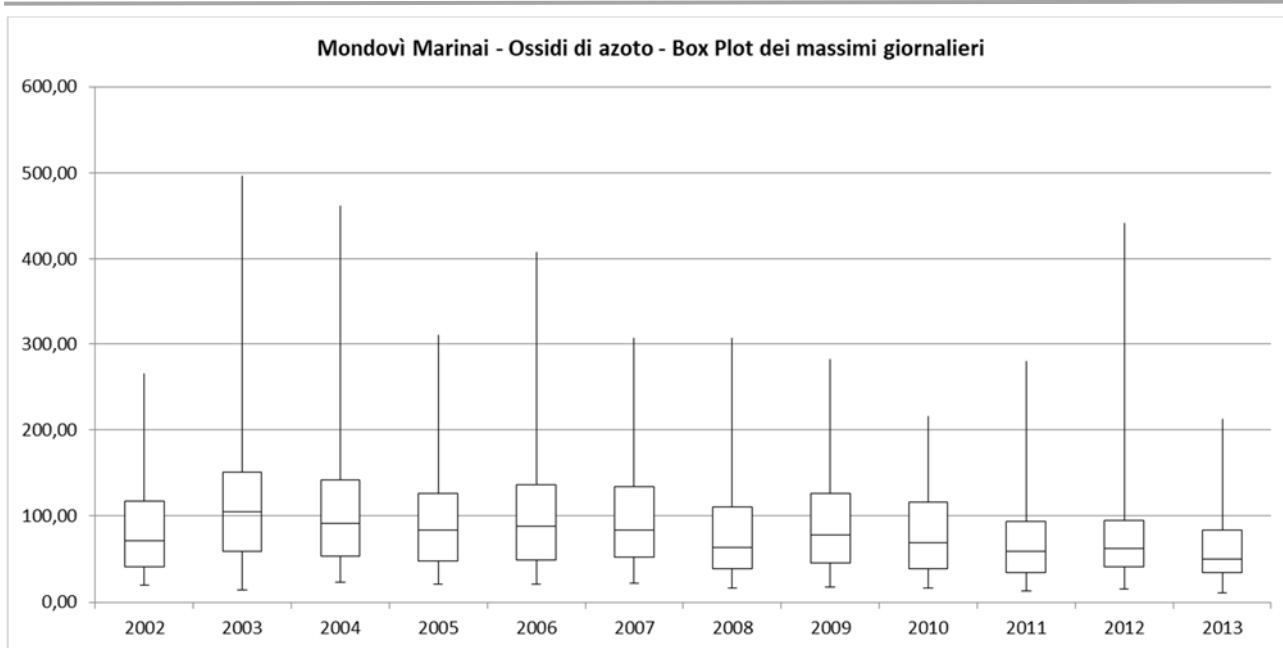


Figura 5.48 - Box plot della concentrazione massima giornaliera di NOx registrata dal 2002 al 2013 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai

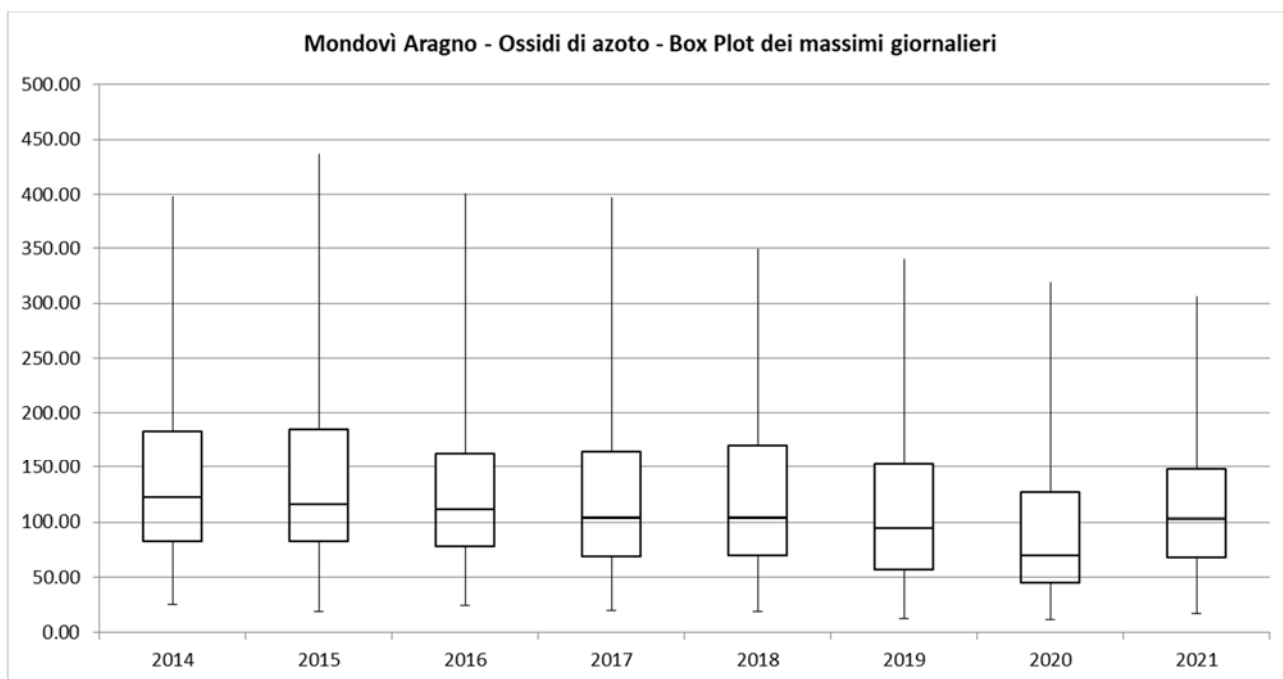


Figura 5.49 - Box plot della concentrazione massima giornaliera di NOx registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

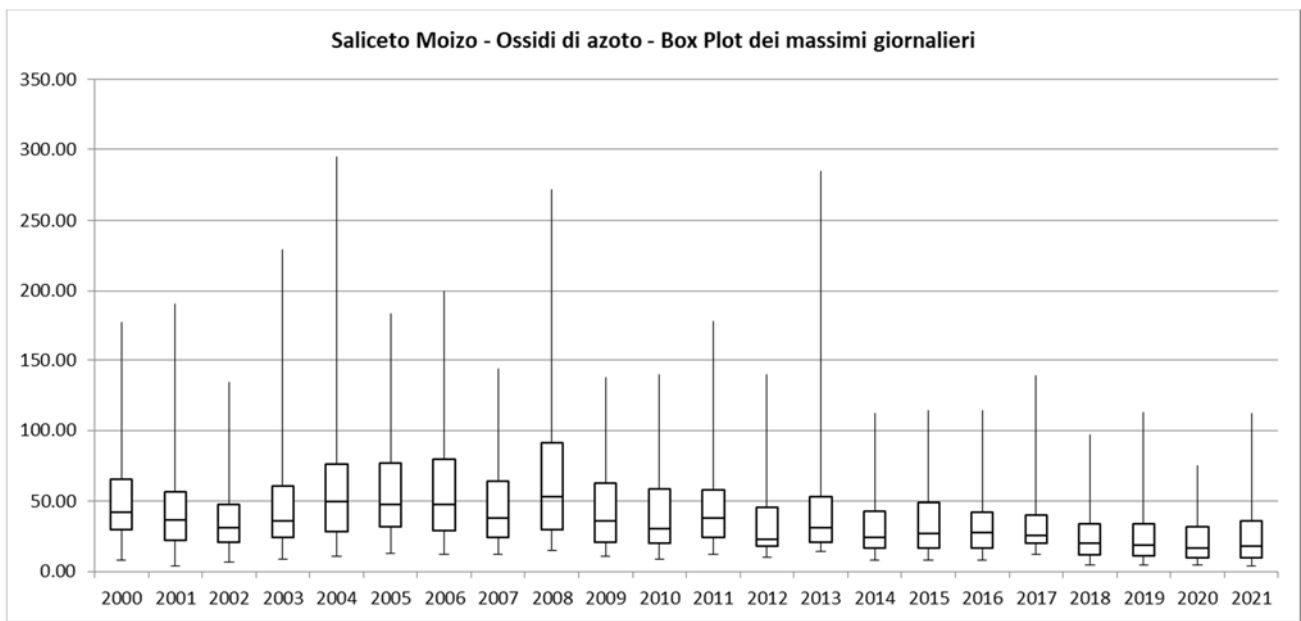


Figura 5.50 - Box plot della concentrazione massima giornaliera di NOx registrata dal 2000 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

Biossido di zolfo

Come riportato nella *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*, il biossido di zolfo era ritenuto, fino agli anni '80, il principale inquinante atmosferico. Con il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili dovuto al minor tenore di zolfo nei prodotti di raffinazione, ed il sempre più diffuso uso del gas metano, è diminuita sensibilmente la presenza di SO₂ nell'aria. A livello regionale le concentrazioni di SO₂ in atmosfera si sono stabilizzate nell'ultimo decennio su valori molto bassi e al di sotto dei valori limite, pertanto già dal 2010 la misura di questo inquinante era stata mantenuta, per la provincia di Cuneo, esclusivamente presso le stazioni di Cuneo e Borgo San Dalmazzo dove, nei primi anni di monitoraggio, erano state riscontrate criticità locali. In seguito alla dismissione di quest'ultima stazione, avvenuta a fine 2014, la misura è attualmente eseguita solamente presso il sito di Cuneo.

Le serie storiche dei valori delle massime concentrazioni medie orarie e giornaliere registrate per questo inquinante nella stazione di Cuneo sono rappresentate nel grafico seguente, dove sono indicati i livelli dei corrispondenti valori limite stabiliti dalla norma (pari rispettivamente a 350 µg/m³ e 125 µg/m³).

I dati del 2020 confermano i valori contenuti raggiunti negli anni precedenti e risultano del tutto analoghi a quelli regionali.

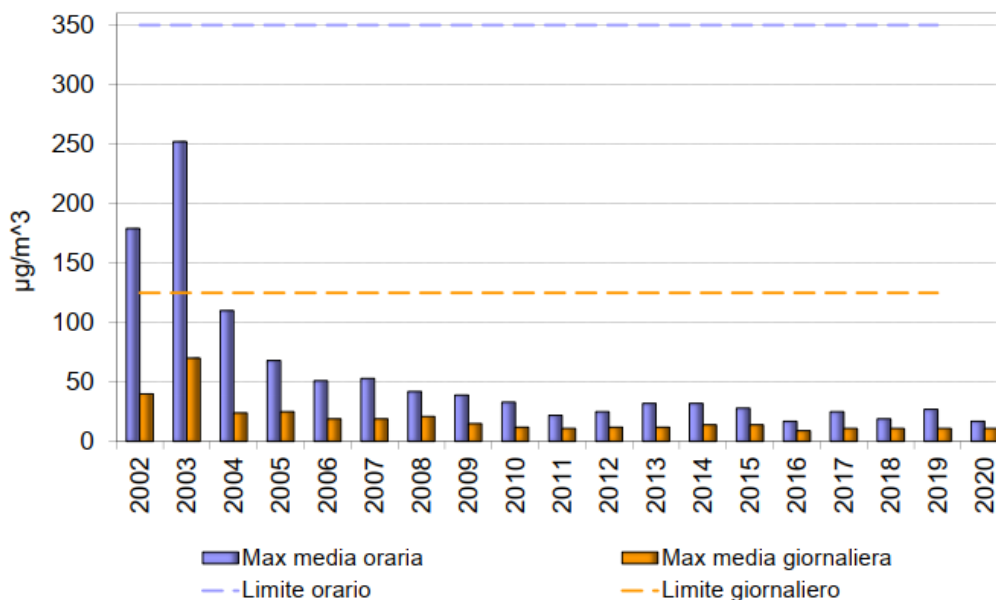


Figura 5.51 - SO₂: valori delle massime concentrazioni media oraria e giornaliera di ogni anno di monitoraggio presso la stazione di Cuneo. (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Le figure successive mostrano l'andamento dei valori massimi giornalieri della concentrazione di anidride solforosa (SO₂) nella stazione della rete regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo registrati dal 2000 al 2009.

I valori registrati risultano ampiamente inferiori al limite previsto da normativa.

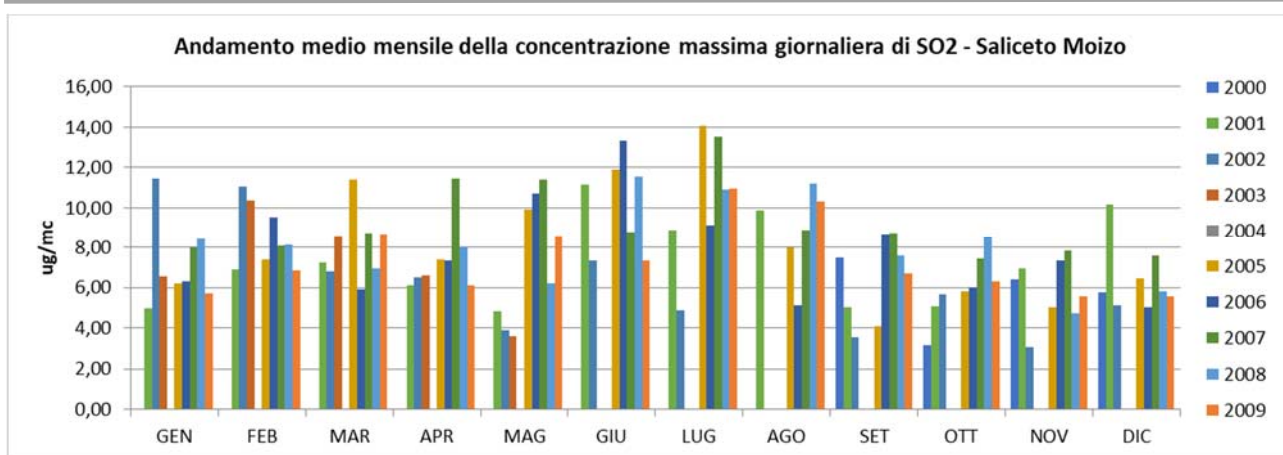


Figura 5.52 - Media mensile dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il biossido di zolfo registrata dal 2000 al 2009 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

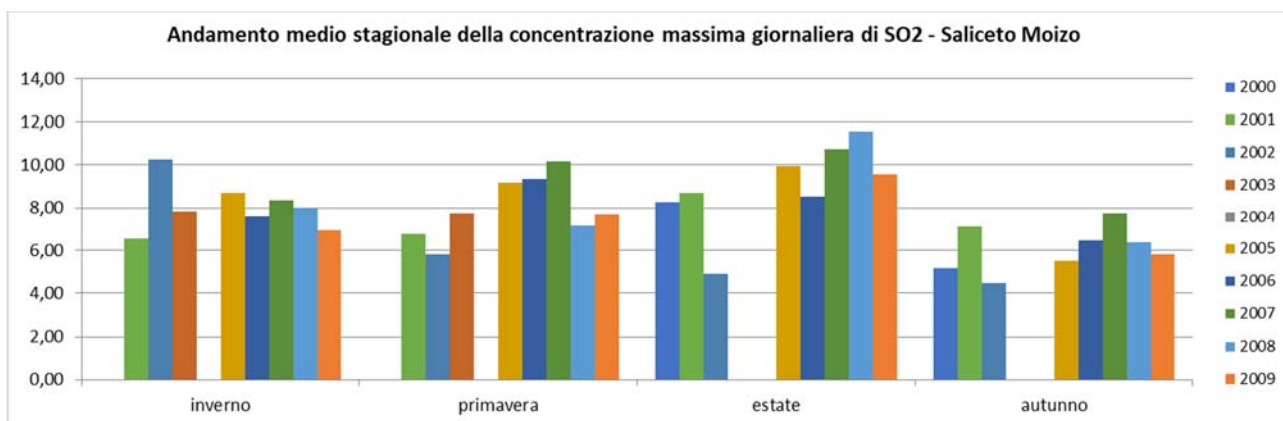


Figura 5.53 - Media stagionale dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il biossido di zolfo registrata dal 2000 al 2009 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

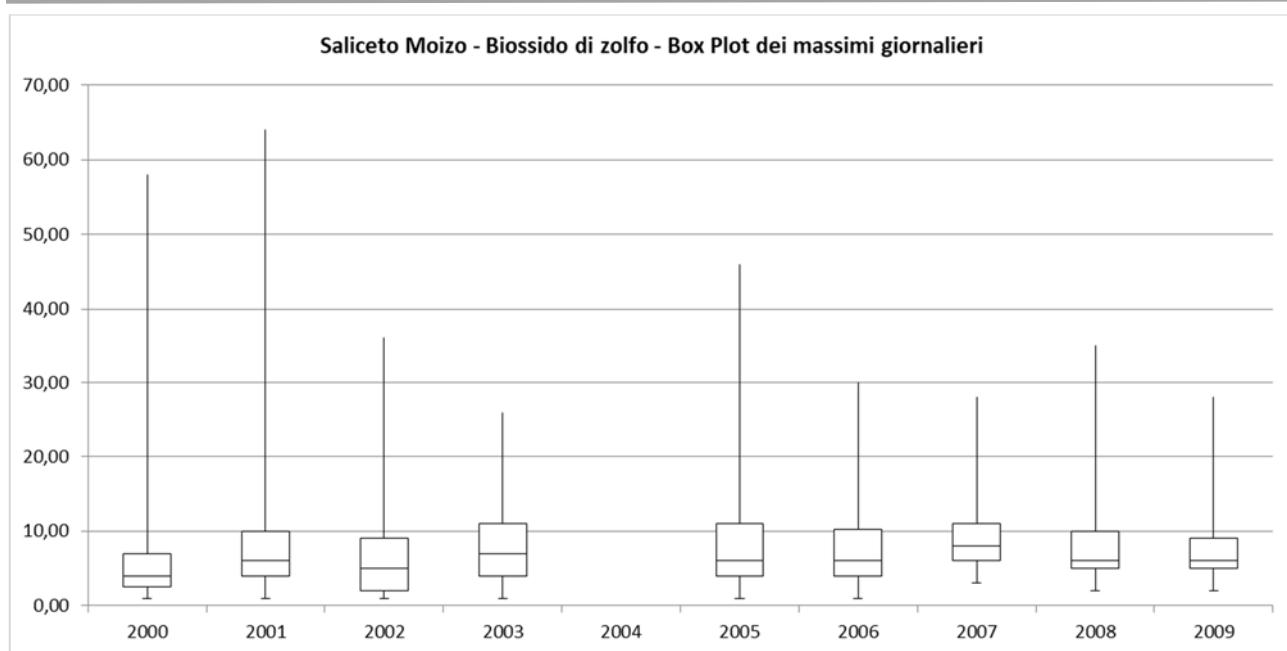


Figura 5.54 - Box plot della concentrazione massima giornaliera di SO₂ registrata dal 2000 al 2009 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

Monossido di carbonio

Come riportato nella *Relazione annuale qualità dell'aria 2020* le concentrazioni di monossido di carbonio, la cui fonte principale è il traffico veicolare, si sono significativamente ridotte negli anni, grazie alle modifiche introdotte sui combustibili ed allo sviluppo tecnologico nel settore automobilistico, e si sono assestate su valori ampiamente inferiori ai limiti normativi. Per questo motivo, a partire dal 2016, la misura del monossido di carbonio si è mantenuta solamente nella stazione del capoluogo e presso la stazione di traffico urbano di Mondovì.

Nella tabella sono riportati i valori relativi ai parametri richiesti dalla normativa il monossido di carbonio (media massima su 8 ore) per le stazioni in cui questi inquinanti sono stati misurati in provincia di Cuneo nell'anno 2020. I valori, ampiamente inferiori ai limiti normativi, confermano i livelli raggiunti negli anni precedenti, con differenze non significative tra le stazioni.

	ALBA	CUNEO	MONDOVI'	Limite
CO Massima media su 8 ore (mg/m³)	-	1.1	1.1	10

Figura 5.55 - Massima media su 8 ore del CO per l'anno 2020 (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Le figure successive mostrano l'andamento dei valori massimi giornalieri della concentrazione di monossido di carbonio (CO) registrati nelle stazioni della rete regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai nel periodo che va dal 2002 al 2009, stazione Mondovì Aragno dal 2014 al 2021 e stazione Saliceto Moizo dal 2000 al 2009.

Il valore da non superare per la protezione della salute umana è 10 mg /mc, e tale valore non viene mai superato, inoltre la tendenza generale è di un abbassamento dei valori con l'aumentare degli anni.

Si nota come l'andamento stagionale sia molto netto: i periodi freddi (inverno ed autunno) non contribuiscono alla dispersione naturale degli inquinanti e quindi (unitamente al fatto che in tali periodi vi è la totalità dei riscaldamenti domestici ed industriali accesi) la media stagionale risulta più alta.

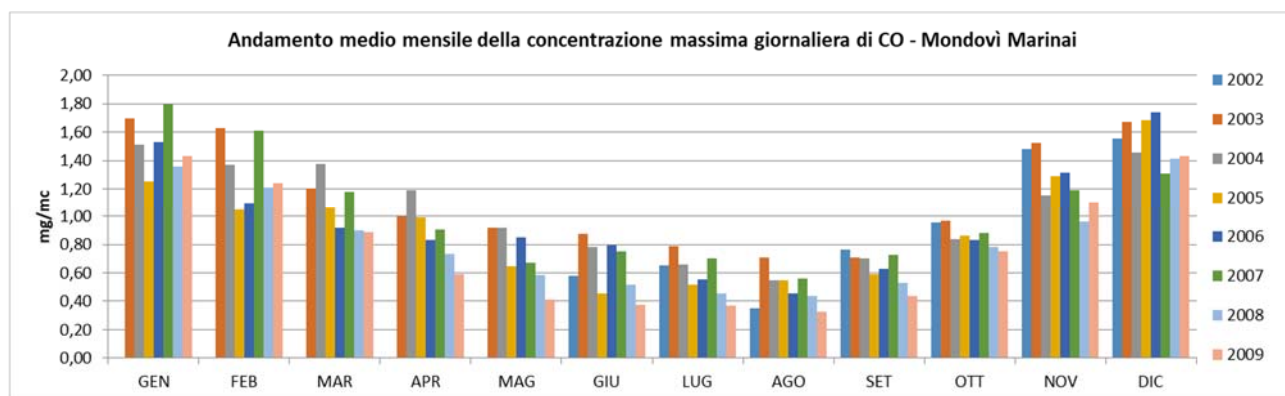


Figura 5.56 - Media mensile dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il monossido di carbonio registrata dal 2002 al 2009 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai

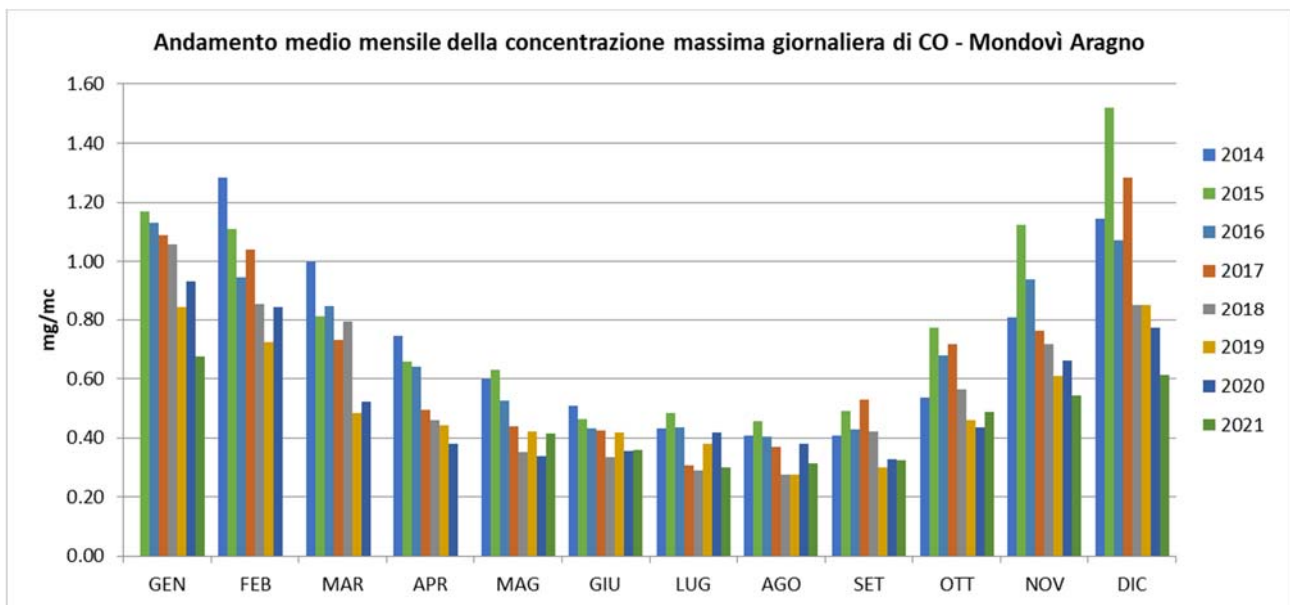


Figura 5.57 - Media mensile dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il monossido di carbonio registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

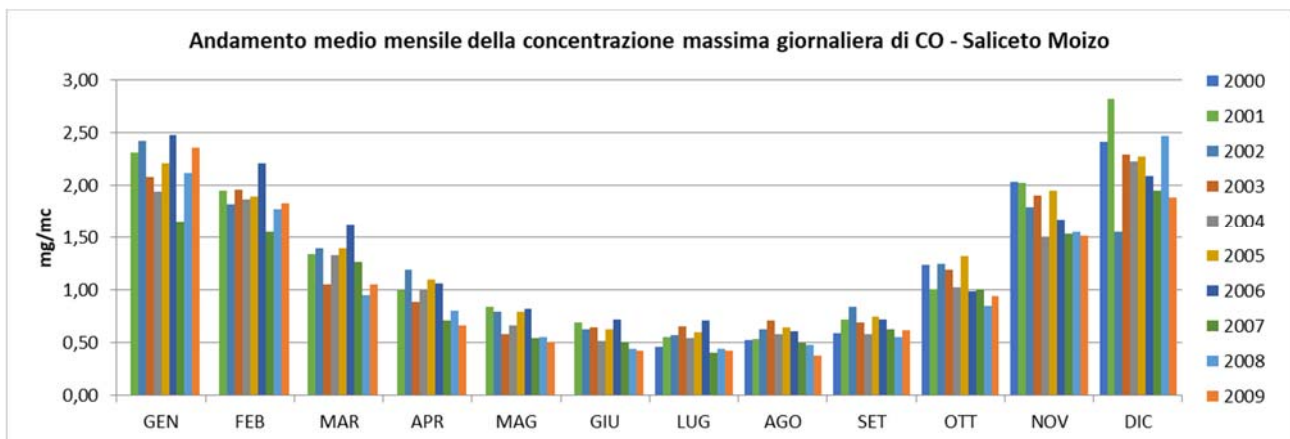


Figura 5.58 - Media mensile dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il monossido di carbonio registrata dal 2000 al 2009 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

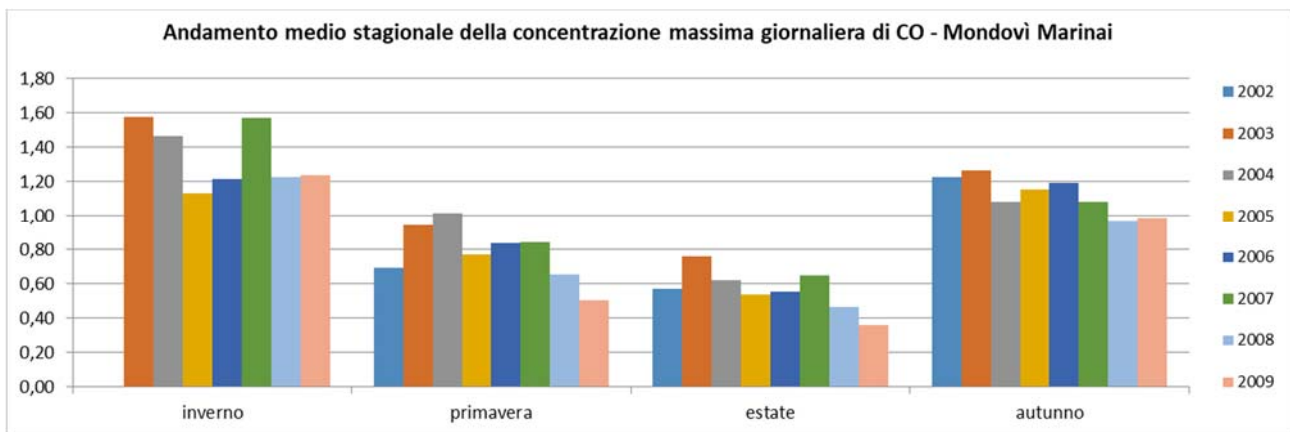


Figura 5.59 - Media stagionale dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il monossido di carbonio registrata dal 2002 al 2009 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai

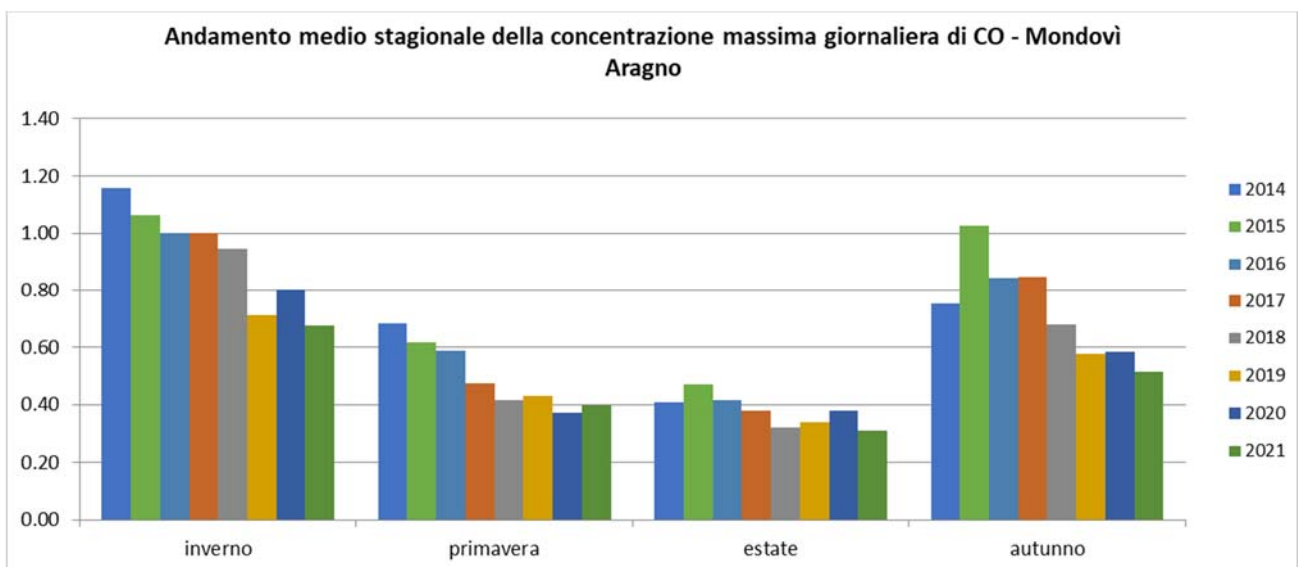


Figura 5.60 - Media stagionale dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il monossido di carbonio registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

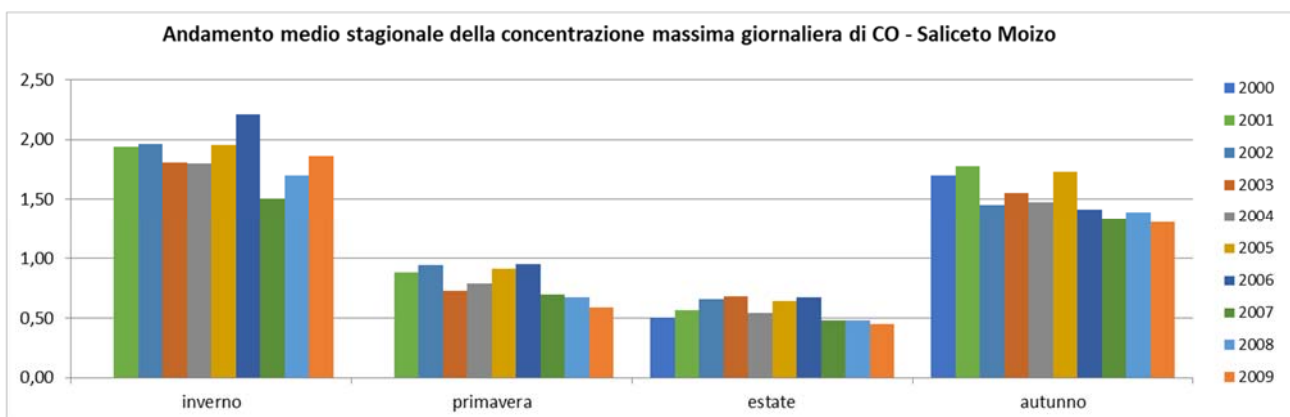


Figura 5.61 - Media stagionale dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per il monossido di carbonio registrata dal 2000 al 2009 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

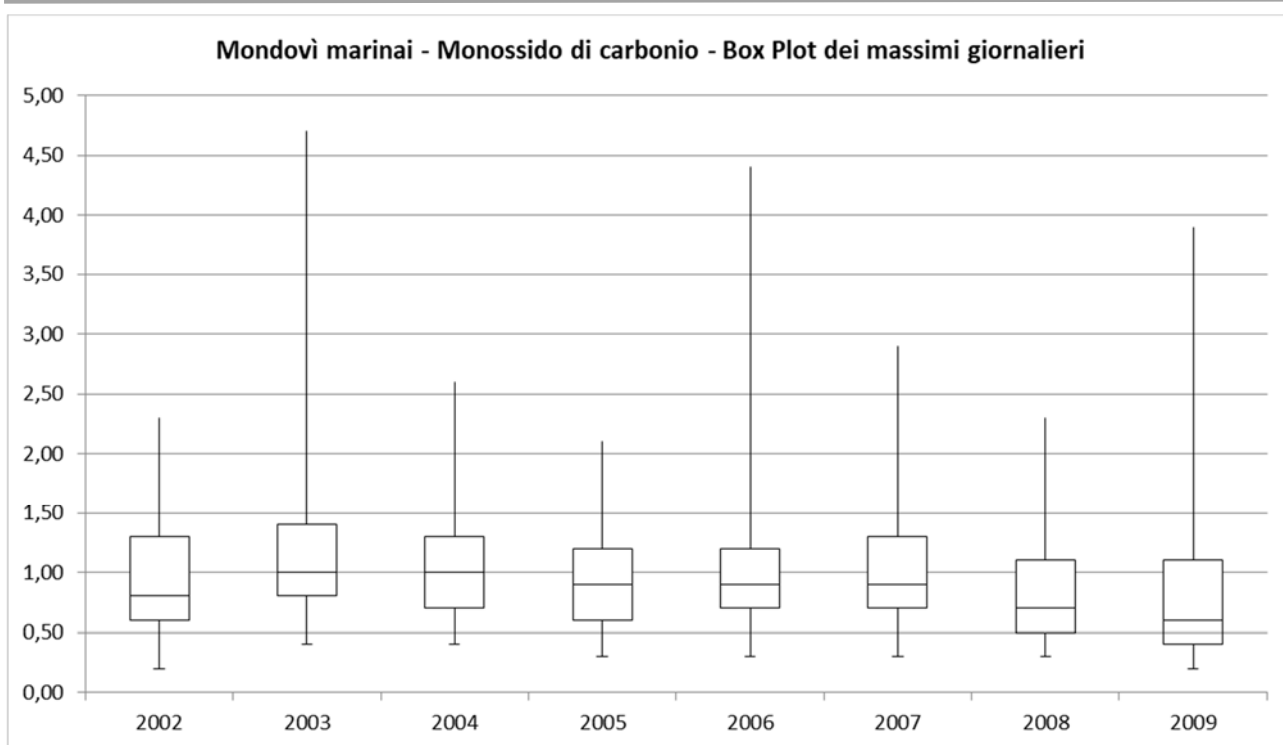


Figura 5.62 - Box plot della concentrazione massima giornaliera di CO registrata dal 2002 al 2009 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai

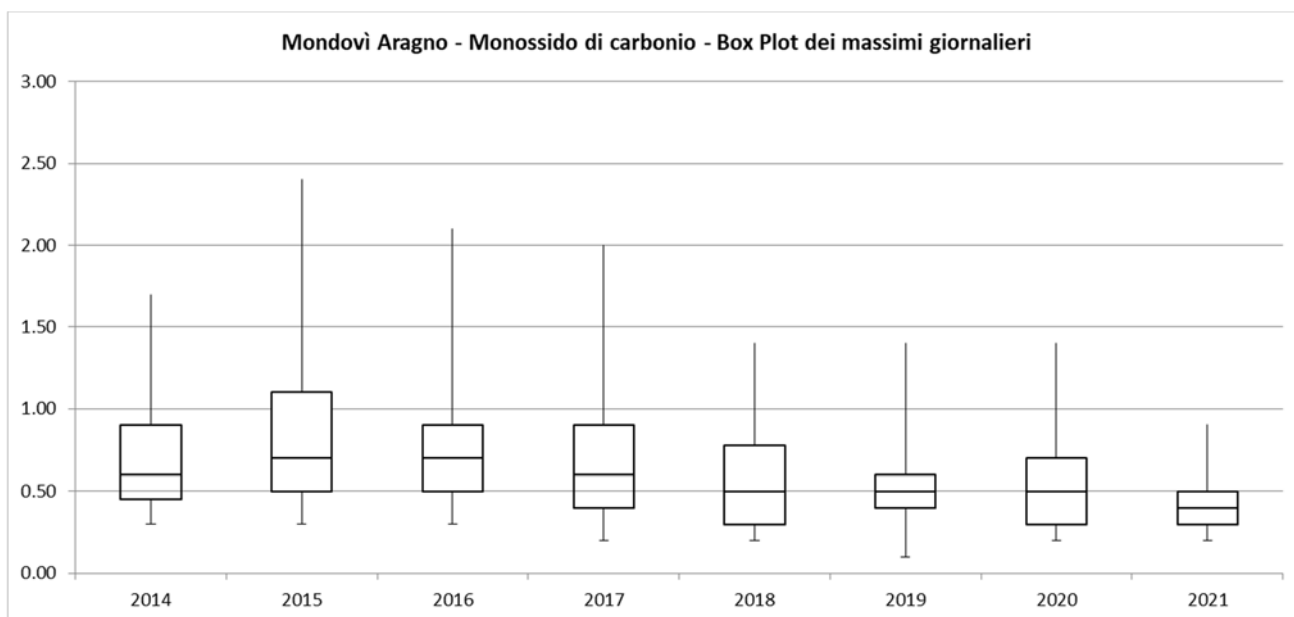


Figura 5.63 - Box plot della concentrazione massima giornaliera di CO registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

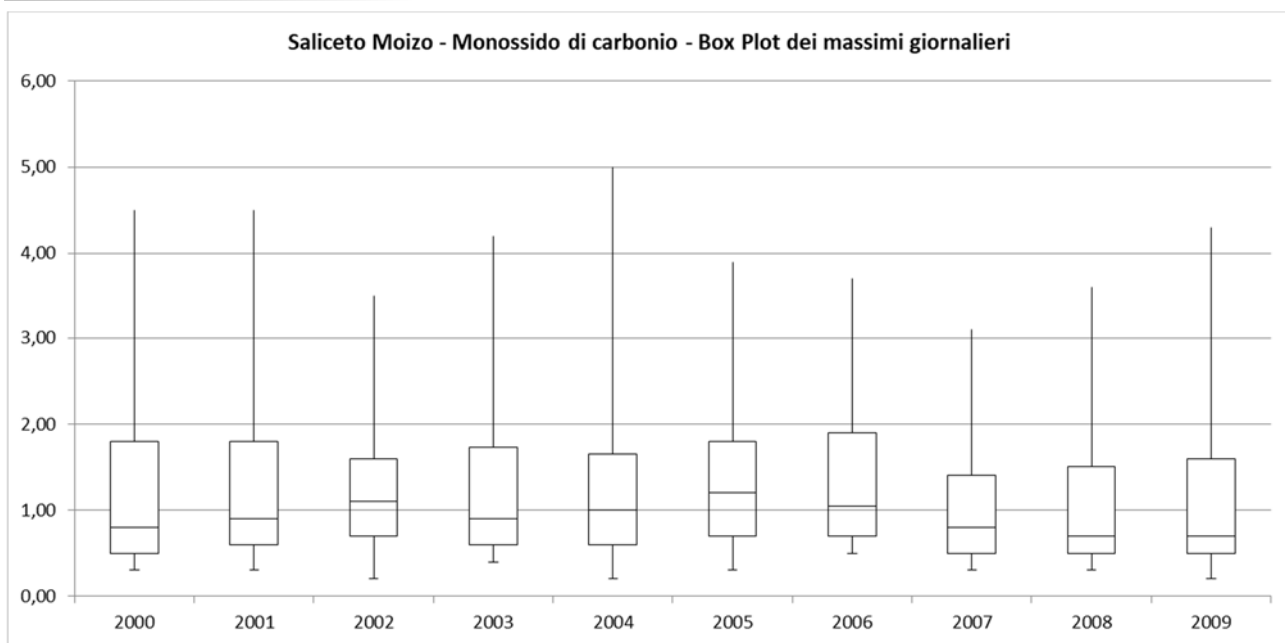


Figura 5.64 - Box plot della concentrazione massima giornaliera di CO registrata dal 2000 al 2009 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

Ozono

La figura seguente rappresenta, per le stazioni della provincia di Cuneo e per ogni anno del periodo dal 2002 al 2020, il numero di giorni in cui la media massima su 8 ore ha superato l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (soglia che, come valore obiettivo, non va superata più di 25 volte per anno civile come media su tre anni).

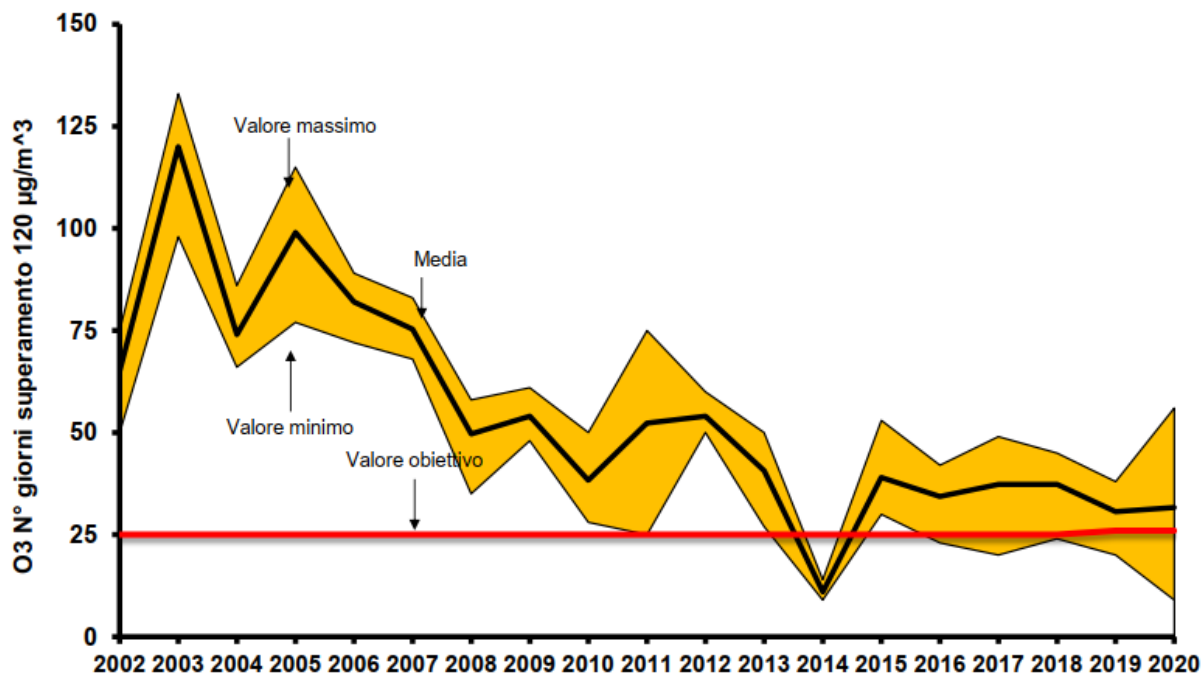


Figura 5.65 - O3: Valore massimo, medio e minimo del numero superamenti annui dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come massima media giornaliera su 8 ore) rilevati dalle stazioni della provincia (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Come riportato nella *Relazione annuale qualità dell'aria 2020* anche per questo inquinante è evidente che si sia verificato un miglioramento nel tempo, ma è altresì evidente come la situazione si sia pressoché stabilizzata negli ultimi anni, mantenendo una variabilità interannuale dovuta alle condizioni meteorologiche.

Rispetto all'anno precedente, il numero di giorni di superamento nel 2020 si è ridotto in tutte le stazioni ad eccezione di quella di Cuneo, dove la situazione presenta anche più variabilità di anno in anno.

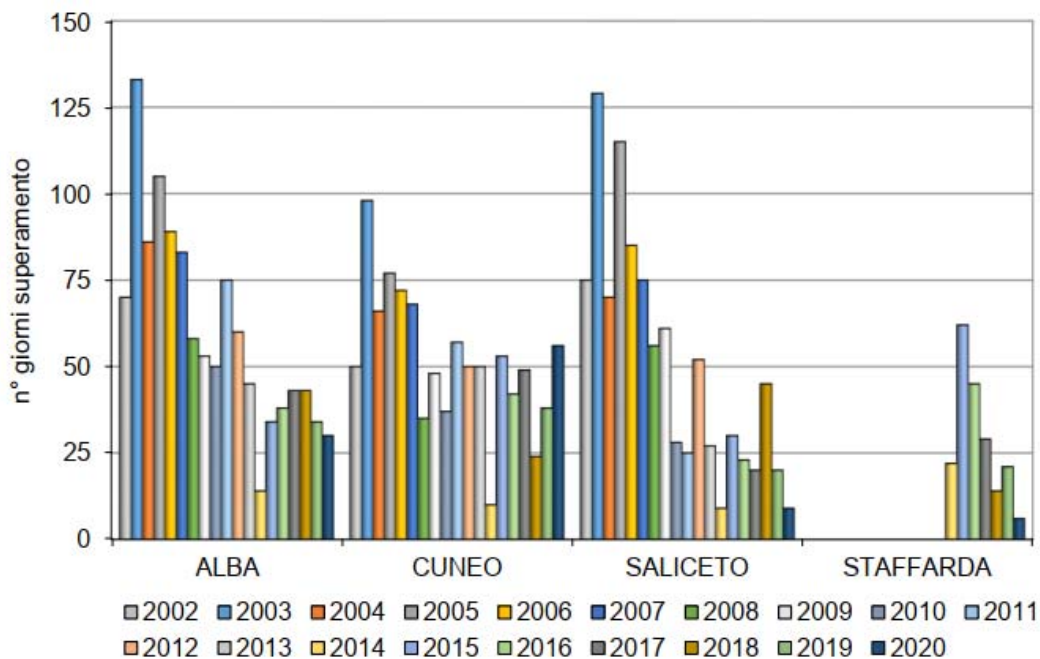


Figura 5.66 - O3: numero di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come massima media giornaliera su 8 ore) (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Come valore obiettivo per la protezione della salute umana, la normativa stabilisce che il livello di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, calcolato come media massima su 8 ore, non venga superato più di 25 giorni per anno civile come media di tre anni, a partire dal triennio 2010-2012.

Dal grafico sottostante emerge come il numero medio dei giorni di superamento dell'ultimo triennio permanga al di sopra della soglia prevista nelle due stazioni urbane della provincia.

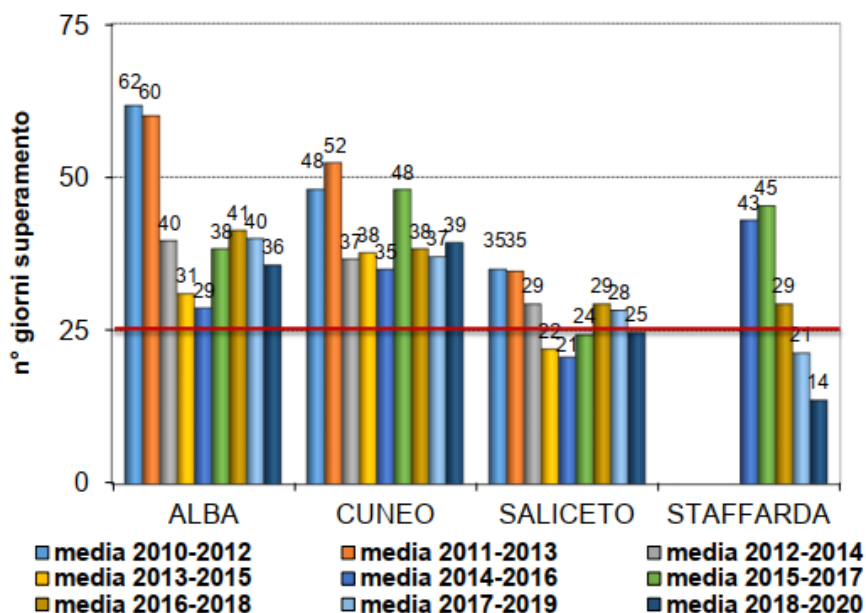


Figura 5.67 - O3 valore obiettivo per la protezione della salute umana: media su tre anni del numero di giorni con superamento di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come massima media giornaliera su 8 ore. (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dal sistema modellistico di Arpa Piemonte relativamente al numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine dell'ozono per i vari comuni della regione riferiti all'anno 2020.

Per quanto riguarda il Comune di Mondovì le simulazioni mostrano un numero di superamenti leggermente inferiore rispetto ai limiti previsti da normativa.

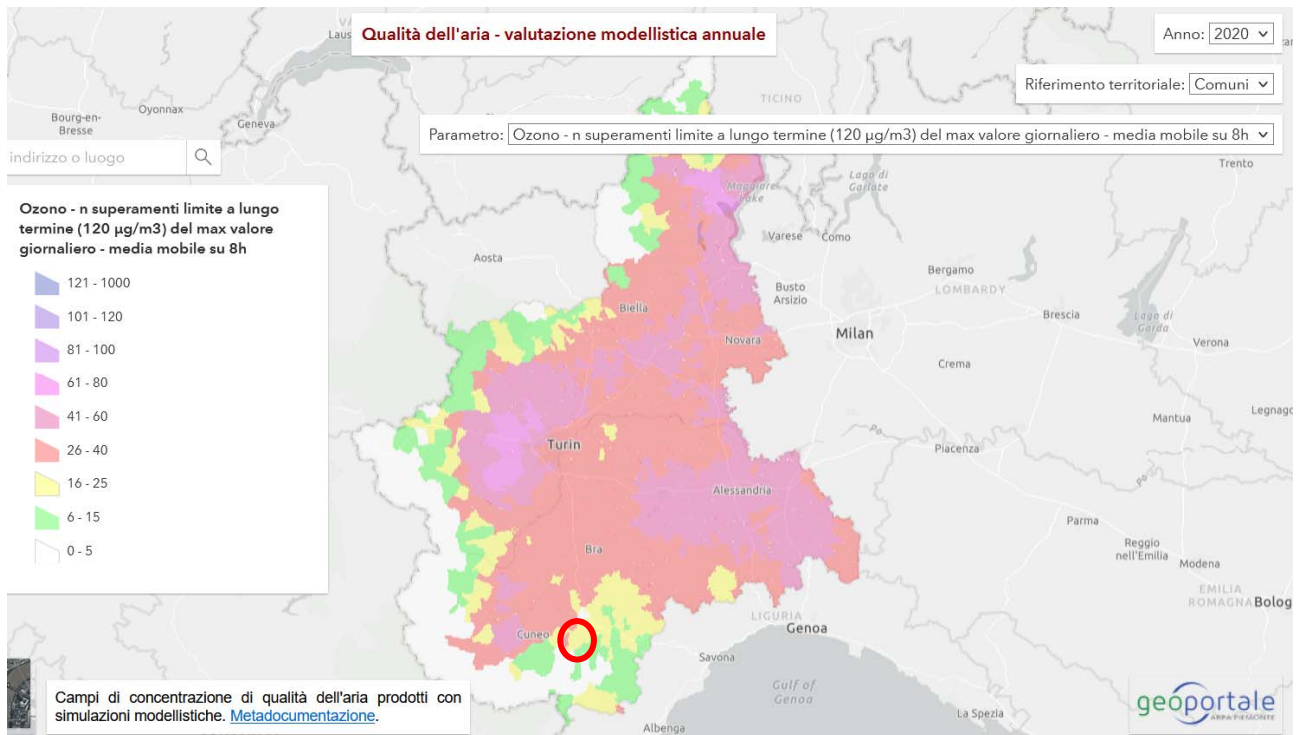


Figura 5.68 - Numero di superamenti del Valore Obiettivo a lungo termine di Ozono ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nel 2020 stimati per i vari comuni del Piemonte con il sistema modellistico

Le figure successive mostrano l'andamento dei valori massimi giornalieri della concentrazione di ozono (O_3) nella stazione della rete regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo registrati dal 2000 al 2021.

Si nota come l'andamento stagionale sia molto netto: nei periodi caldi (primavera ed estate) la media stagionale risulta molto alta.

La tendenza generale è di un abbassamento dei valori con l'aumentare degli anni, tuttavia si osserva una sostanziale stazionarietà negli ultimi anni.

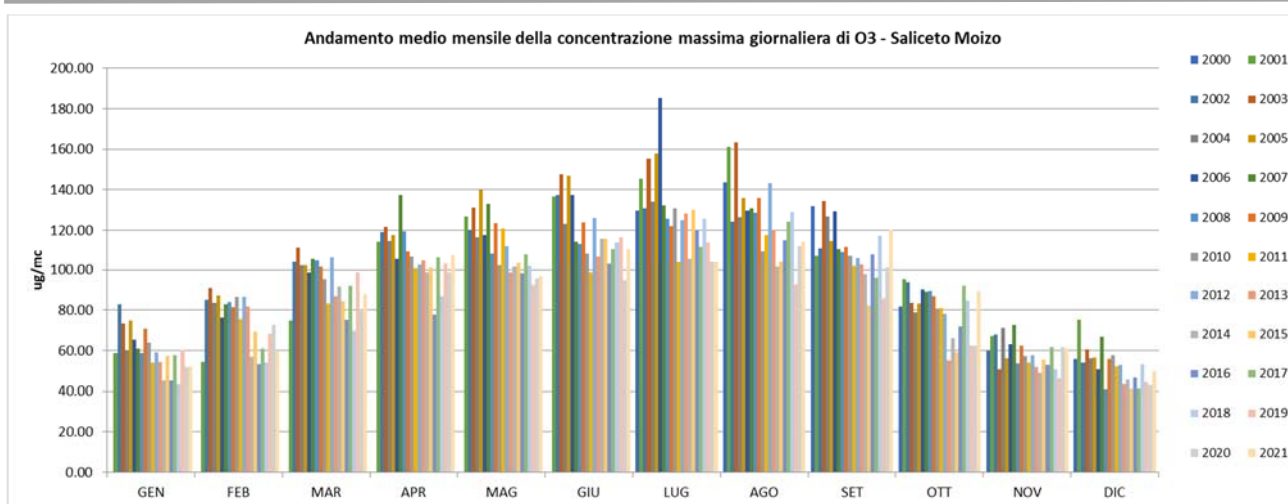


Figura 5.69 - Media mensile dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per l'Ozono registrata dal 2000 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo.

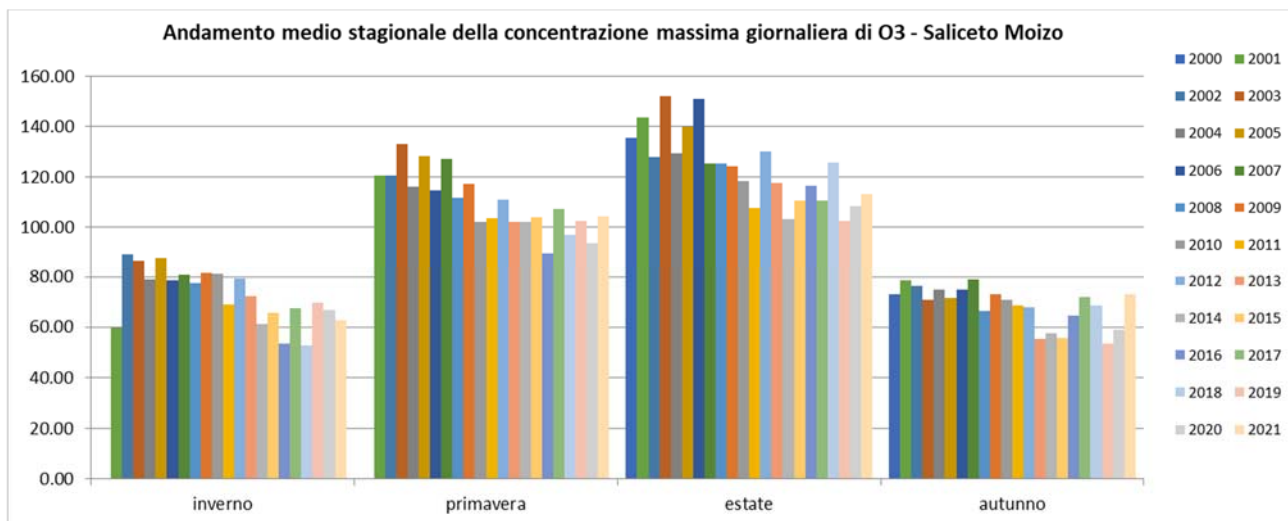


Figura 5.70 - Media stagionale dell'andamento del valore massimo di concentrazione oraria per l'Ozono registrata dal 2000 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

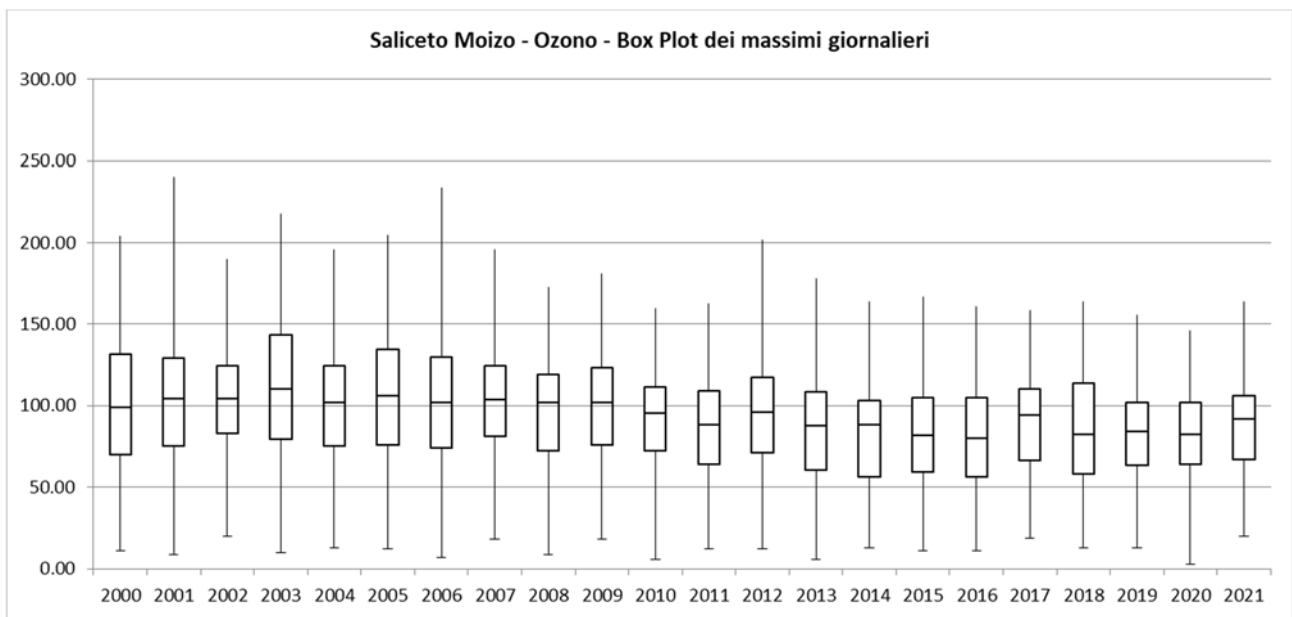


Figura 5.71 - Box plot della concentrazione massima giornaliera di Ozono registrata dal 2000 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

Benzo(a)pirene

La serie storica delle medie annuali delle concentrazioni di questo inquinante è rappresentata nella figura seguente per tutte le stazioni provinciali con disponibilità di dati pari almeno al 90%.

Dopo il minimo raggiunto nel 2019, la concentrazione media annua nel 2020 è tornata ad aumentare in tutte le stazioni (ad eccezione di Mondovì dove è rimasta costante negli ultimi tre anni) pur rispettando, anche a Saliceto il valore obiettivo di 1.0 ng/m³.

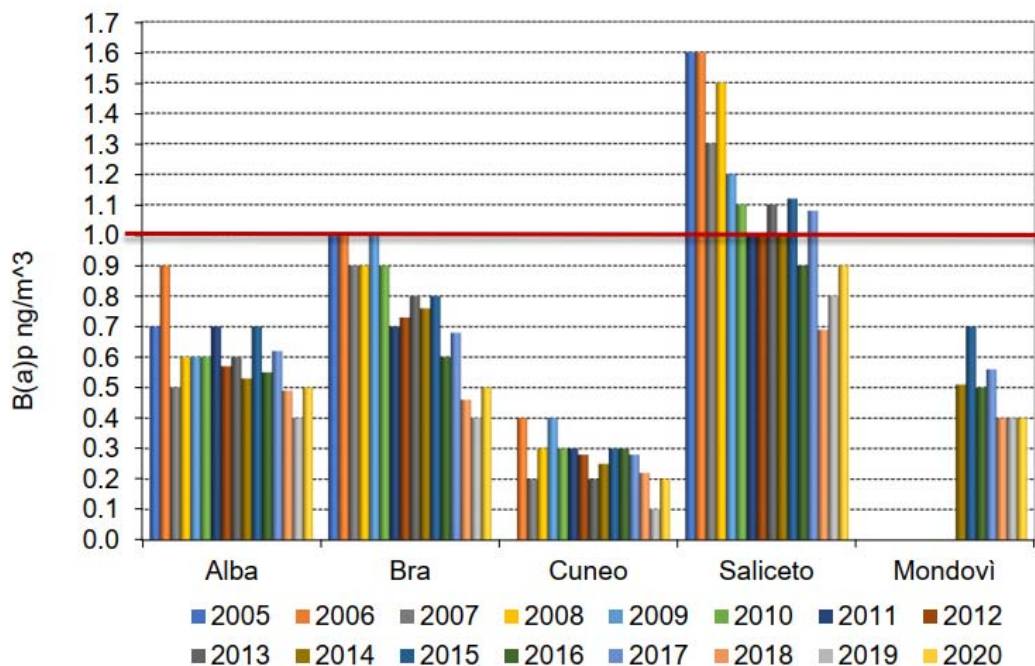


Figura 5.72 - Benzo(a)pirene: medie annuali. Linea rossa: valore obiettivo (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Le medie mensili delle concentrazioni del benzo(a)pirene riscontrate in ciascuna stazione nel 2020 sono rappresentate nella figura seguente. Analogamente ad altri inquinanti, come il materiale particolato e gli ossidi di azoto, le concentrazioni più elevate di benzo(a)pirene si registrano generalmente nel periodo invernale, che è il più critico per gli inquinanti a causa della scarsa capacità dispersiva dell'atmosfera e dei frequenti fenomeni di accumulo.

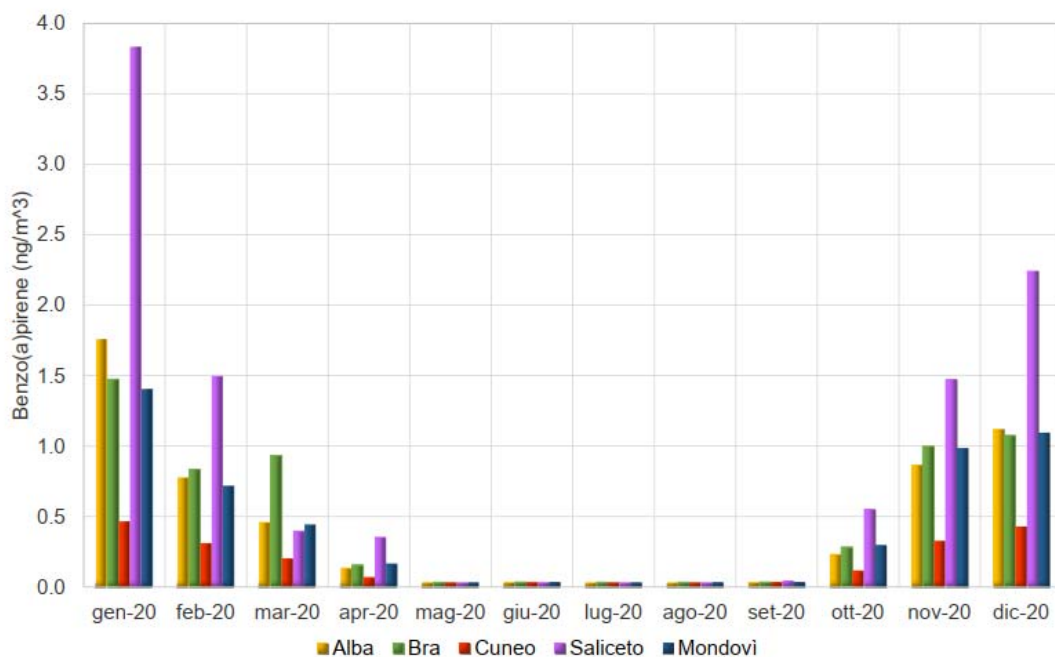


Figura 5.73 - Benzo(a)pirene: concentrazioni medie mensili dell'anno 2020. (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

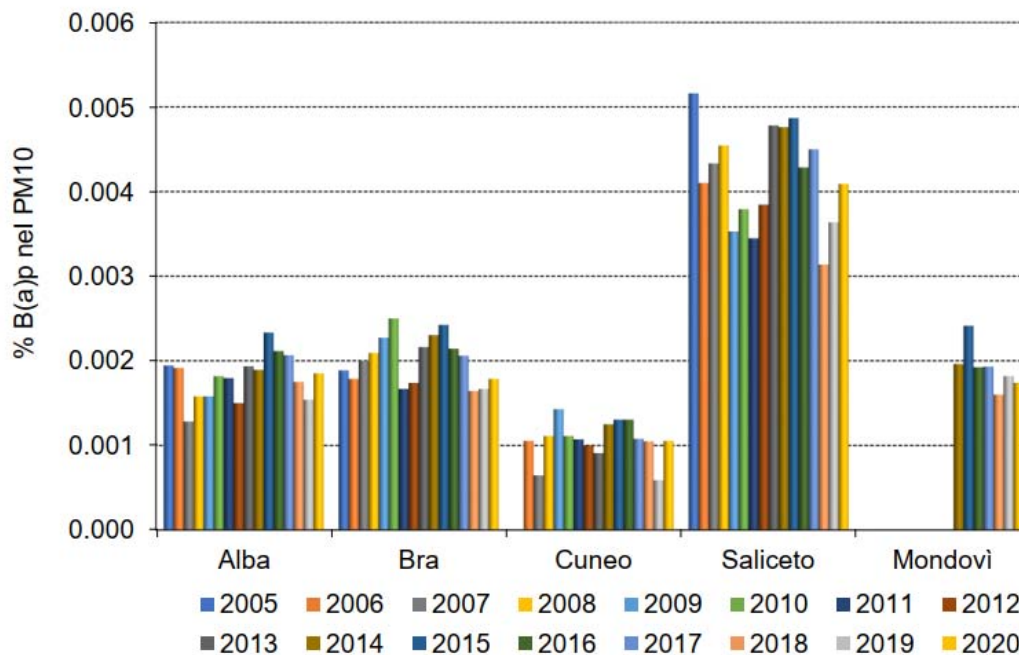


Figura 5.74 - Benzo(a)pirene: contenuto percentuale nel PM10 (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Il contenuto percentuale di benzo(a)pirene nel PM10, rappresentato per ciascun anno di misura, conferma per la stazione di Cuneo i valori più bassi della rete provinciale, si mantiene a livelli intermedi ad Alba, Bra e Mondovì e a livelli circa doppi, rispetto a questi, nel sito di Saliceto.

Le figure successive mostrano i dati registrati di benzo(a)pirene nel PM10 nelle stazioni della rete regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno nel periodo che va dal 2014 al 2021 e stazione Saliceto Moizo dal 2005 al 2021.

Si nota come l'andamento stagionale sia molto netto: i periodi freddi (inverno ed autunno) non contribuiscono alla dispersione naturale degli inquinanti e quindi la media stagionale risulta molto alta.

La tendenza generale è di un abbassamento dei valori con l'aumentare degli anni.

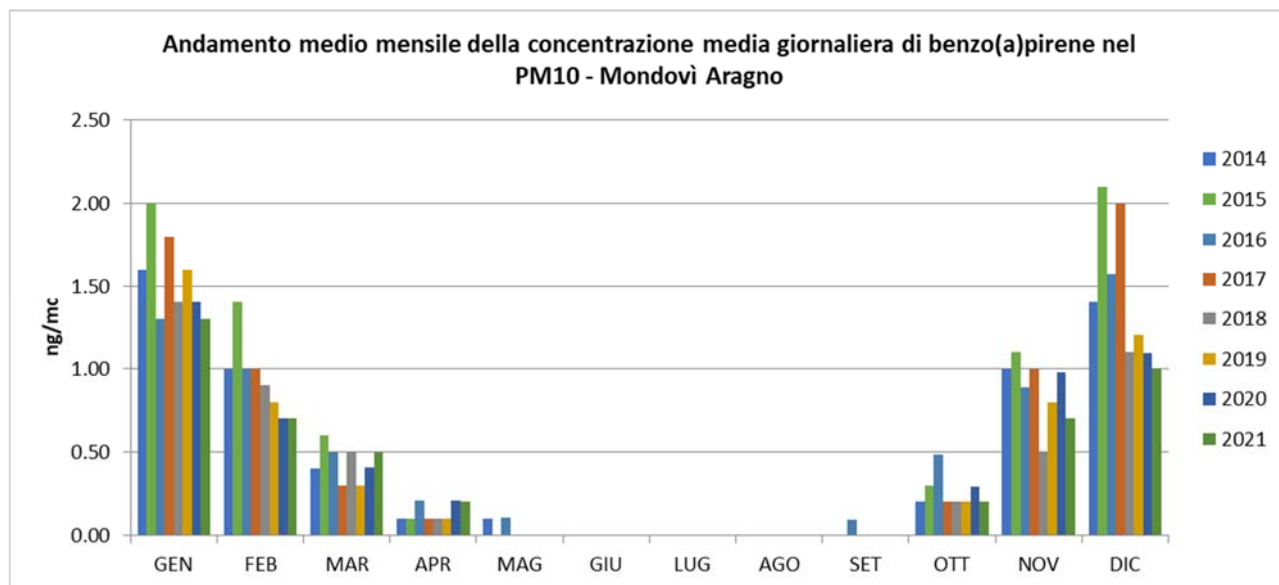


Figura 5.75 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di benzo(a)pirene nel PM10 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

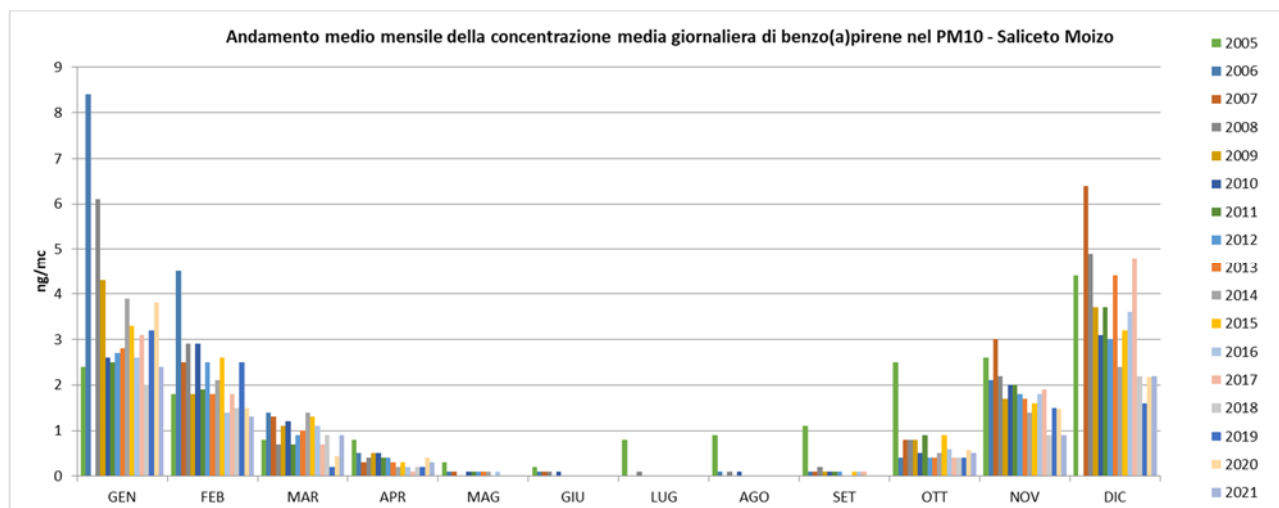


Figura 5.76 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di benzo(a)pirene nel PM10 registrata dal 2005 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

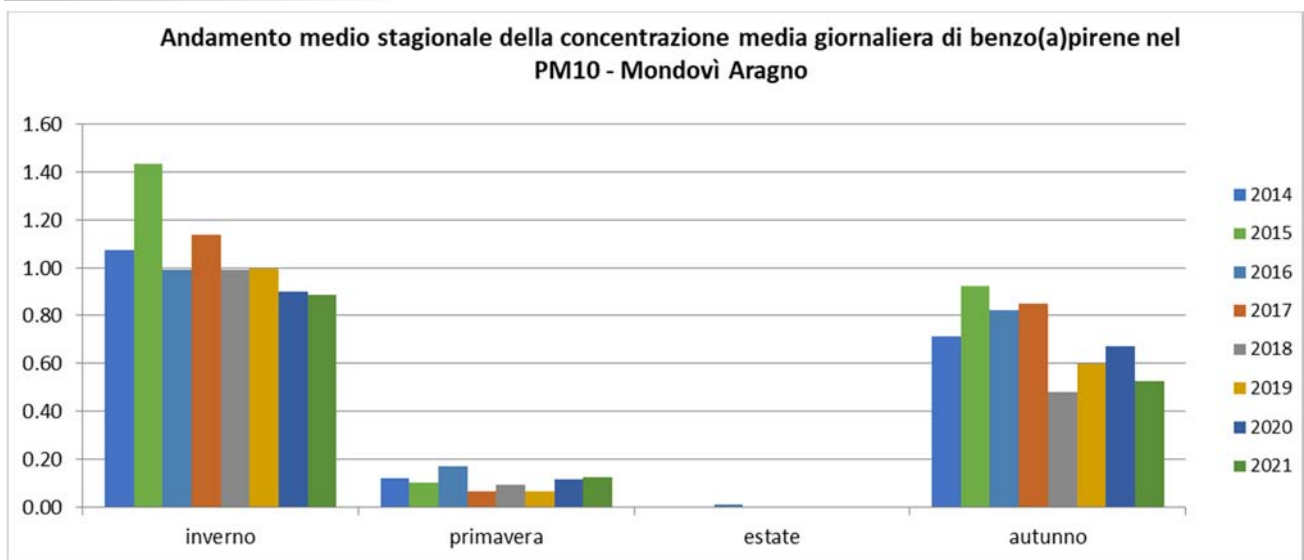


Figura 5.77 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di benzo(a)pirene nel PM10 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno.

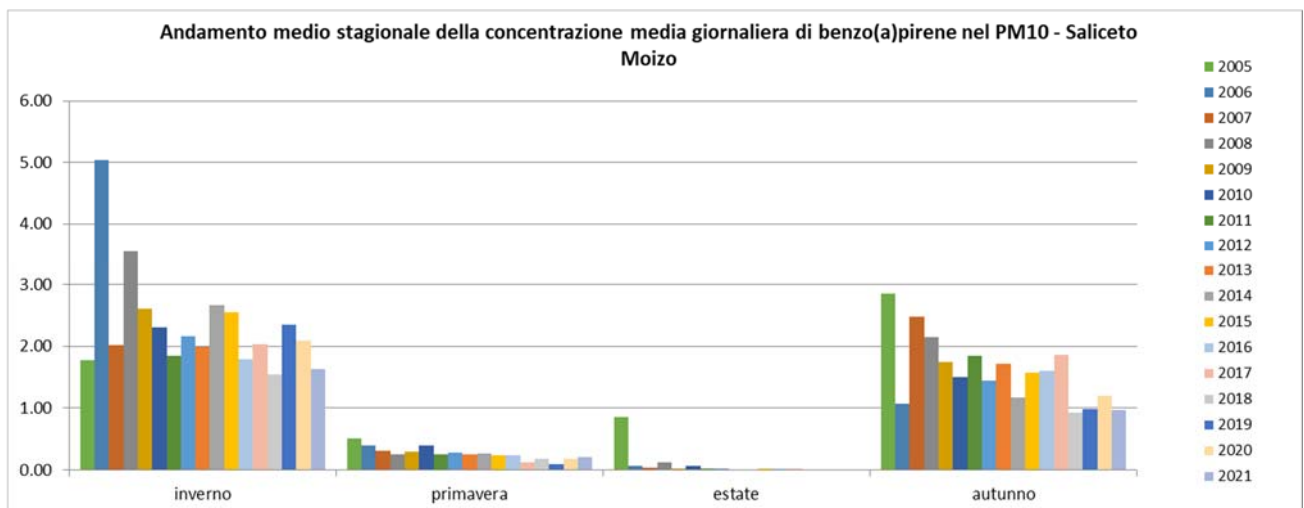


Figura 5.78 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di benzo(a)pirene nel PM10 registrata dal 2005 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo.

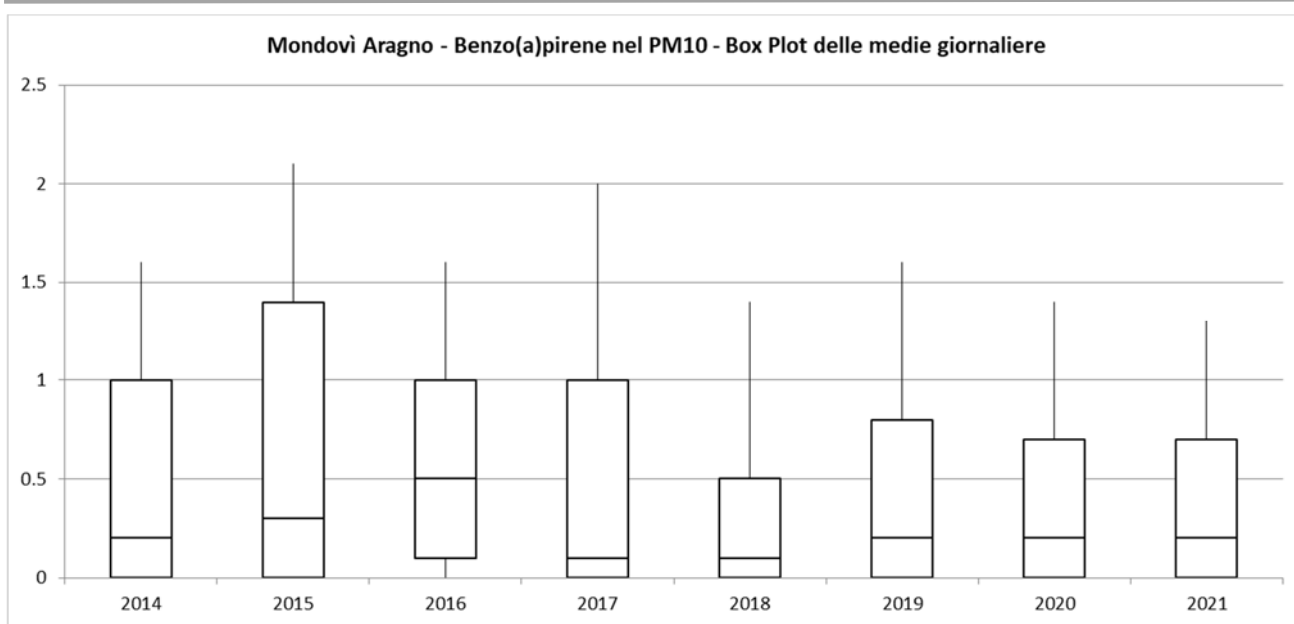


Figura 5.79 - Box plot della concentrazione medie giornaliere di benzo(a)pirene nel PM10 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

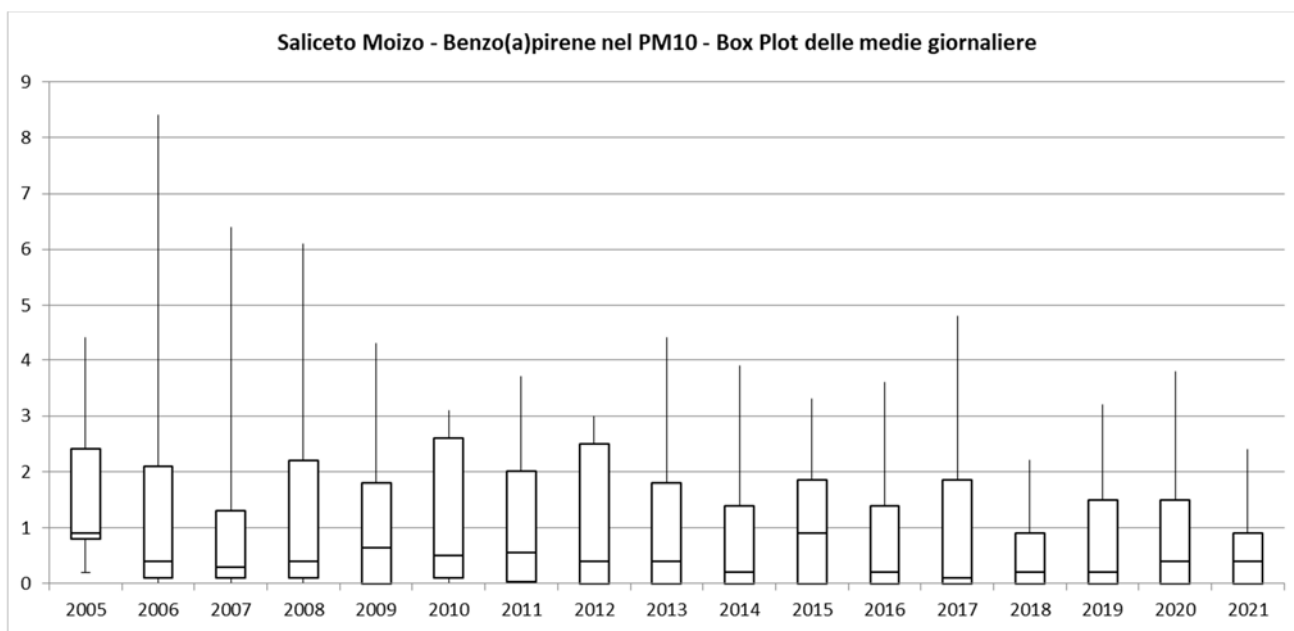


Figura 5.80 - Box plot della concentrazione medie giornaliere di benzo(a)pirene nel PM10 registrata dal 2005 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

Benzene

Nella tabella sono riportati i valori relativi ai parametri richiesti dalla normativa per il benzene (media annua) per le stazioni in cui questi inquinanti sono stati misurati in provincia di Cuneo nell'anno 2020. I valori, ampiamente inferiori ai limiti normativi, confermano i livelli raggiunti negli anni precedenti, con differenze non significative tra le stazioni.

	ALBA	CUNEO	MONDOVI'	Limite
Benzene Media anno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.7	0.6	0.8	5

Figura 5.81 - Media annuale del benzene per l'anno 2020 (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Le figure successive mostrano i dati registrati di benzene nel PM10 nelle stazioni della rete regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai nel periodo che va dal 2011 al 2013 e stazione Mondovì Aragno dal 2014 al 2020 (il 2021 non è disponibile).

Si nota come l'andamento stagionale sia molto netto: i periodi freddi (inverno ed autunno) non contribuiscono alla dispersione naturale degli inquinanti e quindi la media stagionale risulta molto alta.

La tendenza generale è di un abbassamento dei valori con l'aumentare degli anni.

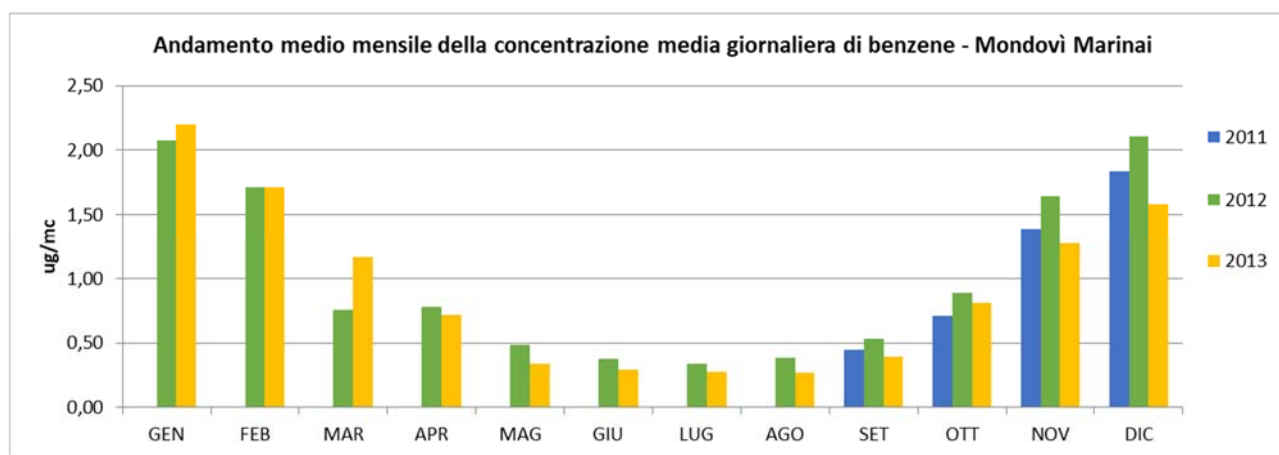


Figura 5.82 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di benzene registrata dal 2011 al 2013 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai

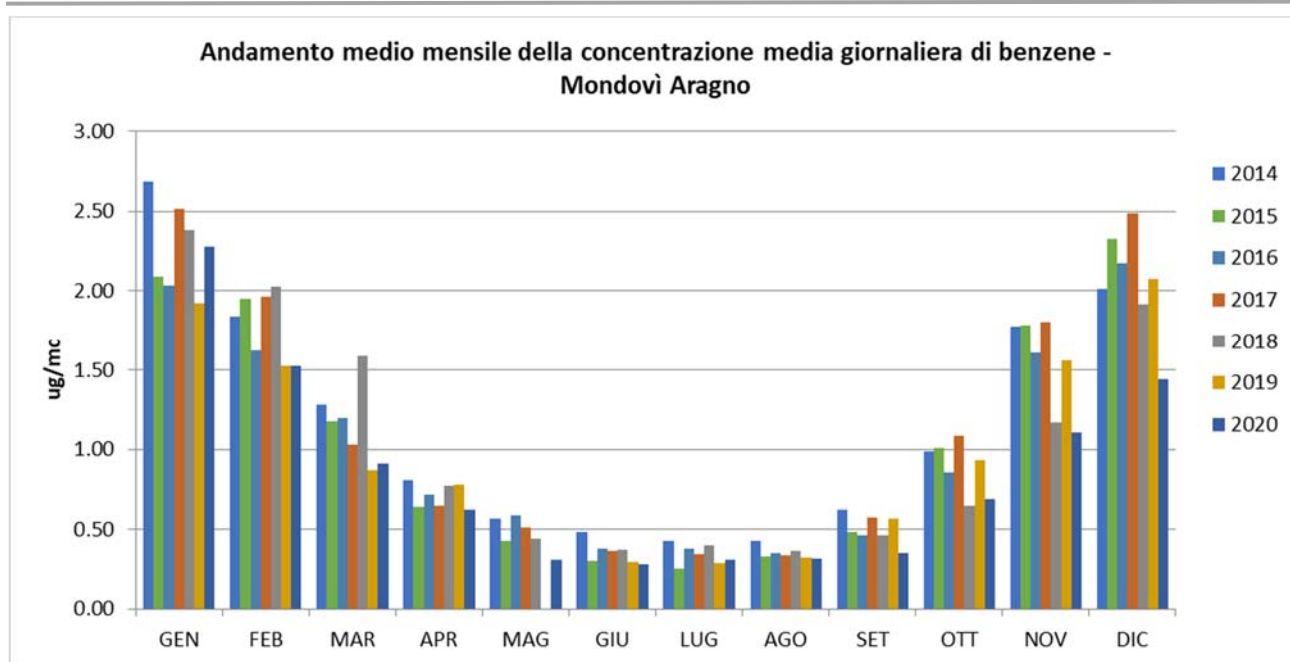


Figura 5.83 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di benzene registrata dal 2014 al 2020 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

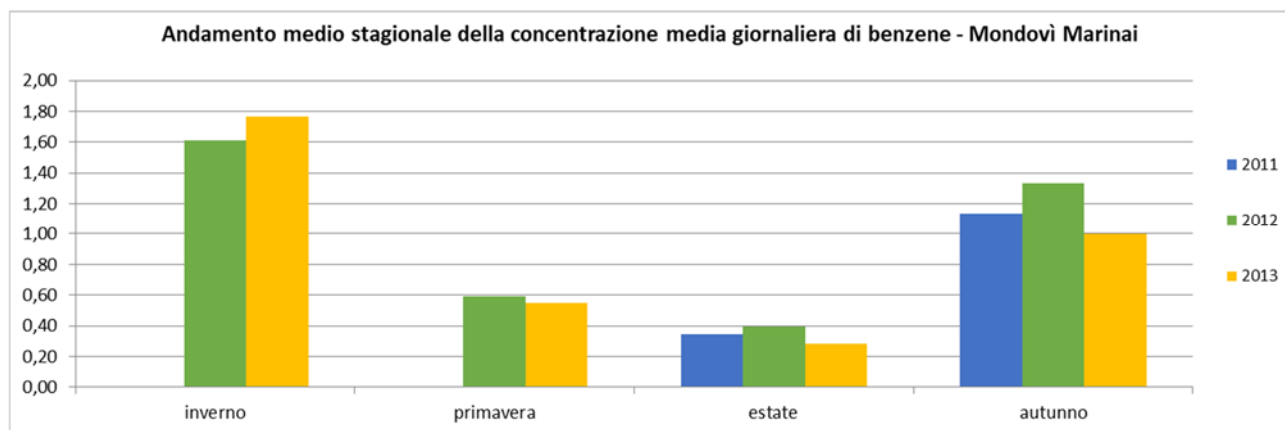


Figura 5.84 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di benzene registrata dal 2011 al 2013 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai

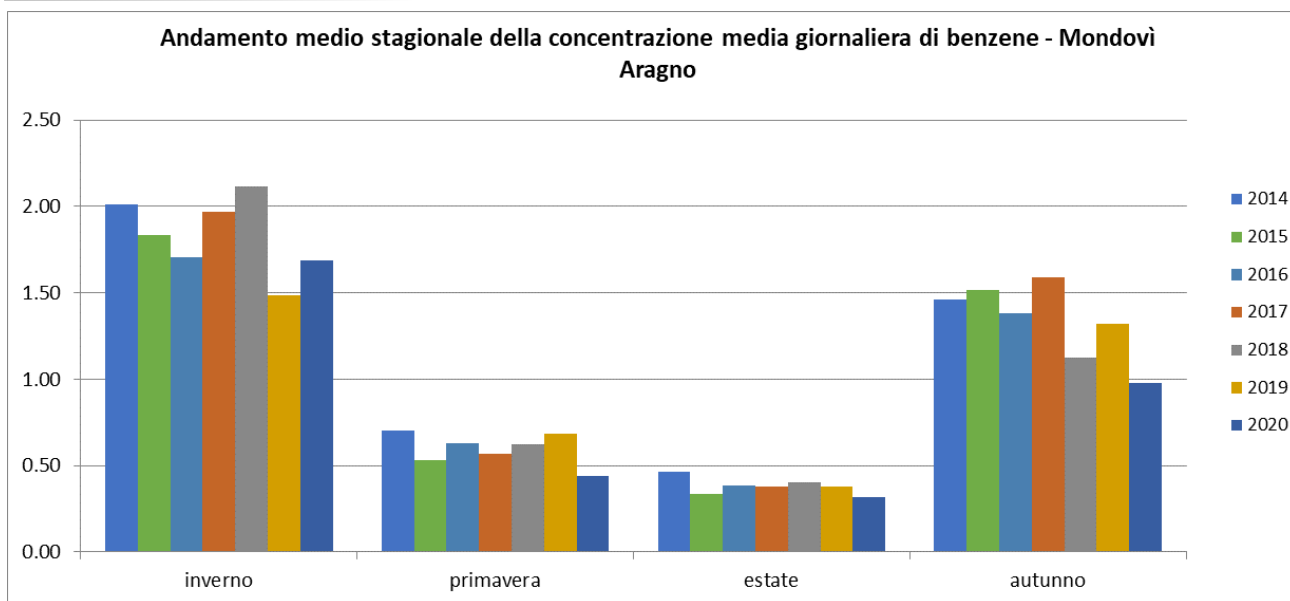


Figura 5.85 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di benzene registrata dal 2014 al 2020 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

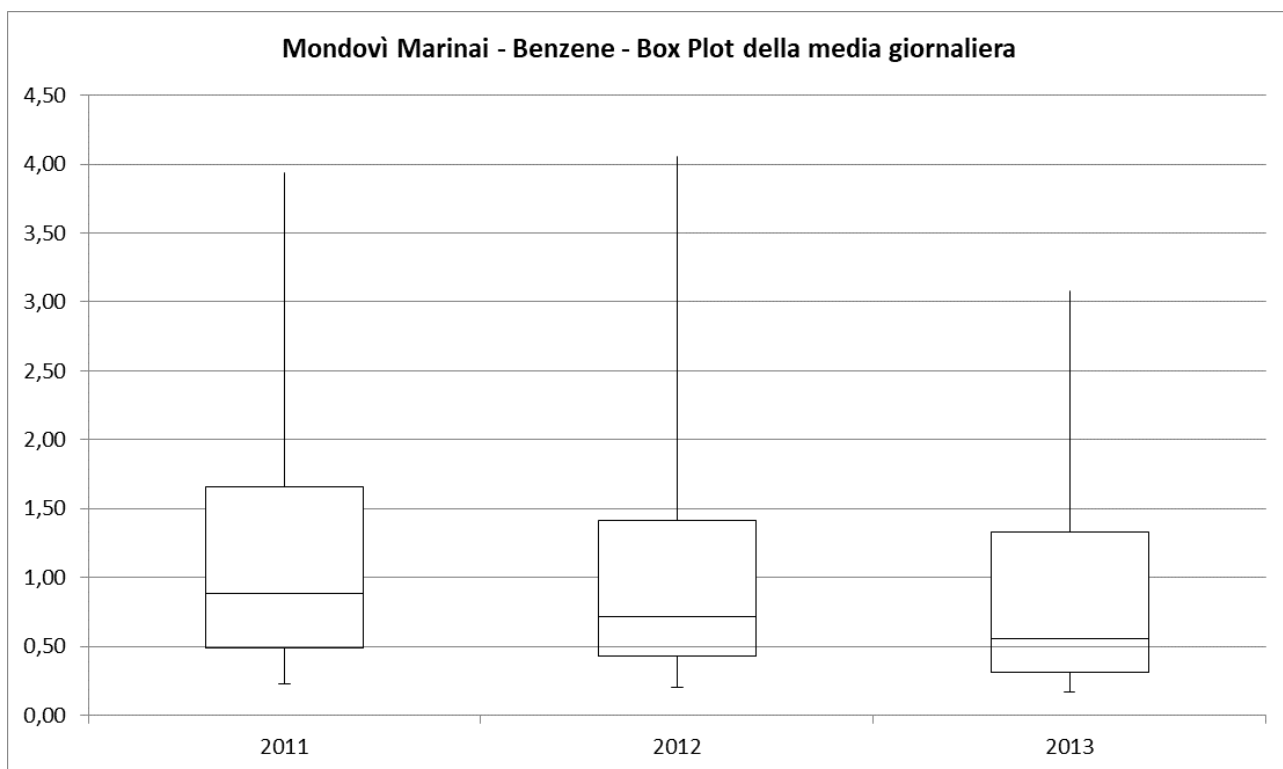


Figura 5.86 - Box plot della concentrazione medie giornaliere di benzene registrata dal 2011 al 2013 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Marinai

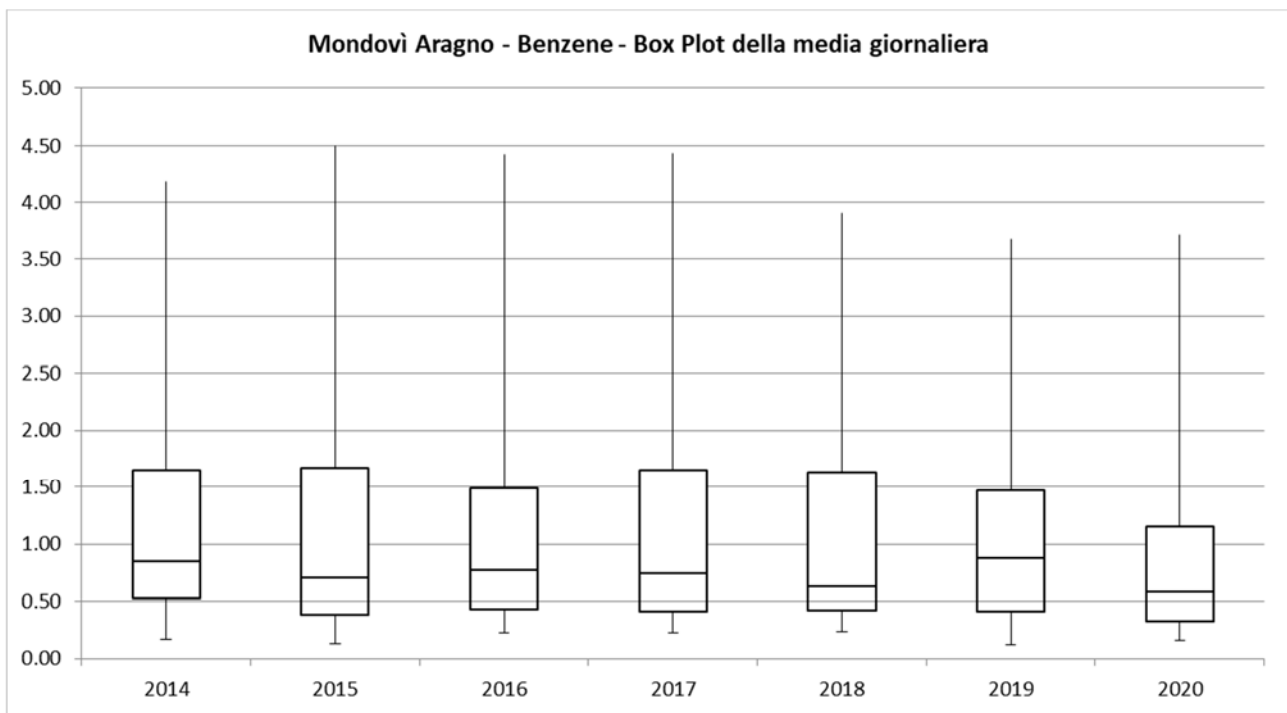


Figura 5.87 - Box plot della concentrazione medie giornaliere di benzene registrata dal 2014 al 2020 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

Metalli

Per ciascuno di questi metalli, nella tabella seguente sono riportate le concentrazioni medie dell'anno 2020 determinate nel materiale particolato aerodisperso (frazione PM10) campionato presso le stazioni della provincia di Cuneo. Molti dei valori ottenuti, anche negli anni precedenti, in particolare per l'arsenico ed il cadmio, corrispondono al limite di rilevabilità analitica del metodo.

	Piombo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Arsenico (ng/m^3)	Cadmio (ng/m^3)	Nichel (ng/m^3)
Alba	0.003	0.7	0.1	1.6
Bra	0.003	0.7	0.1	1.6
Cuneo	0.002	0.7	0.1	0.7
Saliceto	0.003	0.7	0.1	0.8
Mondovì	0.003	0.7	0.1	0.9
Valore di riferimento	0.5	6.0	5.0	20.0

Figura 5.88 - Metalli: concentrazioni medie dell'anno 2020 rilevate nei filtri campionati presso le stazioni della provincia di Cuneo (con colore verde ed in corsivo, sono indicate le concentrazioni inferiori o uguali al limite di rilevabilità del metodo analitico (LCL)) (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*)

Le figure seguenti, che riportano per i singoli metalli le concentrazioni medie annuali, evidenziano dall'inizio delle misure un ampio rispetto dei limiti (da *Relazione annuale qualità dell'aria 2020*).

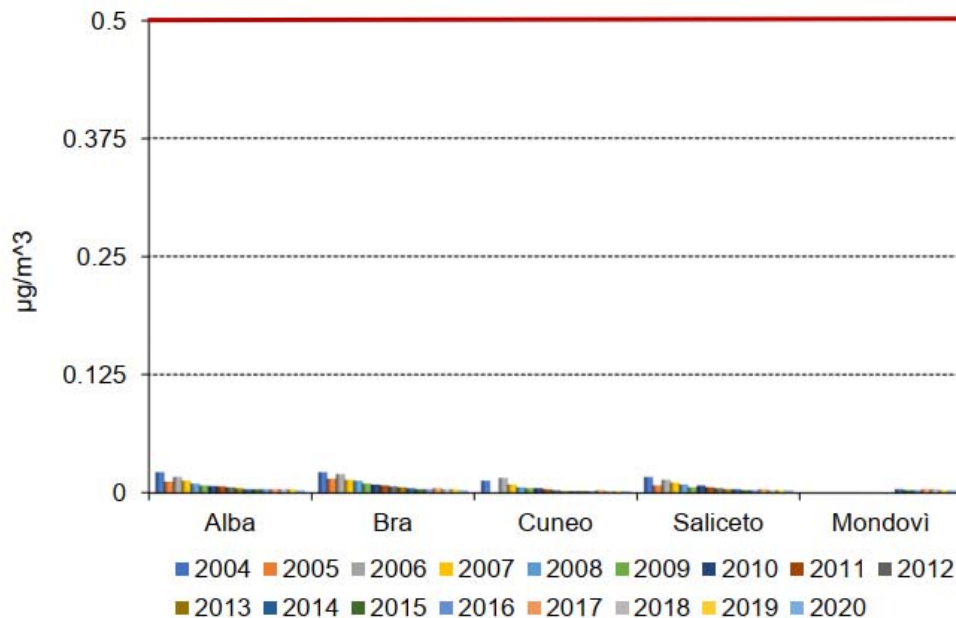


Figura 5.89 - Piombo: confronto medie annuali

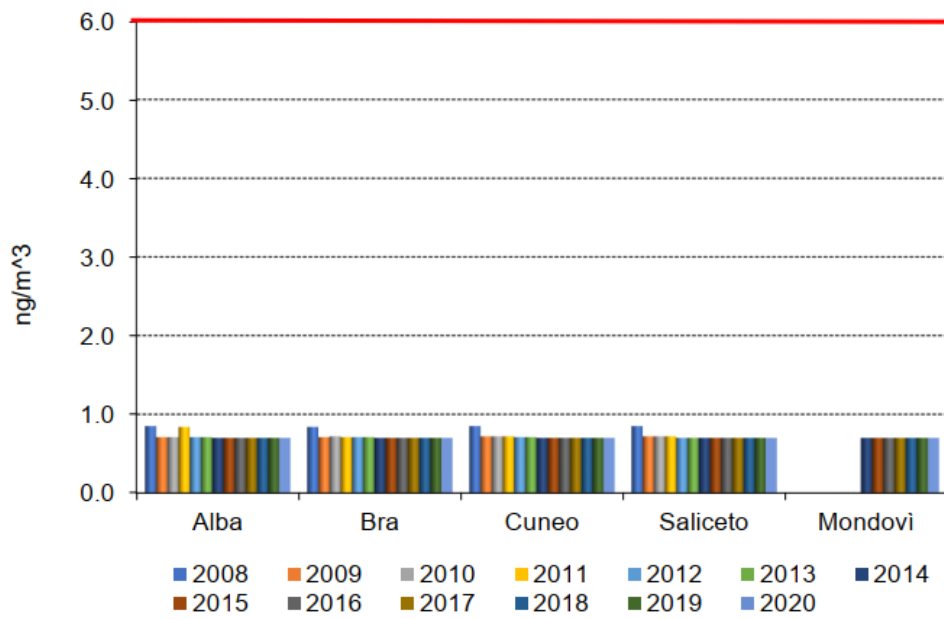


Figura 5.90 - Arsenico: confronto medie annuali

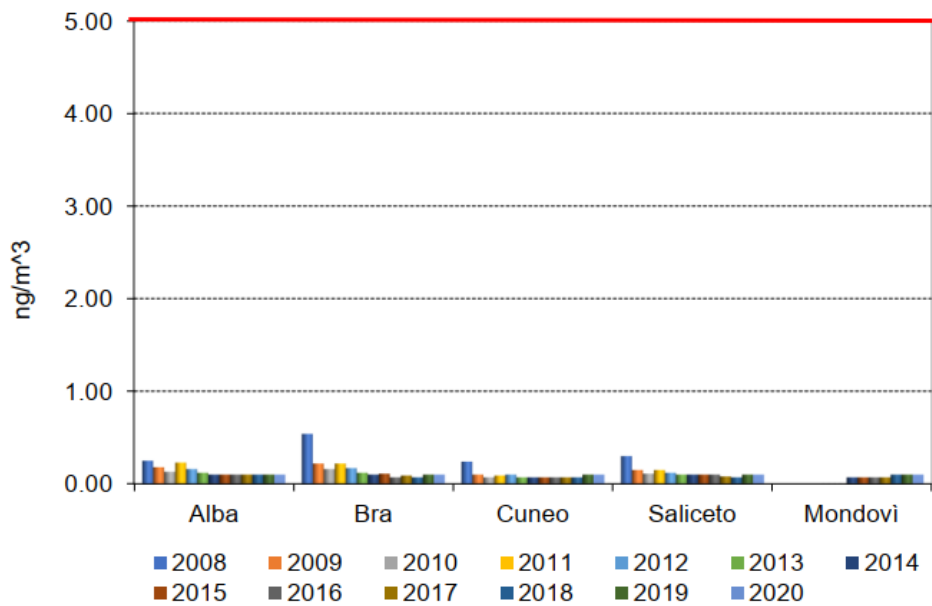


Figura 5.91 - Cadmio: confronto medie annuali

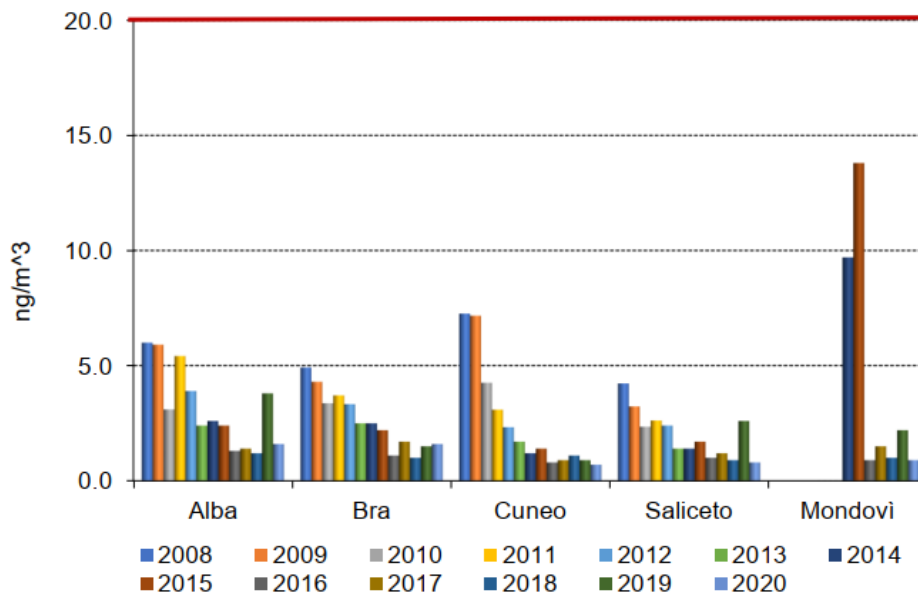


Figura 5.92 - Nichel: confronto medie annuali.

Le figure successive mostrano i dati registrati delle concentrazioni di piombo nel PM10 (Valore Limite pari a 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nelle stazioni della rete regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno nel periodo che va dal 2014 al 2021 e stazione Saliceto Moizo dal 2004 al 2020 (2021 non disponibile).

Si nota come l'andamento stagionale sia molto netto: i periodi freddi (inverno ed autunno) non contribuiscono alla dispersione naturale degli inquinanti e quindi la media stagionale risulta più alta.

La tendenza generale è di un abbassamento dei valori con l'aumentare degli anni, anche se negli ultimi anni si registra una certa stazionarietà.

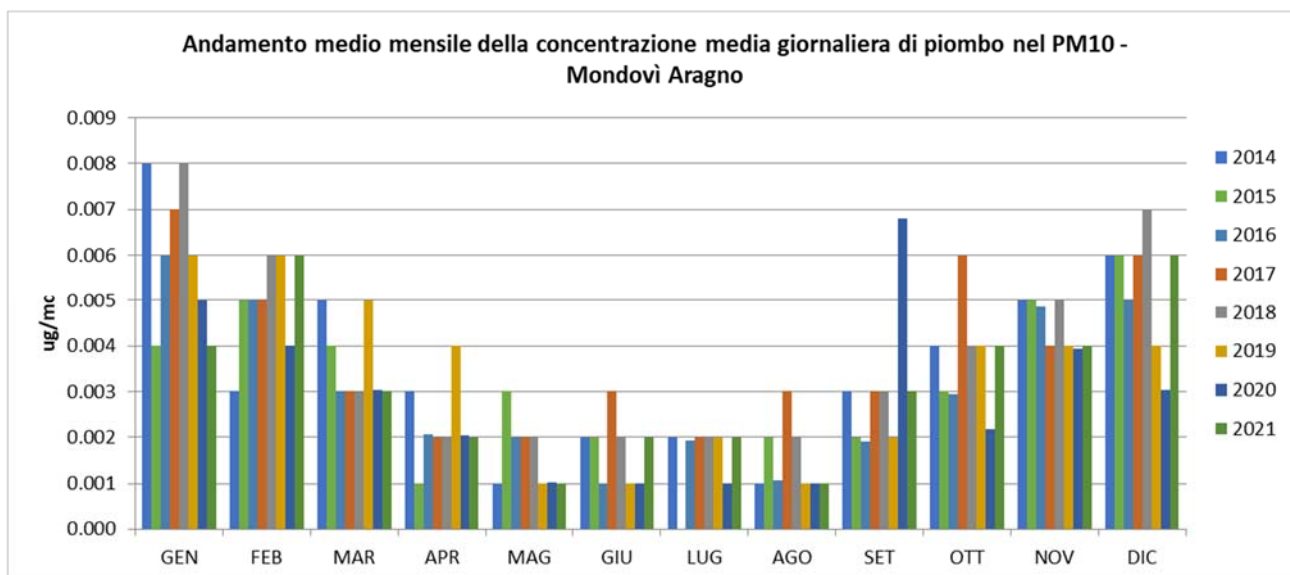


Figura 5.93 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di piombo nel PM10 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

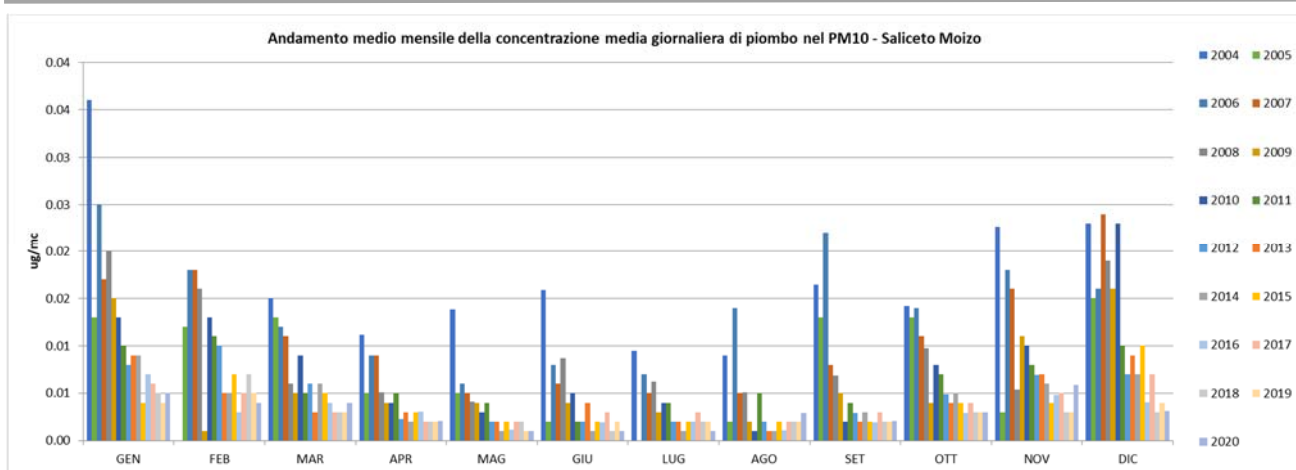


Figura 5.94 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di piombo nel PM10 registrata dal 2004 al 2020 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

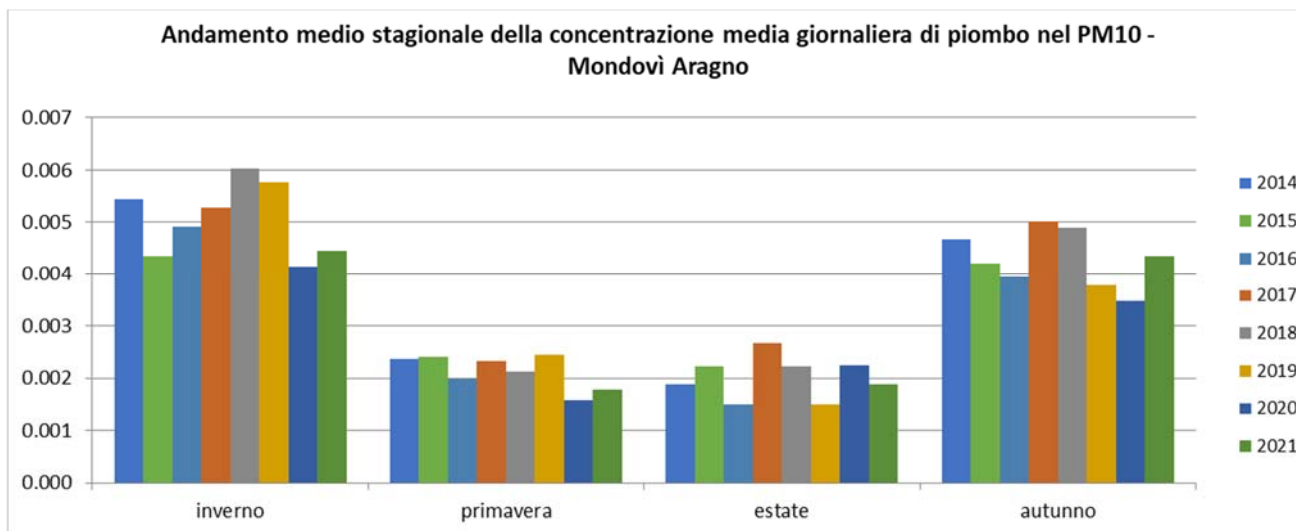


Figura 5.95 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di piombo nel PM10 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

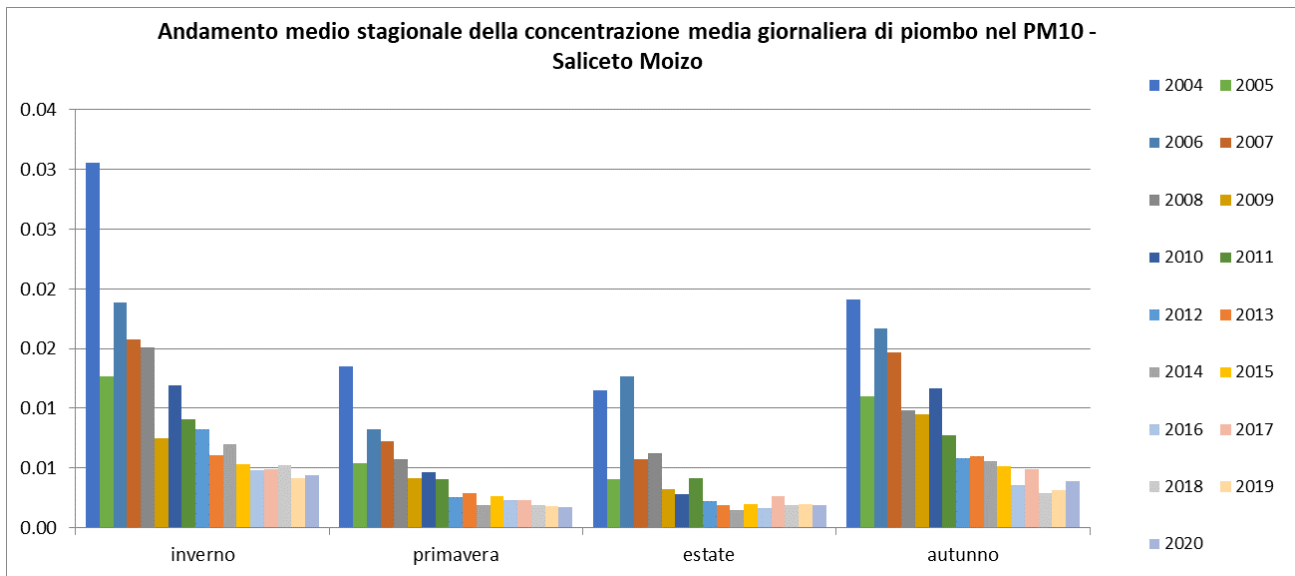


Figura 5.96 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di piombo nel PM10 registrata dal 2004 al 2020 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

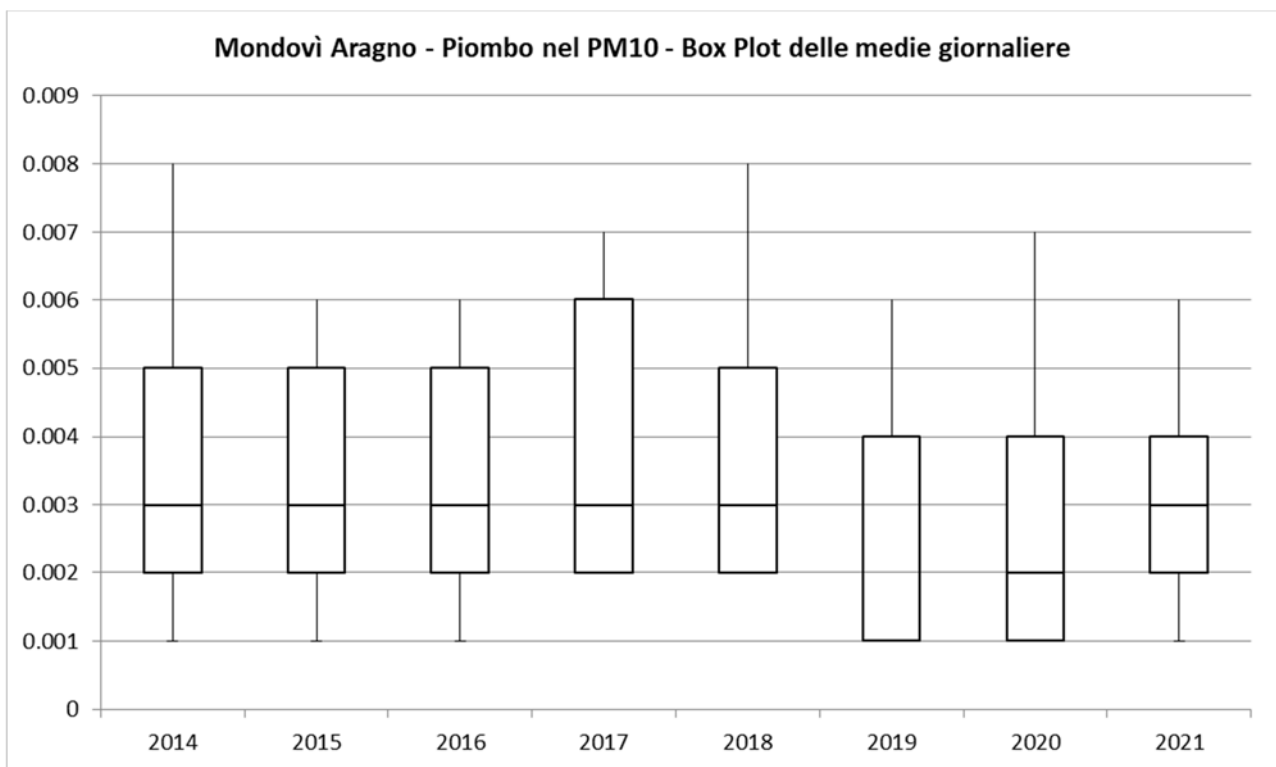


Figura 5.97 - Box plot della concentrazione medie giornaliere di piombo nel PM10 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

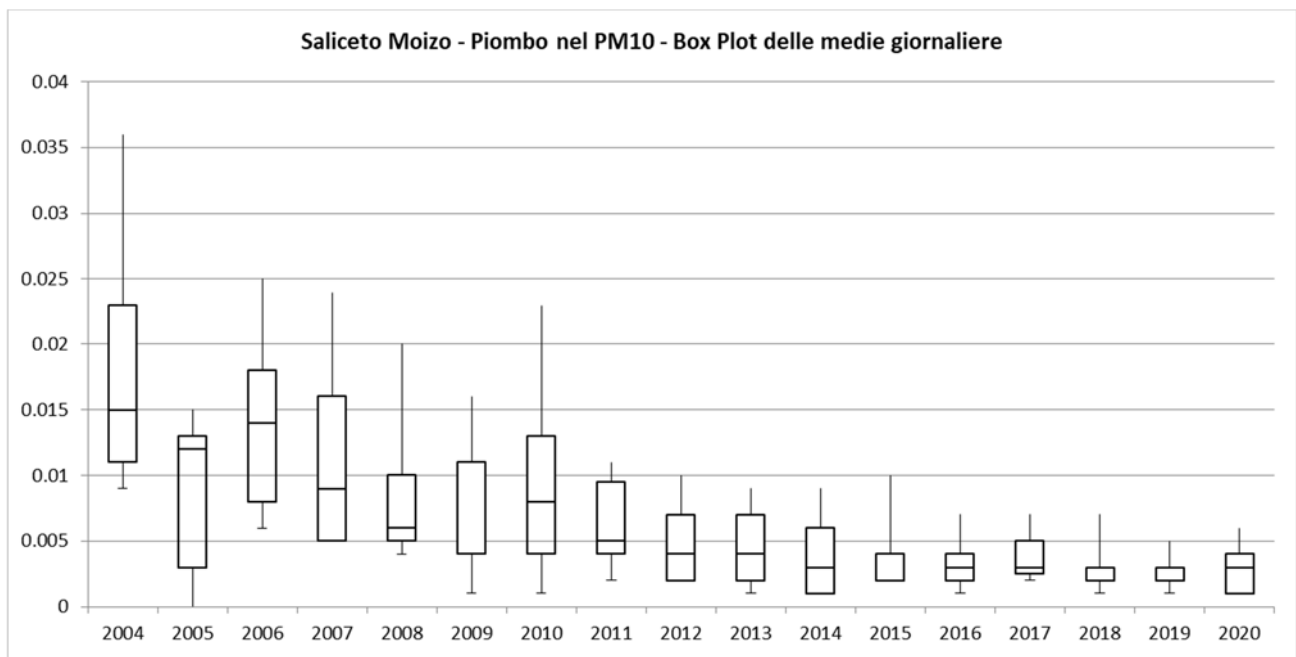


Figura 5.98 - Box plot della concentrazione medie giornaliere di piombo nel PM10 registrata dal 2004 al 2020 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

Le figure successive mostrano i dati registrati delle concentrazioni degli altri metalli (arsenico, cadmio e nichel) nel PM10 nelle stazioni della rete regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno nel periodo che va dal 2014 al 2021 e stazione Saliceto Moizo dal 2004 al 2020.

La tendenza generale è di un netto abbassamento dei valori nei primi anni dello scorso decennio, per poi raggiungere valori di concentrazione stabili, eccezion fatta per i valori registrati di nichel nella stazione di Mondovì Aragno nei mesi di luglio ed agosto nel 2016 che risultano particolarmente elevati.

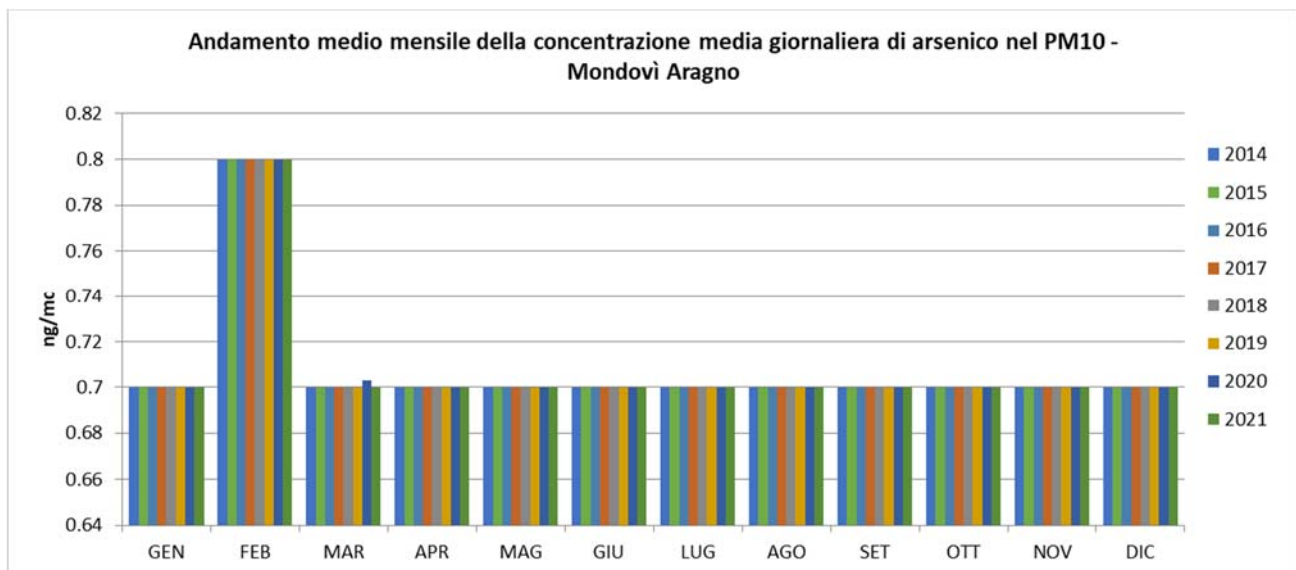


Figura 5.99 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di arsenico nel PM10 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

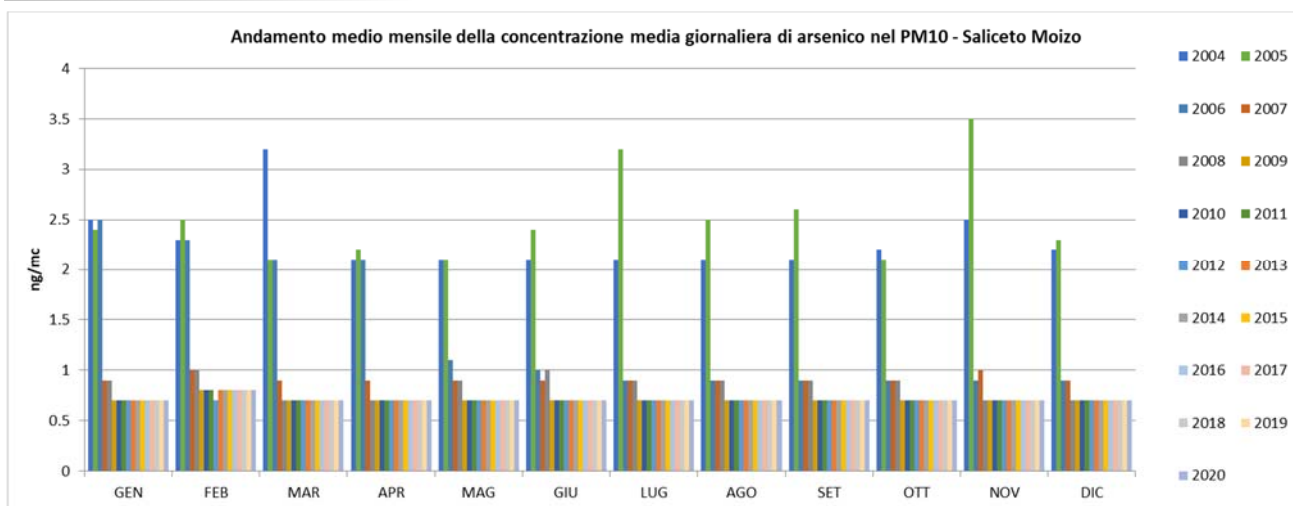


Figura 5.100 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di arsenico nel PM10 registrata dal 2004 al 2020 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo.

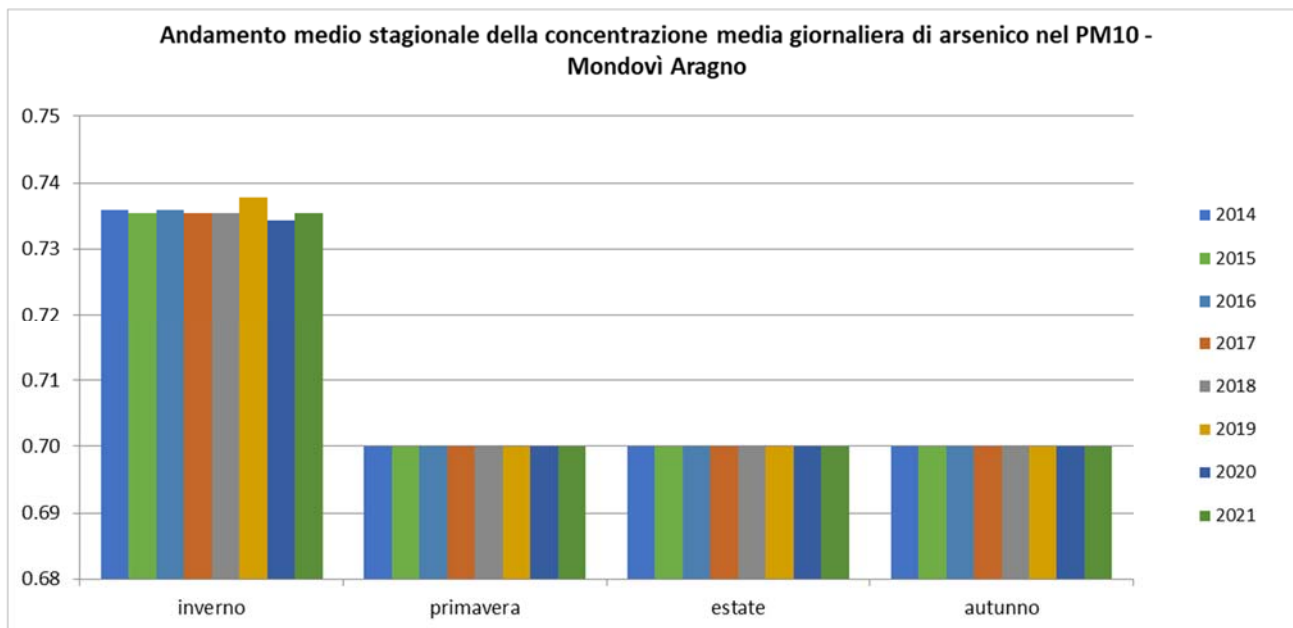


Figura 5.101 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di arsenico nel PM10 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno.

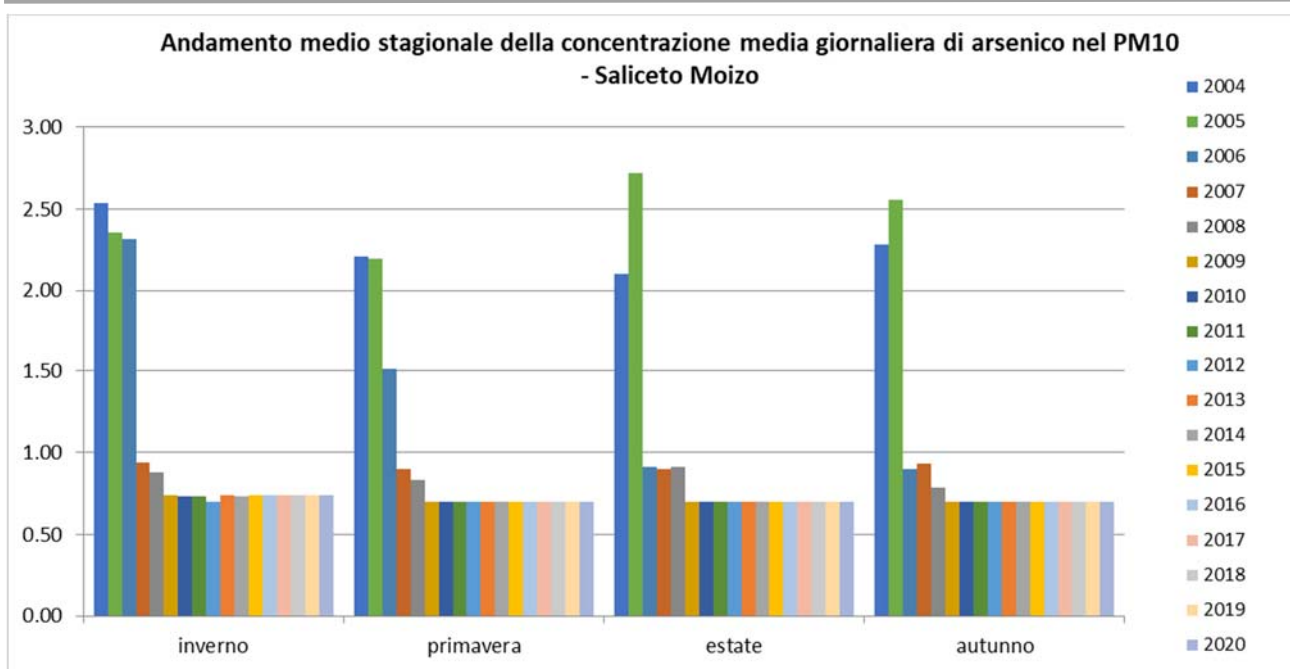


Figura 5.102 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di arsenico nel PM10 registrata dal 2004 al 2020 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

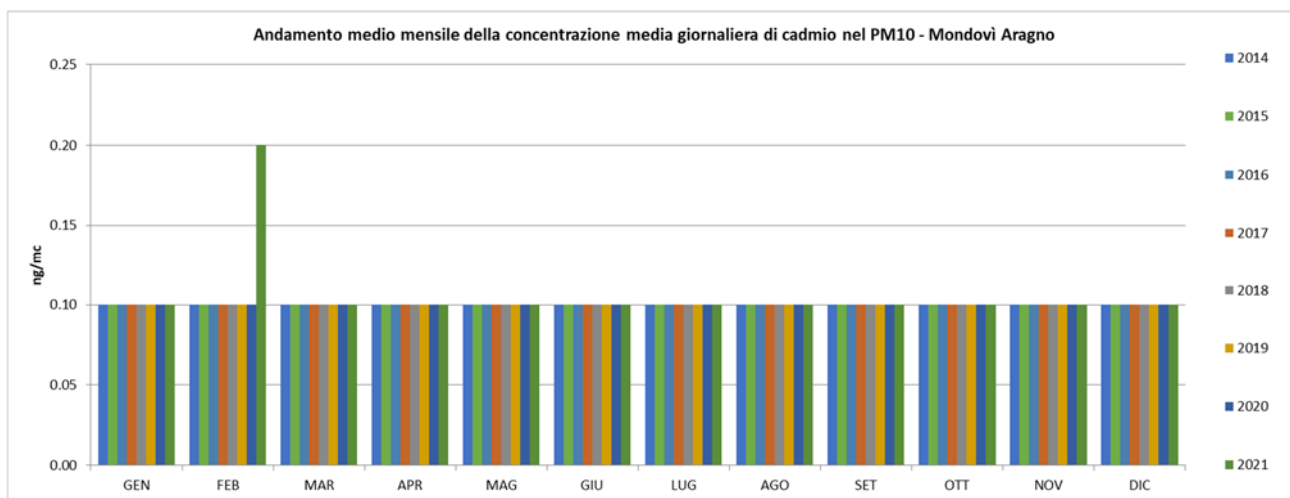


Figura 5.103 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di cadmio nel PM10 registrata dal 2004 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

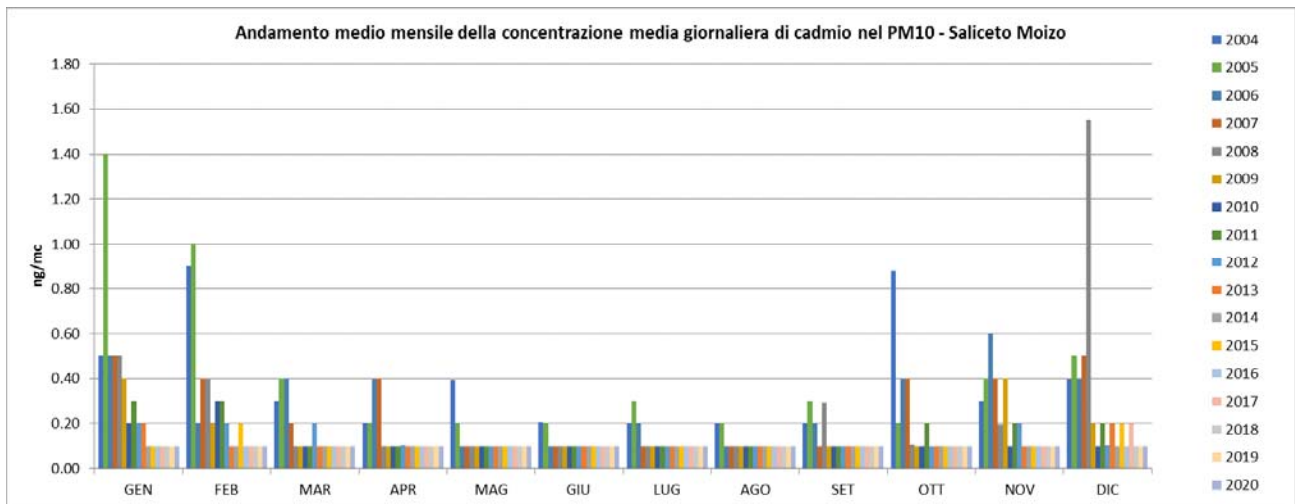


Figura 5.104 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di cadmio nel PM10 registrata dal 2004 al 2020 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

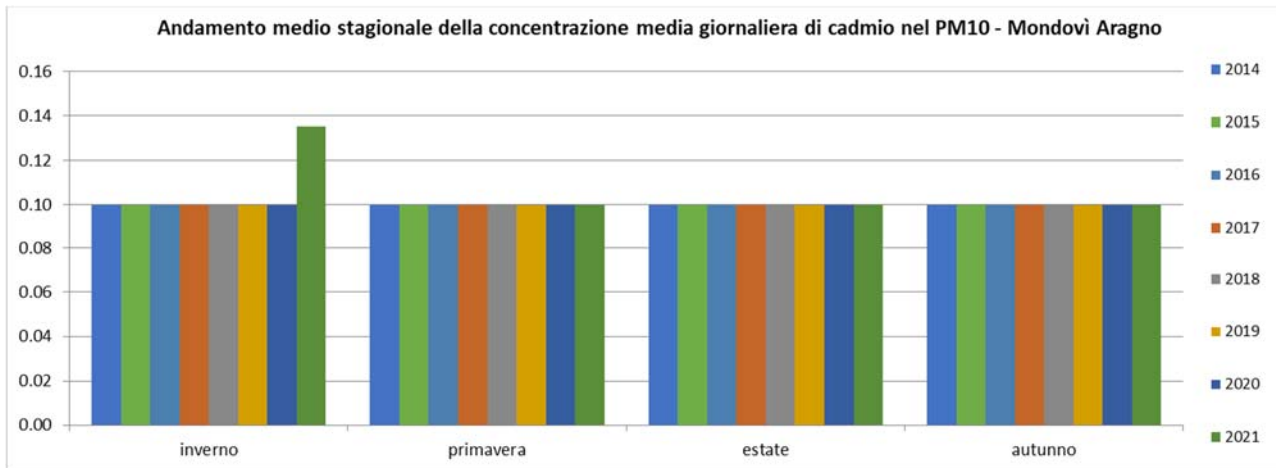


Figura 5.105 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di cadmio nel PM10 registrata dal 2004 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno.

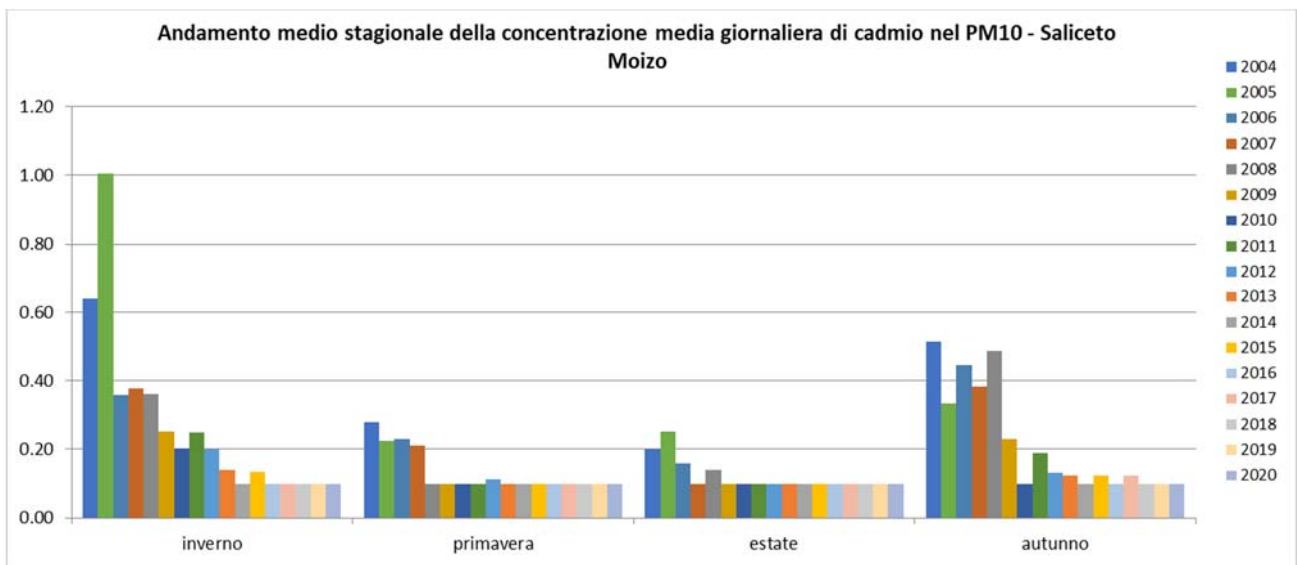


Figura 5.106 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di cadmio nel PM10 registrata dal 2004 al 2020 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo.

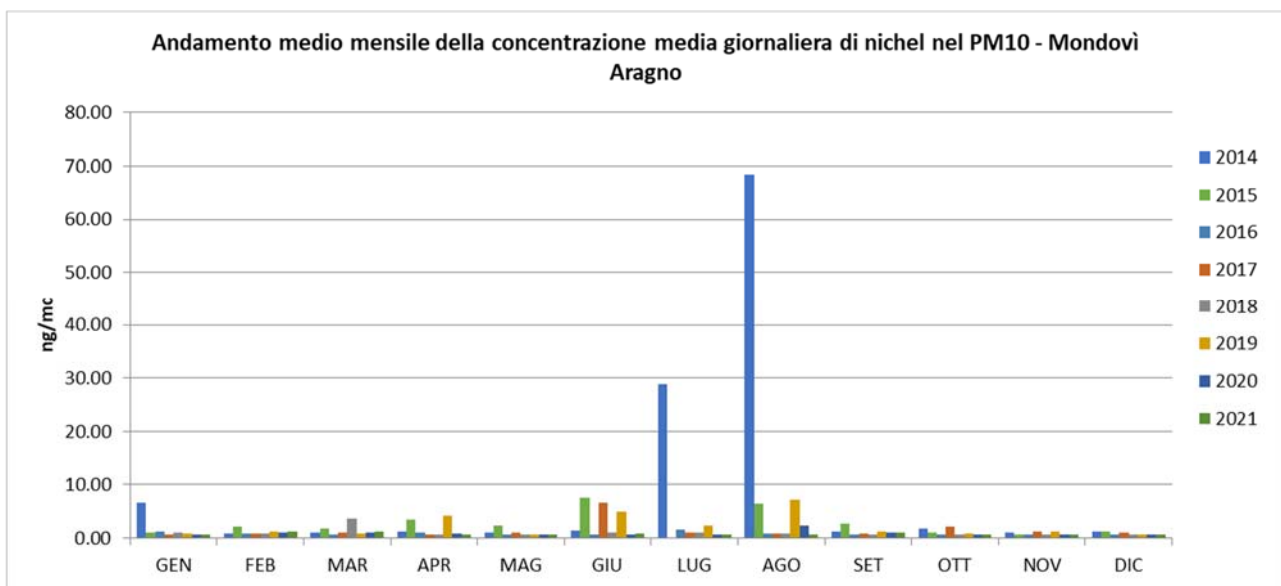


Figura 5.107 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di nichel nel PM10 registrata dal 2014 al 2021 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

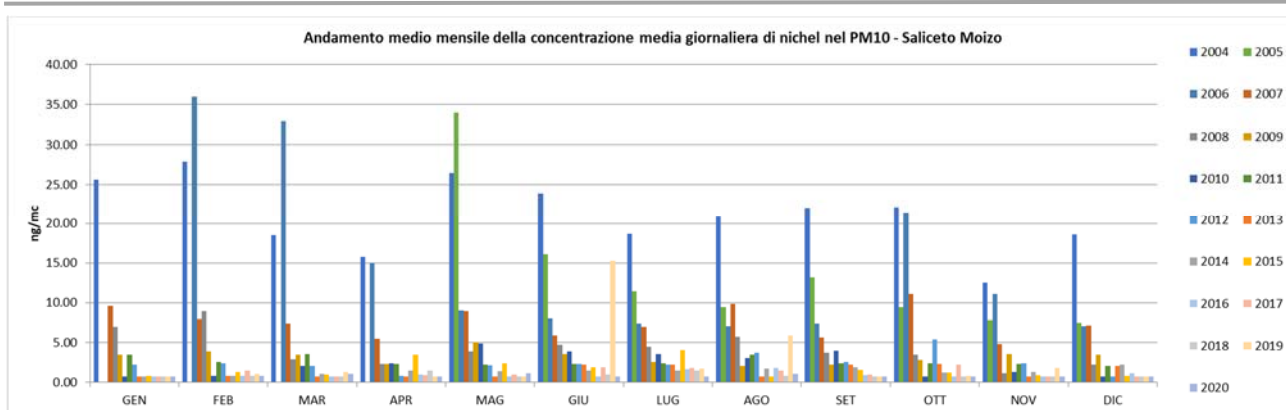


Figura 5.108 - Media mensile dell'andamento della concentrazione giornaliera di nichel nel PM10 registrata dal 2004 al 2020 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

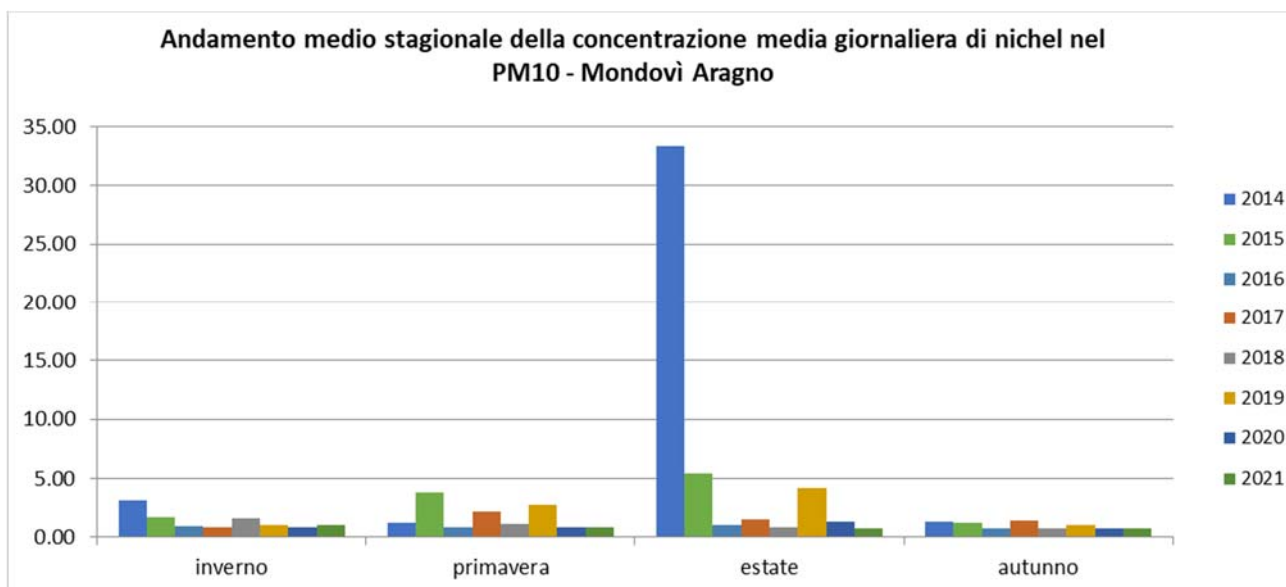


Figura 5.109 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di nichel nel PM10 registrata dal 2014 al 2020 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Mondovì Aragno

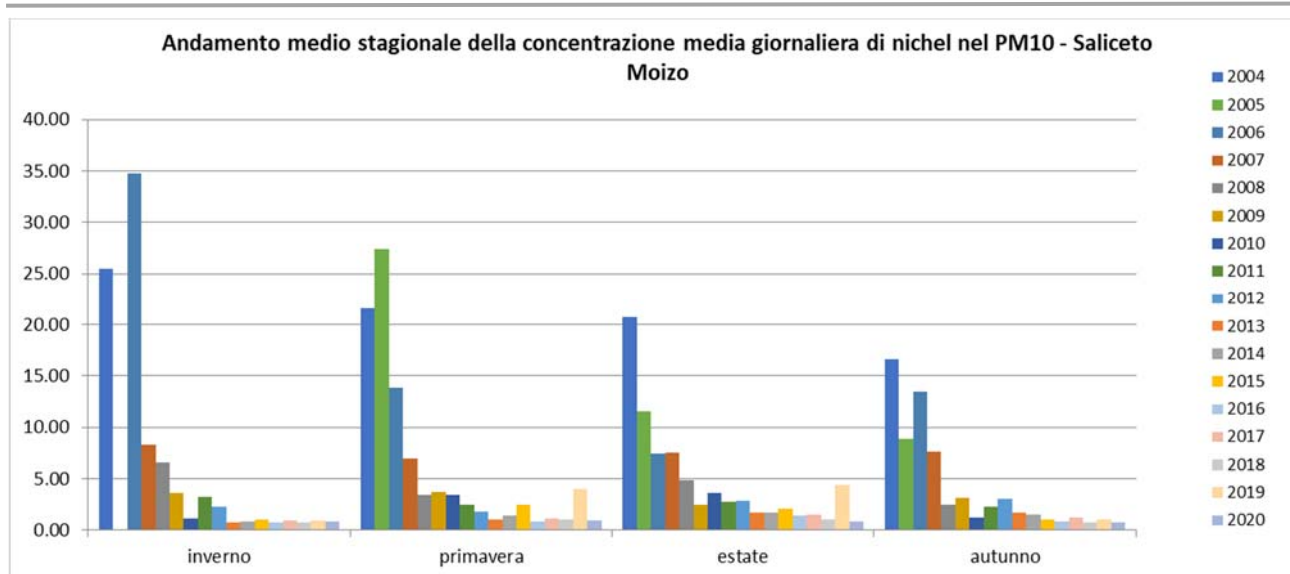


Figura 5.110 - Media stagionale dell'andamento della concentrazione giornaliera di nichel nel PM10 registrata dal 2004 al 2020 nella centralina della Rete Regionale della Qualità dell'Aria di Saliceto Moizo

Considerazioni finali sulla qualità dell'aria

Per quanto riguarda la qualità dell'aria ci si è soffermati ad analizzare alcuni componenti presenti in atmosfera, responsabili dell'inquinamento della qualità dell'aria a seguito di attività antropiche:

- Polveri
- Ossidi di azoto
- Biossido di zolfo
- Monossido di carbonio
- Ozono
- Benzo(a)pirene
- Benzene
- Metalli (piombo, arsenico, cadmio, nichel)

Per effettuare analisi approfondite si sono esaminati i dati relativi alle stazioni ARPA Piemonte del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA) di:

- Mondovì Aragno (attiva dal 13/12/2013) nella zona IT0120 – di collina
- Mondovì Marinai (attiva dal 20/11/2001 al 04/12/2013) ora dismessa
- Saliceto Moizo (attiva dal 01/12/1999) zona IT0120 – collina

Sono stati ripercorsi inoltre i risultati delle analisi contenute nel Piano della Qualità dell'aria e nella Relazione annuale 2020, oltre che i risultati del modello in dotazione dell'Arpa Piemonte per la valutazione della qualità dell'aria.

Nella tabella seguente sono riassunti i confronti dei dati misurati nell'anno 2020 con i riferimenti normativi stabiliti per la protezione della salute umana dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010 n° 155, così come riportata nella Relazione annuale qualità dell'aria 2020.

INQUINANTE	VALORE LIMITE E PERIODO DI MEDIAZIONE	SUPERAMENTI CONCESSI	2020: DATI RILEVATI					
			Alba	Bra	Cuneo	Mondovì	Saliceto	Staffarda
SO ₂	350 µg/m ³ media oraria	24 volte / anno civile	-	-	17 µg/m ³ max media oraria	-	-	-
	125 µg/m ³ media 24 ore	3 volte / anno civile	-	-	11 µg/m ³ max media giornaliera	-	-	-
NO ₂	200 µg/m ³ media oraria	18 volte / anno civile	88 µg/m ³ max media oraria	78 µg/m ³ max media oraria	117 µg/m ³ max media oraria	95 µg/m ³ max media oraria	41 µg/m ³ max media oraria	71 µg/m ³ max media oraria
	40 µg/m ³ media annuale	-	18 µg/m ³	21 µg/m ³	21 µg/m ³	21 µg/m ³	8 µg/m ³	10 µg/m ³
PM ₁₀	40 µg/m ³ media annuale	-	27 µg/m ³	28 µg/m ³	19 µg/m ³	23 µg/m ³	22 µg/m ³	-
	50 µg/m ³ media 24 ore	35 volte / anno civile	44 superamenti	42 superamenti	9 superamenti	19 superamenti	17 superamenti	-
		Data del 36° superamento	-	-	-	-	-	-
PM _{2.5}	25 µg/m ³ media annuale	-	-	20 µg/m ³	14 µg/m ³	16 µg/m ³	-	18 µg/m ³
CO	10 mg/m ³ media mobile su 8 ore	-	-	-	1.1 mg/m ³ max media mobile 8 ore	1.1 mg/m ³ max media mobile 8 ore	-	-
Benzene	5 µg/m ³ media annuale	-	0.7 µg/m ³	-	0.6 µg/m ³	0.8 µg/m ³	-	-
O ₃	120 µg/m ³ massima media giornaliera su 8 ore (obiettivo lungo termine)	25 volte / anno civile come media su tre anni (valore obiettivo)	30 giorni con max media 8h > 120 µg/m ³	-	56 giorni con max media 8h > 120 µg/m ³	-	9 giorni con max media 8h > 120 µg/m ³	6 giorni con max media 8h > 120 µg/m ³
	180 µg/m ³ media oraria (soglia di informazione)	-	0 superamenti	-	0 superamenti	-	0 superamenti	0 superamenti
	240 µg/m ³ media oraria (soglia di allarme)	-	0 superamenti	-	0 superamenti	-	0 superamenti	0 superamenti
Benzo(a) Pirene	1.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo)	-	0.5 ng/m ³	0.5 ng/m ³	0.2 ng/m ³	0.4 ng/m ³	0.9 ng/m ³	-
Pb	0.5 µg/m ³ media annuale	-	0.003 µg/m ³	0.003 µg/m ³	0.002 µg/m ³	0.003 µg/m ³	0.003 µg/m ³	-
As	6.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo)	-	0.7 ng/m ³	0.7 ng/m ³	0.7 ng/m ³	0.7 ng/m ³	0.7 ng/m ³	-
Cd	5.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo)	-	0.1 ng/m ³	0.1 ng/m ³	0.1 ng/m ³	0.1 ng/m ³	0.1 ng/m ³	-
Ni	20.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo)	-	1.6 ng/m ³	1.6 ng/m ³	0.7 ng/m ³	0.9 ng/m ³	0.8 ng/m ³	-

Figura 5.111 - Confronto con i limiti normativi per l'anno 2020

Lo stato attuale della qualità dell'aria mostra delle criticità per quanto riguarda le concentrazioni di polveri e di ozono (comunque in miglioramento, negli anni più recenti).

Ad ogni modo focalizzando l'attenzione sulle stazioni più prossime all'area di progetto (Saliceto e Mondovì Aragno) si osserva come in questi ultimi anni i valori si siano assestati sotto il limite normativo e presentino un trend in decrescita.

Per quanto riguarda le polveri, nonostante le oscillazioni dovute principalmente alle differenze meteorologiche tra i diversi anni, la situazione dell'inquinamento da polveri sottili è complessivamente migliorata nel tempo ed il limite sulla media annua, a partire dal 2013, è costantemente rispettato su tutto il territorio della provincia. Dopo il minimo della serie storica raggiunto nel 2019, anno con una meteorologia particolarmente favorevole alla dispersione, nel 2020 le concentrazioni hanno nuovamente subito un incremento.

Gli altri elementi presi in esame, ossidi di azoto, biossido di zolfo, monossido di carbonio, benzo(a)pirene, benzene, metalli tossici (piombo, arsenico, cadmio, nichel), mostrano valori di concentrazione inferiori ai livelli limite stabiliti dalle normative vigenti in tutte le stazioni della rete regionale. Nel caso del biossido di zolfo e dei metalli tossici i valori registrati risultano infatti ampiamente inferiori al limite previsto da normativa. Inoltre la tendenza generale è di un abbassamento dei valori con l'aumentare degli anni.

Per le stazioni di interesse più prossime all'area di studio (Mondovì Aragno e Saliceto), si riportano, nella seguente Tabella i valori registrati degli inquinanti, negli ultimi 5 anni:

VALORI RIFERIMENTO QUALITA' ARIA PER ANNO				Mondovì ARAGNO (TRAFFICO)					
		U.M.	LIMITE	2017	2018	2019	2020	2021	MEDIA
NO ₂	max valore orario (99,8° percentile)	µg/m ³	200	88.6	87.3	92	75	86	85.78
	media annua	µg/m ³	40	28.4	26	26	21	24.5	25.18
PM ₁₀	max valore giornaliero (90.4° percentile)	µg/m ³	50	54	44	39.2	42.7	46	45.18
	media annua	µg/m ³	40	29.1	25	22	23	27.5	25.32
PM _{2.5}	media annua	µg/m ³	25	19.9	17	15	16	17.4	17.06
CO	massima su 8 ore	mg/m ³	10	1.4	1.2	1.1	1.1	0.8	1.12
Benzene	media annua	µg/m ³	5	1.1	1.1	1	0.8		1
O ₃	massima media giornaliera su 8 ore	n. superamenti	25 (120 µg/m ³)						
	media oraria	n. superamenti	25 (180 µg/m ³)						
	media oraria (allarme)	n. superamenti	25 (240 µg/m ³)						
Benzo(a)pirene	media annua	ng/m ³	1	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.44

Piombo	media annua	µg/m3	0.5	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.0034
Arsenico	media annua	ng/m3	6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.71	0.702
Cadmio	media annua	ng/m3	5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Nichel	media annua	ng/m3	20	1.5	1	2.2	0.9	0.8	1.28

VALORI RIFERIMENTO QUALITA' ARIA PER ANNO				Saliceto Moizo (FONDO)					
		U.M.	LIMITE	2017	2018	2019	2020	2021	MEDIA
NO2	max valore orario (99,8° percentile)	µg/m3	200	55	42	51	34	42	44.8
	media annua	µg/m3	40	14	9	9	8	8.9	9.78
PM10	max valore giornaliero (90.4° percentile)	µg/m3	50	46	38	37.8	42	38	40.36
	media annua	µg/m3	40	24	22	22	22	22.2	22.44
PM2.5	media annua	µg/m3	25						
CO	massima su 8 ore	mg/m3	10						
Benzene	media annua	µg/m3	5						
O3	massima media giornaliera su 8 ore	n. superamenti	25 (120 µg/m3)	20	45	20	9		23.5
	media oraria	n. superamenti	25 (180 µg/m3)	0	0	0	0		0
	media oraria (allarme)	n. superamenti	25 (240 µg/m3)	0	0	0	0		0
Benzo(a)pirene	media annua	ng/m3	1	1.1	0.7	0.8	0.9	0.71	0.842
Piombo	media annua	µg/m3	0.5	0.004	0.003	0.003	0.003		0.00325
Arsenico	media annua	ng/m3	6	0.7	0.7	0.7	0.7		0.7
Cadmio	media annua	ng/m3	5	0.1	0.1	0.1	0.1		0.1

Nichel	media annua	ng/m ³	20	1.2	0.9	2.7	0.8		1.4
--------	-------------	-------------------	----	-----	-----	-----	-----	--	-----

Come riferimento dei valori di fondo per questo studio, visto anche il contesto rurale in cui si colloca il progetto, saranno considerati quindi i valori medi dell'ultimo quinquennio nella stazione di fondo di Saliceto Soizo, tranne che per Benzene, PM2.5 e CO, per cui i valori sono stati presi dalla stazione traffico di Mondovì, in quanto non rilevati nella stazione di fondo:

VALORI FONDO QUALITA' DELL'ARIA CONSIDERATI IN QUESTO STUDIO				
		U.M.	LIMITE	VALORE FONDO (media 2017-2021)
NO ₂	media annua	µg/m ³	40	9.78
PM ₁₀	media annua	µg/m ³	40	22.44
PM _{2.5}	media annua	µg/m ³	25	17
CO	massima su 8 ore	mg/m ³	10	1.12
Benzene	media annua	µg/m ³	5	1

6 Sorgenti e recettori

Per poter stimare l'impatto potenzialmente prodotto dalle modifiche progettuali è stato necessario codificare ed analizzare le sorgenti di emissione ed i recettori potenziali di tale inquinamento. La fase successiva (descritta nel dettaglio nei paragrafi successivi) è stata quella di implementare un modello matematico in grado di simulare i fenomeni complessi di trasporto (orizzontale e verticale) e di diffusione in atmosfera degli inquinanti, tenendo conto delle assegnate condizioni meteorologiche; il risultato finale è la stima e la quantificazione precisa delle concentrazioni al suolo di ognuno degli inquinanti considerati.

I contributi sulla matrice atmosfera sono distinti in due fasi:

- Fase di cantiere: emissione di particolato proveniente dalle attività di cantiere propriamente dette (carico/scarico di materiali inerti, scavi, movimento terra, ecc...); tale sorgente, per le caratteristiche che le sono proprie, è di tipo "passivo" e diffuso;
- Fase di esercizio: emissione di sostanze gassose e particolate provenienti dalla combustione dei motori delle automobili circolanti; tale sorgente, per le caratteristiche che le sono proprie, è di tipo "passivo" e diffuso;

Per valutare gli effetti sui recettori dei principali inquinanti, sono stati considerati quindi 4 scenari:

- Stato di fatto (ante operam), prendendo come riferimento i risultati dello Studio del Traffico al 2019

- Stato di progetto (post operam), che utilizza i risultati dello Studio del Traffico nello scenario all'entrata in esercizio all'anno 2025
- Opzione zero, che utilizza i risultati dello Studio del Traffico nello scenario stato di fatto al 2025
- Fase di cantiere (Corso Operam) valutato sulla base dell'estensione e delle caratteristiche effettive dei cantieri.

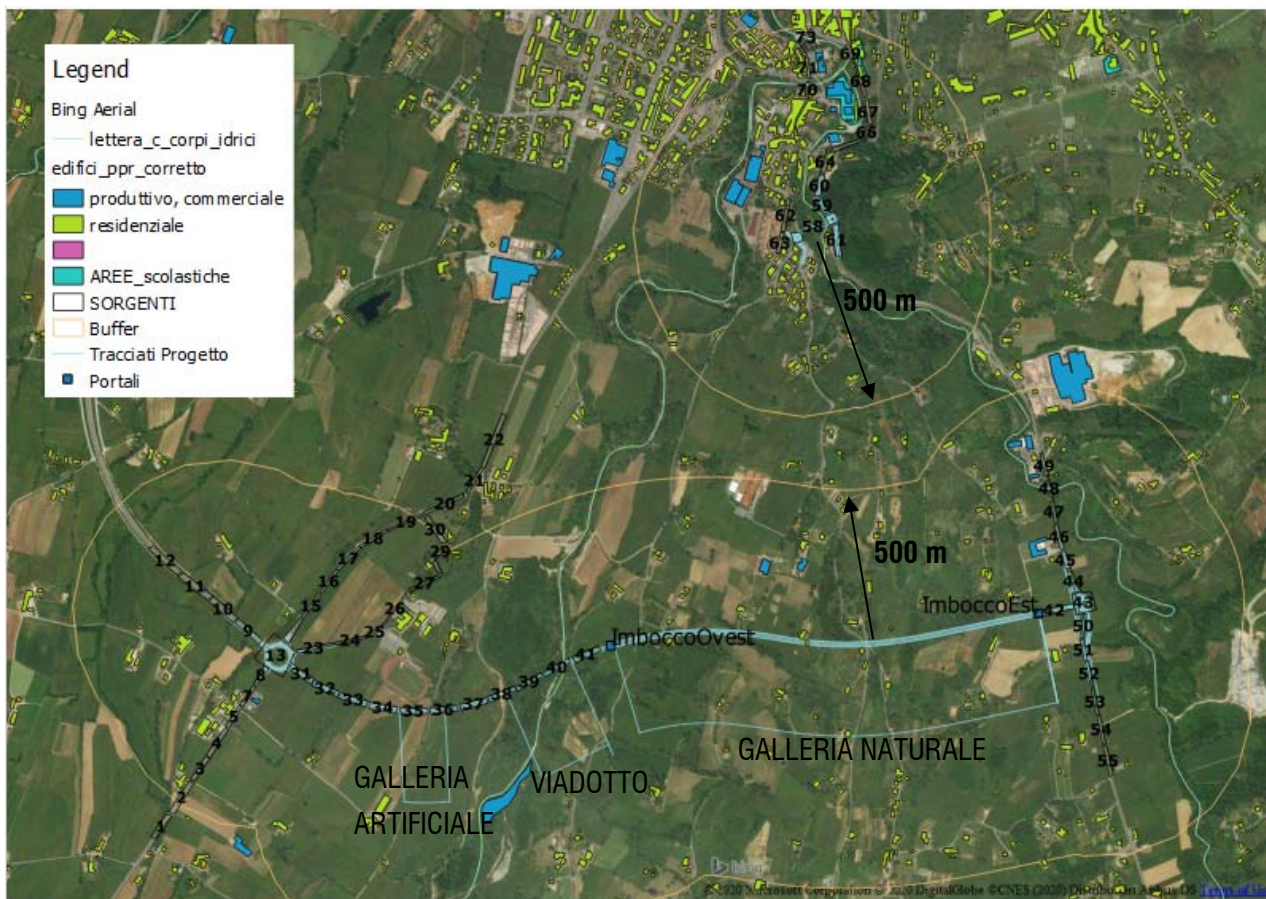


Figura 6.1 – Rappresentazione delle sorgenti considerate nella modellazione numerica (per Stato di Fatto, Stato di Progetto ed Opzione zero)

Sono stati considerati come sorgenti i tratti stradali interessati dalle nuove opere, con un raggio di influenza di 500 m e che interessano maggiormente i recettori individuati. I tracciati stradali sono stati simulati come sorgenti areali (rappresentati in Figura con la numerazione da 1 a 73). Sono stati considerati inoltre come emissioni puntuali gli imbocchi della galleria naturale, per tenere conto dell'impianto di ventilazione presente.

Nei pressi delle opere in progetto l'unico recettore sensibile individuato è una scuola (REC13) posta 450 m a nord dell'asse secondario. Per l'analisi si sono considerati comunque i recettori più interessati dall'opera in una fascia di 500 m. I recettori REC14 e REC15 sono recettori eco sistemici per tenere conto dell'ecosistema lungo i letti dei torrenti rispettivamente Ermena ed Ellero. I recettori rimanenti sono abitazioni civili, tranne che per il recettore REC1, in cui si colloca un centro di formazione e sportivo.

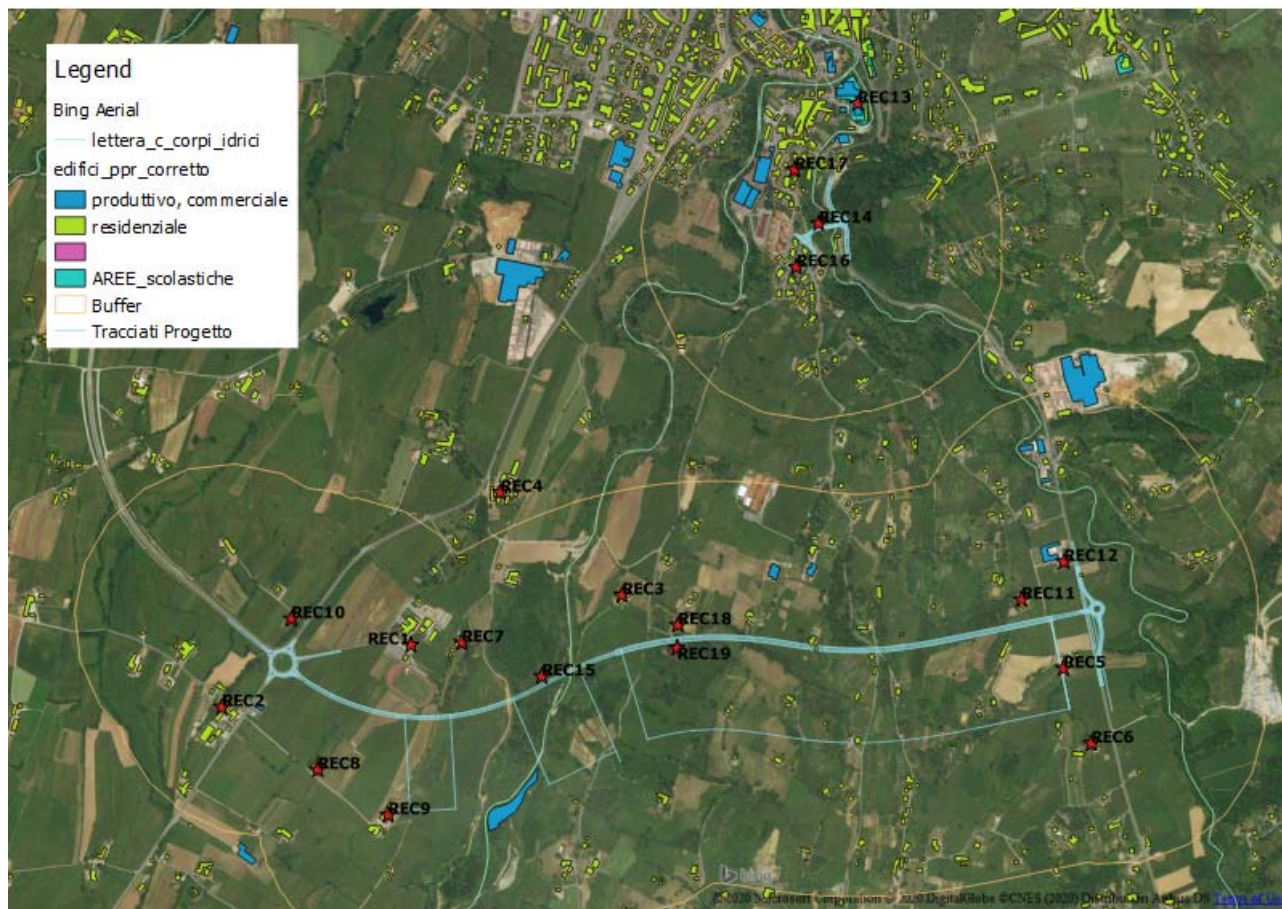


Figura 6.2 – Mappa dei recettori considerati

7 Emissioni

7.1 Fase di cantiere

Le aree di cantiere previste sono:

- Cantiere base, lungo l'asse della tangenziale di Mondovì (asse principale) in corrispondenza della rotatoria esistente lungo la S.P. 5 "Villanova" e prevede: 1 area per il deposito del terreno vegetale, 1 area di deposito dei materiali e 1 area con uffici, laboratori, magazzini, impianti, spogliatoi, ... Nel cantiere base sarà quindi prevista un'area per l'accumulo e la caratterizzazione dei materiali provenienti dallo scavo e/o necessari alla costruzione del rilevato stradale, con area pari a circa 3100mq e per l'accumulo del terreno vegetale. La superficie prevista per lo stoccaggio del terreno vegetale derivante dallo scotico è pari a circa 6350 mq. Saranno quindi presenti nell'area di cantiere:
 - Guardiania;
 - Uffici
 - Infermeria;
 - Laboratorio e topografia;
 - Mensa, dormitori e servizi collettivi con spogliatoi;
 - Magazzino;

- Deposito cubetti;
- Impianto di betonaggio con le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE TECNICHE	UNITÀ SI	VALORE
Produzione oraria	m ³ /h	65*
Stoccaggio inerti	m ³	50÷55
Vasche inerti	n.	4
Bocchette/Cilindri pneumatici	n.	8/8
Sistema di pesatura inerti	kg	5000
Sistema di pesatura cemento	kg	1000
Nastro estrattore telo 650 mm	m ³ /h	300
Nastro caricatore telo 800 mm	m ³ /h	300
Mescolatore a doppio asse	model	2250/1500
Motori mescolatore	kW	2x22
Compressore aria	l	270
Tensione di esercizio	V	400
Frequenza di esercizio	Hz	50/60
Potenza elettrica assorbita**	kW	102
Potenza elettrica installata**	kW	128

- Area accumulo inerti;
- Pesa;
- Cabina elettrica e gruppo elettrogeno di campo.
- Area raccolta rifiuti;
- Impianto di depurazione acque reflue civili;
- Accumulo e rilancio acqua potabile;
- Fosse settiche e disoleatori;
- Bacino di decantazione fanghi di lavaggio;
- Area deposito materiali: 3100mq;
- Area deposito terra vegetale: 6350mq.

I mezzi usati nel cantiere sono:

- 6 Dumper 4 assi (360 kW) 17 m³ cassone ribaltabile trilaterale
- 2 Pale meccaniche gommate (220 kW) 5 m³ benna
- 2 Escavatori cingolati (150 kW) 2 m³ benna rovescia

La viabilità di cantiere consiste in una pista (A) che si distacca dalla S.P. 5 "Villanova" in prossimità dell'intersezione a rotatoria esistente e si sviluppa con direzione da Ovest verso Est parallelamente all'asse principale. Essa consentirà l'accesso al campo base, la costruzione della galleria artificiale e la costruzione del tratto di corpo stradale compreso tra la rotatoria e la galleria artificiale;. Inoltre una seconda pista A1, prolunga una viabilità secondaria esistente che si dirama dalla S.P. 5 "Villanova" sino a consentire il raggiungimento della spalla SA del viadotto sul fiume Ellero. Essa consentirà quindi la costruzione del corpo stradale compreso tra la galleria artificiale e il viadotto e parte delle strutture del viadotto stesso.

- Cantiere Operativo 1 – sarà realizzato in prossimità dell'imbocco Ovest della galleria naturale. L'accesso avverrà da Nord mediante via Vecchia di Frabosa. Tale cantiere sarà principalmente impiegato per la

realizzazione della galleria naturale (Lato Ovest) e per la realizzazione del viadotto sul fiume Ellero (Lato Est). Nel cantiere operativo sarà prevista un'area per l'accumulo e la caratterizzazione dei materiali provenienti dallo scavo e/o necessari alla costruzione e per l'accumulo del terreno vegetale. Tali aree potranno anche essere impiegate per il deposito del materiale di smarino proveniente dallo scavo della galleria naturale. La superficie prevista per il deposito dei materiali è pari a circa 4800 mq mentre quella per lo stoccaggio del terreno vegetale derivante dallo scotico è pari a circa 3000 mq. Nell'area del cantiere operativo 1 sono previsti:

- Guardiania;
- Ufficio Direzione di cantiere;
- Ufficio Direzione Lavori;
- Servizi collettivi con spogliatoi;
- Deposito cubetti;
- Infermeria;
- Impianto di betonaggio con le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE TECNICHE	UNITÀ SI	VALORE
Produzione oraria	m ³ /h	65*
Stoccaggio inerti	m ³	50÷55
Vasche inerti	n.	4
Bocchette/Cilindri pneumatici	n.	8/8
Sistema di pesatura inerti	kg	5000
Sistema di pesatura cemento	kg	1000
Nastro estrattore telo 650 mm	m ³ /h	300
Nastro caricatore telo 800 mm	m ³ /h	300
Mescolatore a doppio asse	model	2250/1500
Motori mescolatore	kW	2x22
Compressore aria	l	270
Tensione di esercizio	V	400
Frequenza di esercizio	Hz	50/60
Potenza elettrica assorbita**	kW	102
Potenza elettrica installata**	kW	128

- Impianto per conglomerati bituminosi con le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE TECNICHE	
Numero dei predosatori	3
Capacità dei predosatori	3 × 10 m ³
Trasmissione cilindro	4 × 7,5 kW
Produzione massima del cilindro al 3 % di umidità	100 t/h
Potenzialità bruciatore	7,0 MW
Combustibili	gas
Capacità filtro	22 000 Nm ³ /h
Superficie filtrante	265 m ²
Sistema pesatura aggregati	Nastro estrattore pesatore su ogni predosatore
Sistema pesatura bitume	Volumetrico
Mescolatore	Miscelatore forzato a due alberi con regolazione del tempo di mantenimento del livello

	(Miscelatore a attraversamento continuo)
Capacità mescolatore	1,2 t
Produzione impianto	100 t/h

- Impianto di frantumazione e classificazione con le seguenti caratteristiche:
 - **MOTORIZZAZIONE:** Motore Caterpillar modo 3306-T, potenza max 179 KW a 2000 giri/minuto; Regime di lavoro 1800 giri/minuto.
 - **IMPIANTO ELETTRICO:** Tensione di funzionamento 24 V, Batterie capacità totale 155 Ah, Alternatore 60 A.
 - **FRANTUMAZIONE:** Frantoio FP107 idraulico, dimensione bocca di carico 1070x720 mm, regolazione idraulica apertura mascelle da 40 a 140 mm.
 - **ALIMENTAZIONE:** - Tramoggia di carico capacità idraulica 7 mc, Vibratore "Grizzly" AVL 114 luce bardotti 45 mm.
 - **TRASPORTO MATERIALE:** - Nastro principale stoccaggio frantumato TN 0,80x10,30; Nastro reversibile raccolta fini TN 0,65x1 ,41 ; Nastro laterale materiale prevagliato TN 0,50x6.
 - **MOBILITA':** Carro cingolato modello P4000, larghezza pattino 460 mm, larghezza totale 2500 mm.
 - **PRESSIONE CINGOLI:** con tramoggia di carico piena 16000 Kg/mq, con tramoggia di carico vuota 12300 Kg/mq. **MASSE:** peso tot. della macchina in condizioni di marcia 42000 Kg.
 - **PRODUZIONE MATERIALE FRANTUMATO:** Calcare 295 ton/h, calcestruzzo 270 ton/h.
 - **CONSUMO CARBURANTE:** regime di lavoro (1800 g/min) 34 l/h, regime potenza max (2000 g/min) 37,5 l/h.
 - **VELOCITA' DI TRASFERIMENTO:** max 0,28 m/sec = 1 Km/h in piano.
 - **CAPACITA' SERBATOI:**
 - serbatoio carburante 350 lt,
 - serbatoio olio idraulico 650 lt,
 - serbatoio acqua 500 lt.
- Officina manutenzione mezzi di cantiere;
- Magazzino ricambi e materiali di consumo;
- Deposito Bombole;
- Fosse Imhof e disoleatori;
- Pesa;
- Deposito oli esausti;
- Area deposito materiali/smarino: 4800mq;
- Area deposito terra vegetale: 3000mq;
- Area deposito smarino: 950 mq
- Area a disposizione: 280mq
- Mezzi usati nel cantiere

6	Dumper 4 assi (360 kW)	17	m3	cassone ribaltabile trilaterale
2	Pale meccaniche gommate (220 kW)	5	m3	benna
2	Escavatori cingolati (150 kW)	2	m3	benna rovescia

La disposizione interna degli apprestamenti di cantiere è stata studiata in modo tale da dare diretto accesso alle aree di lavorazione e non impiegare quindi la viabilità pubblica se non strettamente necessario, sempre previo lavaggio ruote.

Dal punto di vista ambientale, il cantiere operativo 1 sarà perciò dotato di disoleatori, fosse imohf e deposito oli esausti. Inoltre, a tutela dei ricettori più interessati dalle attività del campo base, saranno installate barriere acustiche di cantiere.

Complessivamente il campo base occuperà un'area pari a circa 24.700mq.

La viabilità di cantiere (pista B) si distacca dalla viabilità esistente denominata via Vecchia di Frabosa sino a raggiungere il cantiere operativo 1, posto a margine dell'imbocco Ovest della galleria naturale. Essa consentirà quindi la costruzione di parte delle strutture del viadotto sul Fiume Ellero e le lavorazioni della galleria naturale condotte a partire dall'imbocco Ovest.

- Cantiere Operativo 2 – Asse principale, sarà realizzato in prossimità dell'imbocco Est della galleria naturale, a ridosso della S.S. 28 Sud. L'accesso avverrà quindi direttamente dalla viabilità principale esistente. Tale cantiere sarà principalmente impiegato per la realizzazione della galleria naturale (Lato Est) e per la realizzazione della nuova rotatoria sulla S.S. 28. Nel cantiere operativo 2 sarà prevista un'area per il deposito dello smarino e un'area per il deposito dei materiali di costruzione. La superficie prevista per il deposito dei materiali di costruzione è pari a circa 3630 mq mentre quella per il deposito dello smarino è pari a circa 1050 mq. Sarà inoltre presente un'area a servizio dei lavori in galleria pari a circa 10500mq e un'area per lo stoccaggio del terreno vegetale con superficie pari a circa 2400mq. Nell'area del cantiere operativo 2 sono previsti:
 - o Guardiania;
 - o Uffici Direzione di cantiere;
 - o Ufficio Direzione Lavori;
 - o Infermeria;
 - o Servizi collettivi e spogliatoi;
 - o Officina manutenzione mezzi di cantiere;
 - o Magazzino ricambi e materiali di consumo;
 - o Fosse Imohf e disoleatori;
 - o Pesa
 - o Sottostazione elettrica;
 - o Deposito bombole;
 - o Deposito cubetti;
 - o Deposito oli esausti;
 - o Bacino di decantazione fanghi di lavaggio;
 - o Impianto di betonaggio con le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE TECNICHE

UNITÀ SI

VALORE

Produzione oraria	m ³ /h	65*
Stoccaggio inerti	m ³	50÷55
Vasche inerti	n.	4
Bocchette/Cilindri pneumatici	n.	8/8
Sistema di pesatura inerti	kg	5000
Sistema di pesatura cemento	kg	1000
Nastro estrattore telo 650 mm	m ³ /h	300
Nastro caricatore telo 800 mm	m ³ /h	300
Mescolatore a doppio asse	model	2250/1500
Motori mescolatore	kW	2x22
Compressore aria	l	270
Tensione di esercizio	V	400
Frequenza di esercizio	Hz	50/60
Potenza elettrica assorbita**	kW	102
Potenza elettrica installata**	kW	128

- Impianto per conglomerati bituminosi con le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE TECNICHE	
Numero dei predosatori	3
Capacità dei predosatori	3 × 10 m ³
Trasmissione cilindro	4 × 7,5 kW
Produzione massima del cilindro al 3 % di umidità	100 t/h
Potenzialità bruciatore	7,0 MW
Combustibili	gas
Capacità filtro	22 000 Nm ³ /h
Superficie filtrante	265 m ²
Sistema pesatura aggregati	Nastro estrattore pesatore su ogni predosatore
Sistema pesatura bitume	Volumetrico
Mescolatore	Miscelatore forzato a due alberi con regolazione del tempo di mantenimento del livello (Miscelatore a attraversamento continuo)
Capacità mescolatore	1,2 t
Produzione impianto	35 – 100 t/h

- Impianto di frantumazione e classificazione con le seguenti caratteristiche:
 - **MOTORIZZAZIONE:** Motore Caterpillar modo 3306-T, potenza max 179 KW a 2000 giri/minuto; Regime di lavoro 1800 giri/minuto.
 - **IMPIANTO ELETTRICO:** Tensione di funzionamento 24 V, Batterie capacità totale 155 Ah, Alternatore 60 A.
 - **FRANTUMAZIONE:** Frantoio FP107 idraulico, dimensione bocca di carico 1070x720 mm, regolazione idraulica apertura mascelle da 40 a 140 mm.
 - **ALIMENTAZIONE:** - Tramoggia di carico capacità idraulica 7 mc, Vibratore "Grizzly" AVL 114 luce bardotti 45 mm.
 - **TRASPORTO MATERIALE:** - Nastro principale stoccaggio frantumato TN 0,80x10,30; Nastro reversibile raccolta fini TN 0,65x1 ,41 ; Nastro laterale materiale prevagliato TN 0,50x6.

- MOBILITA': Carro cingolato modello P4000, larghezza pattino 460 mm, larghezza totale 2500 mm.
- PRESSIONE CINGOLI: con tramoggia di carico piena 16000 Kg/mq, con tramoggia di carico vuota 12300 Kg/mq. MASSE: peso tot. della macchina in condizioni di marcia 42000 Kg.
- PRODUZIONE MATERIALE FRANTUMATO: Calcare 295 ton/h, calcestruzzo 270 ton/h.
- CONSUMO CARBURANTE: regime di lavoro (1800 g/min) 34 l/h, regime potenza max (2000 g/min) 37,5 l/h.
- VELOCITA' DI TRASFERIMENTO: max 0,28 m/sec = 1 Km/h in piano.
- CAPACITA' SERBATOI:
 - serbatoio carburante 350 lt,
 - serbatoio olio idraulico 650 lt,
 - serbatoio acqua 500 lt.

- Area deposito materiali/smarino: 930mq +2700mq+1050;
- Area servizio galleria: 10520mq;
- Area deposito terra vegetale: 2400mq
- Mezzi usati nel cantiere

6	Dumper 4 assi (360 kW)	17	m3 cassone ribaltabile trilaterale
2	Pale meccaniche gommate (220 kW)	5	m3 benna
2	Escavatori cingolati (150 kW)	2	m3 benna rovescia

La disposizione interna degli apprestamenti di cantiere è stata studiata in modo tale da dare diretto accesso alle aree di lavorazione e non impiegare quindi la viabilità pubblica se non strettamente necessario, sempre previo lavaggio ruote.

Dal punto di vista ambientale, il cantiere operativo 2 sarà perciò dotato di deposito oli esausti, fosse imhof, disoleatori e bacino di decantazione dei fanghi dilavaggio.

Complessivamente il campo base occuperà un 'area pari a circa 29.000mq.

- Cantiere Operativo 3 – sarà realizzato in corrispondenza dell'area attualmente destinata a parco pubblico, delimitata da via Vecchia di Monastero, via F. Castellino e via Vecchia di Frabosa e ubicata a Sud dell'abitato di Rione Borgato. Tale cantiere sarà principalmente impiegato per la realizzazione del viadotto sull'alveo del Fiume Ermena e per la costruzione delle due nuove rotatorie poste ai capi del nuovo asse viario. Nel cantiere operativo 3 saranno previste due aree per il deposito dei materiali di costruzione e un'area, di circa 200mq, per lo stoccaggio del terreno vegetale derivante dallo scotico. Il cantiere operativo 3 sarà dotato di:
 - Uffici Direzione di cantiere;
 - Ufficio Direzione Lavori;
 - Infermeria;

- Deposito cubetti;
- Deposito bombole;
- Deposito oli esausti;
- Sottostazione elettrica;
- Gruppo elettrogeno;
- Area deposito materiali;
- Area deposito terreno vegetale: 200mq.
- Mezzi usati nel cantiere
 - 4 Dumper 4 assi (330 kW) 14 m3 cassone ribaltabile trilaterale
 - 1 Pale meccaniche gommate (220 kW) 5 m3 benna
 - 1 Escavatori cingolati (150 kW) 2 m3 benna rovescia

Dal punto di vista ambientale, il cantiere operativo 3 sarà perciò dotato di deposito oli esausti.

Complessivamente il cantiere operativo 3 occuperà un'area pari a circa 1.900mq.

Come rappresentato nell'immagine seguente il cantiere operativo 3 interessa il vincolo paesaggistico relativo alla fascia fluviale di confluenza tra il fiume Ellero e il fiume Ermena.

Il cantiere è previsto si sviluppi in più fasi:

- FASE 1 di durata circa 3 mesi per l'allestimento del cantiere, realizzazione piste e risoluzione interferenze
- FASE 2 di circa 10-11 mesi in cui vengono realizzate le opere relative al collegamento con la S.P. 5 incluso il viadotto sull'Ellero e la galleria artificiale; in questa fase saranno attivi il cantiere base e cantiere operativo 1
- FASE 3 per la realizzazione della galleria naturale di circa 27 mesi (in questa fase saranno attivi cantiere operativo 1 e 2 e la pista B)
- FASE 4 e 5 per la realizzazione della corpo stradale fino all'imbocco est, pavimentazioni stradali, opere di finitura finali, opere di mitigazione e rimozione cantieri di circa 5 mesi
- FASEI 6,7,8 e 9 di circa 13 mesi per la realizzazione degli interventi di Rione Borgato.

Il periodo più gravoso da un punto di vista delle emissioni in atmosfera risulta quello in cui si sovrappongono le fasi 2 e 3, di durata complessiva di quasi un anno. Ad ogni modo, cautelativamente tutti i cantieri sono stati considerati come fonti emissive sincrone, con emissioni calcolate come di seguito riportato.

Per valutare l'impatto della polverosità/gas esausti di cantiere sono stati considerati i quattro cantieri previsti e le attività in essi presenti. Le fonti di emissione considerate sono:

- Traffico dei mezzi su piste non pavimentate
- Carico/scarico dei terreni
- Attività di movimentazione del terreno (scavo/rinterro)
- Impianto di frantumazione inerti
- Mezzi d'opera e mezzi pesanti

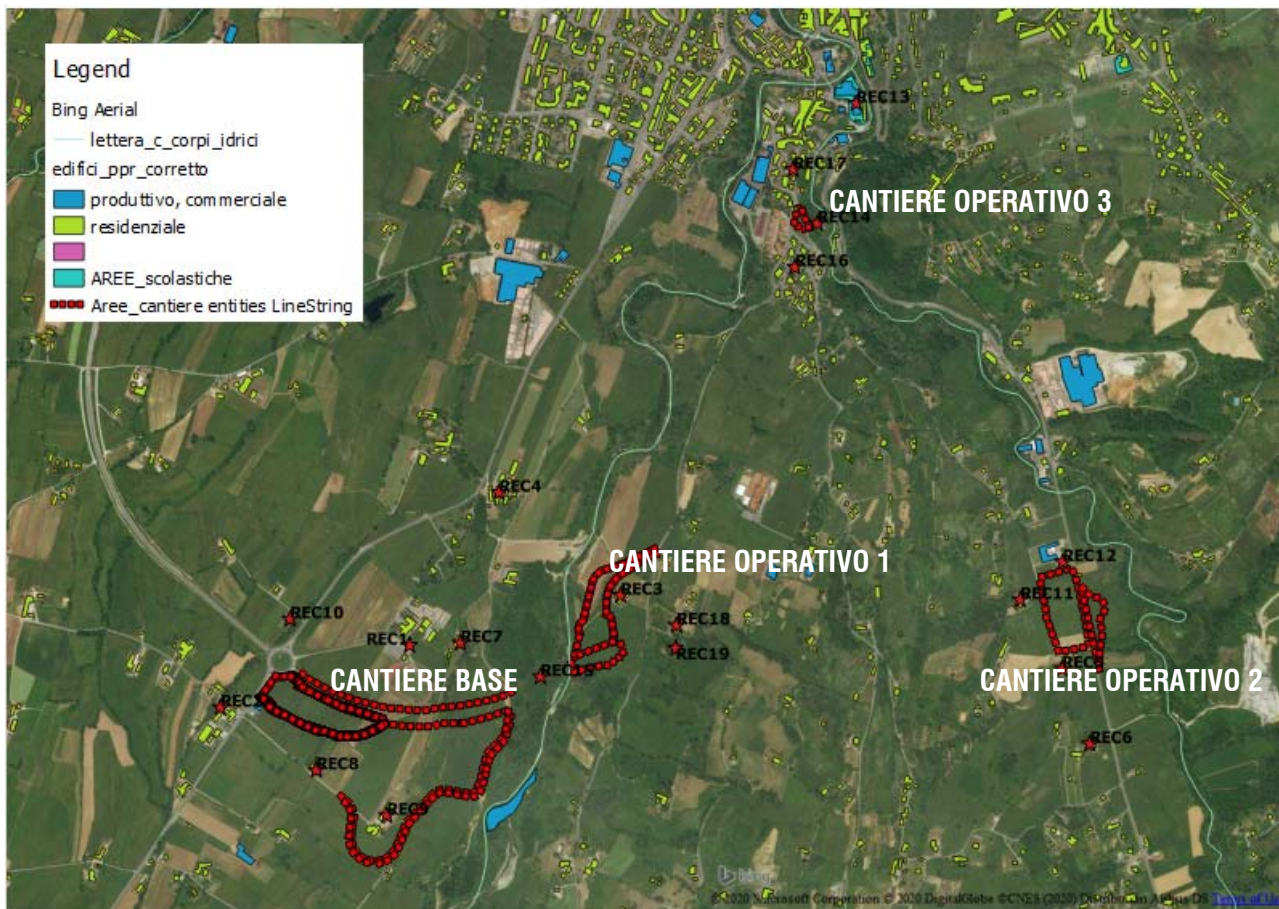


Figura 7.1 – Aree di cantiere

Traffico dei mezzi su piste non pavimentate

L'emissione di particolato per piste non pavimentate viene definita come (AP-42 capitolo 13.2.2 "Heavy construction operations (US EPA, 2011):

$$EM \left[\frac{lb}{VMT} \right] = k \left(\frac{s}{12} \right)^a \left(\frac{W}{3} \right)^b$$

in cui *VMT* rappresenta le miglia percorse, *k*, *a* e *b* sono parametri di letteratura, *W* è il peso medio del veicolo in tonnellate e *s* è il contenuto di limo del terreno. In questo caso è stato considerato *s* pari a 8,1% e il peso dei mezzi pari a 18 tonnellate. Inoltre si è già tenuto conto dell'effetto della bagnatura della strada che consente di mantenere l'umidità pari a circa 2%. L'efficienza del controllo nelle emissioni da traffico su piste non pavimentate dovuta all'umidità è riportata nella seguente figura.

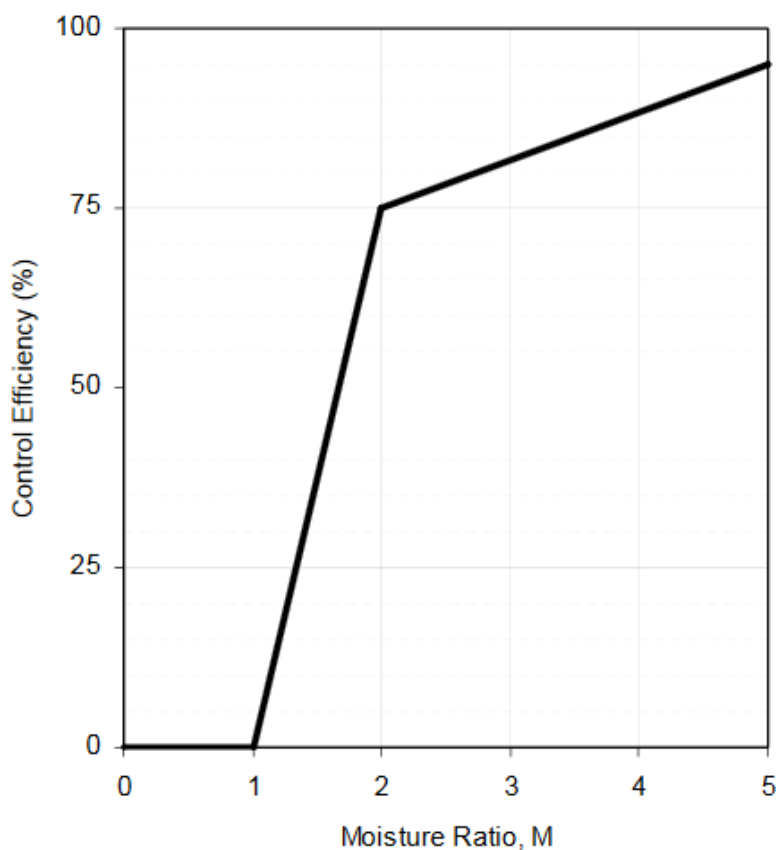


Figura 7.2 – Efficacia del contenuto d'acqua su strade non pavimentate (AP-42 Sezione 13.2.2)

I valori di emissione utilizzati sono di seguito riportati.

	PM 10	PM 2.5
EM [kg/km]	0.166	0.0166

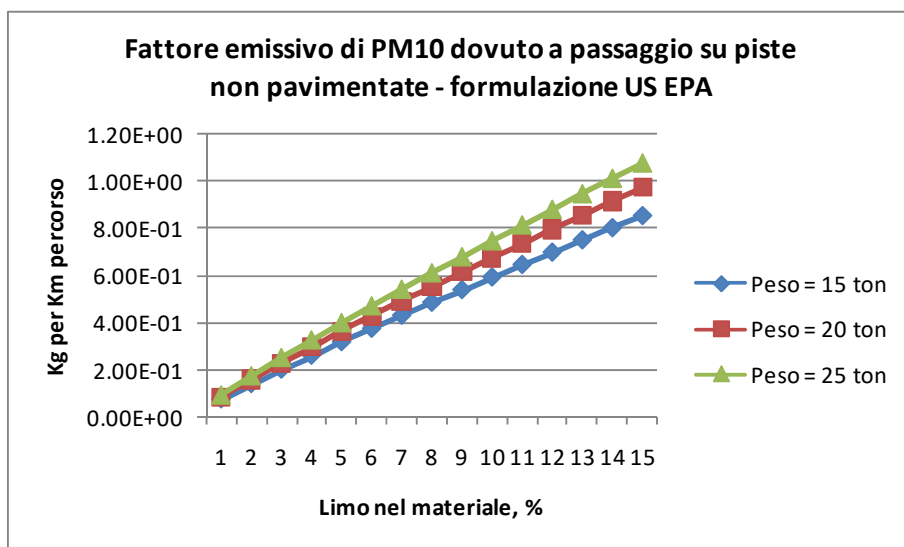


Figura 7.3 - Fattore di emissione di polveri sottili dovuto a passaggio di automezzi e mezzi d'opera su piste non pavimentate, al variare del limo presente nel materiale e del peso del mezzo.

Il numero dei mezzi transitanti è stato calcolato sulla base dei dati ottenuti dei volumi di scavo e dell'approvvigionamento dei materiali, considerando una capacità media per automezzo di 17 mc e un percorso medio per il cantiere base di 350 m e per i restanti cantieri di 250 m.

Il Cantiere base è stato considerato attivo per 370 giorni lavorativi, i Cantieri 1 e 2 per 580 giorni lavorativi e il Cantiere 3 per 260 giorni lavorativi.

	Cantiere Base	Cantiere 1	Cantiere 2	Cantiere 3
TOTALE MATERIALE MOVIMENTATO [m3]	200113.67	210515.25	179372.13	37216.99
MATERIALE PREGIATO [m3]	36370.3	69106.9	71023.2	5786.9
TOTALE MATERIALE PER CALCOLO TRAFFICO SU PISTE NON PAVIMENTATE	236483.9	279622.19	250395.3	43003.8

Carico/scarico dei terreni

L'attività di movimentazione, di compattazione, di carico/scarico su automezzi di materiali inerti o comunque incoerenti determina un'emissione diffusa in atmosfera di particolato, variabile con l'umidità del materiale movimentato e con l'intensità del campo di vento presente in quel momento.

L'US-EPA (ovvero l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense) ha proposto nella pubblicazione "AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors" nella sezione "13.2.4 Heavy Construction Operations", una formula sperimentale per il calcolo del fattore emissivo di PM10 e PM2,5 in atmosfera da operazioni di movimentazione, compattazione e carico/scarico di materiali inerti, a seconda dell'umidità degli stessi.

$$EF_{\text{movimentazione}} = 0,0016 \cdot k \cdot \frac{\left(\frac{V_v}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{U}{2}\right)^{1,4}}$$

Dove EF è il fattore di emissione espresso in Kg per tonnellata di materiale movimentato, k è un fattore moltiplicativo per il tipo di particolato (vale 0,35 per PM10 e 0,05 per PM2,5), Vv è la velocità del vento espressa in metri al secondo, U è la percentuale di umidità del materiale.

Nella figura seguente è visibile la curva che rappresenta il fattore emissivo al variare della percentuale di umidità del materiale stesso e della velocità del vento.

Come prevedibile, al diminuire della velocità del vento, il fattore emissivo cala visibilmente, così come all'aumentare della percentuale di umidità del materiale lavorato.

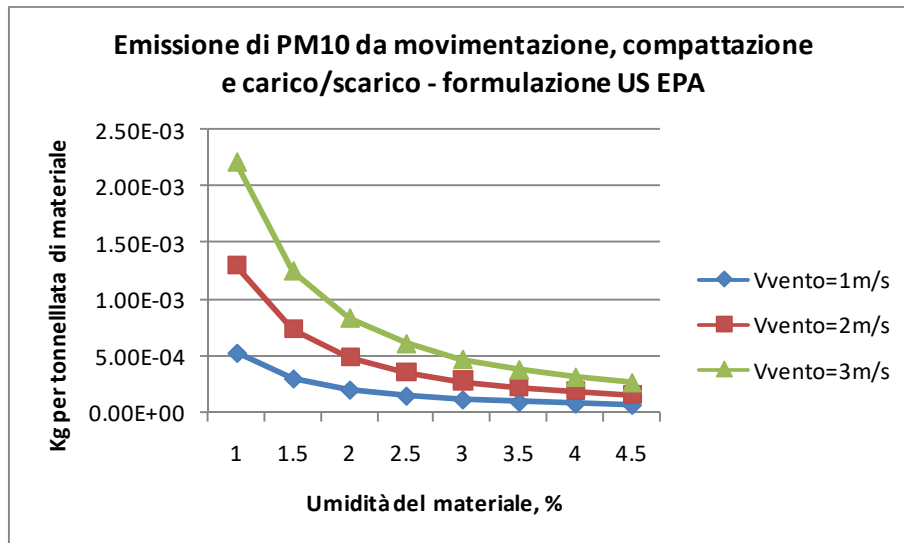


Figura 7.4 - Fattore di emissione di polveri sottili derivanti da attività di movimentazione di materiali sciolti; al variare dell'umidità del materiale e delle velocità del vento.

Assumendo che vengano adottati tutti gli accorgimenti necessari per limitare la diffusione di polveri le emissioni ottenute sono:

	PM 10	PM 2.5
EM [kg/ton]	0.000567	8.58E-05

Per i quantitativi si è fatto riferimento al totale del volume movimentato e ai volumi approvvigionati di strato anticapillare e strato di base.

	Cantiere Base	Cantiere 1	Cantiere 2	Cantiere 3
TOTALE MATERIALE PER CALCOLO CARICO/SCARICO [m3]	219292.16	222909.67	194227.05	42204.02

Attività di movimentazione del terreno (scavo/rinterro)

Per i fattori emissivi di polveri totali causati dall'attività di sistemazione dell'area e scavi/rinterri si utilizzerà il fattore fornito nella Tabella 11.9-4 dell'AP-42 per l'attività di rimozione del suolo superficiale, pari a 0,029 kg/ton.

	PM 10	PM 2.5
EM [kg/ton]	0.005678	0.000795

I quantitativi scavati sono quelli relativi agli scavi a cielo aperto e in galleria.

	Cantiere Base	Cantiere 1	Cantiere 2	Cantiere 3
TOTALE MATERIALE PER CALCOLO SCAVO/RINTERRO [m3]	189686	208723.25	178176.75	35357

Impianto di frantumazione inerti

L'attività di frantumazione, macinazione e comunque di vagliatura e/o riduzione volumetrica di materiale incoerente determina un'emissione diffusa in atmosfera di particolato, differenziata per sotto-attività specifica.

L'US-EPA (ovvero l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense) ha proposto nella pubblicazione "AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors" nella sezione "11.19.2", un fattore emissivo sperimentale per la stima delle emissioni di PM10 e PM2,5 in atmosfera da operazioni di frantumazione, macinazione e riduzione volumetrica, con o senza abbattimento; in tabella seguente sono visibili i fattori emissivi.

Tabella 7-1 Fattori di emissione per PM10 e PM2,5 per ogni singola sotto-operazione di frantumazione, macinazione ecc... (fonte US-EPA). Kilogrammi per tonnellata di materiale movimentato.

	senza abbattimento		con abbattimento	
	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5
<i>estrazione con perforazione</i>	4,00E-05	2,40E-05	0,00E+00	0,00E+00
<i>frantumazione primaria</i>	-	-	-	-
<i>frantumazione secondaria</i>	4,30E-03	2,58E-03	3,70E-04	2,22E-04
<i>frantumazione terziaria</i>	1,20E-03	7,20E-04	2,70E-04	1,62E-04
<i>frantumazione fine</i>	7,50E-03	4,50E-03	6,00E-04	3,60E-04
<i>vagliatura</i>	4,30E-03	2,58E-03	3,70E-04	2,22E-04
<i>vagliatura fine</i>	3,60E-02	2,16E-02	1,10E-03	6,60E-04
<i>nastro trasportatore scarico</i>	5,50E-04	3,30E-04	2,30E-05	1,38E-05
<i>camion/tramoggia</i>	8,00E-06	4,80E-06	0,00E+00	0,00E+00

<i>carico nastro/camion</i>	5,00E-05	3,00E-05		0,00E+0 0	0,00E+0 0
-----------------------------	----------	----------	--	--------------	--------------

I fattori in questo caso considerati sono, nell'ipotesi di adozione di presidi quali la bagnatura:

	PM 10	PM 2.5
EM [kg/ton]	7.63E-04	4.58E-04

Per i volumi è stato considerato il totale del materiale lavorato.

	Cantiere Base	Cantiere 1	Cantiere 2	Cantiere 3
TOTALE MATERIALE PER CALCOLO MATERIALE FRANTUMATO [m3]		47355.75	51665	

Emissione da impianti di betonaggio

L'US-EPA (ovvero l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense) ha proposto nella pubblicazione "AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors" nella sezione "11.12", un fattore emissivo sperimentale per la stima delle emissioni di PM10 e PM2,5 dall'attività di betonaggio del calcestruzzo.

I valori utilizzati in questo studio sono di seguito riportati:

Tabella 7-2 Fattori di emissione per PM10 e PM2,5 per impianti betonaggio [kg/ton]

	senza abbattimento		con abbattimento	
	PM	PM10	PM	PM10
<i>Carico cemento in silos</i>	0,36	0,24	0,00050	0,00017
<i>Scarico cemento in silos</i>	1,57	0,65	0,0045	0,0024
<i>Carico Mixer</i>	0,286	0,078	0,0092	0,0028

I fattori in questo caso considerati sono, nell'ipotesi di adozione di presidi:

	PM 10	PM 2.5
EM [kg/ton]	0,0054	0,00063

I volumi sono stati assunti pari al quantitativo di calcestruzzo impiegato.

	Cantiere Base	Cantiere 1	Cantiere 2	Cantiere 3
TOTALE MATERIALE	15899	55311.31	54603.31	0

PER BETONAGGIO [m3]				
------------------------	--	--	--	--

Emissione da impianti per conglomerati bituminosi

L'US-EPA (ovvero l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense) ha proposto nella pubblicazione "AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors" nella sezione "11.1", un fattore emissivo sperimentale per la stima delle emissioni di PM10 e PM2,5 dall'attività di betonaggio a caldo di asfalti.

I fattori in questo caso considerati sono, nell'ipotesi di adozione di presidi, come filtri a tessuto:

	PM 10	PM 2.5
EM [kg/ton]	0,0049	0,00415

I volumi sono stati assunti pari al quantitativo di strato di base, binder ed usura.

	Cantiere Base	Cantiere 1	Cantiere 2	Cantiere 3
TOTALE MATERIALE PER CONGLOMERATI BITUMINOSI [m3]	5597.96	3779.45	4110.54	1633.04

Emissioni dai mezzi d'opera

L'European Environmental Agency fornisce le emissioni dei mezzi di cantiere (1.A.4 Non road mobile machinery 2019) a seconda dell'anno di produzione ed efficienza del mezzo (Stage) e della potenza installata. Per questo studio si sono considerati mezzi Stage IV, con i seguenti fattori di emissione.

EM [kg/ton]	NOX	PM 10	PM 2.5
Fino a P= 50 kW	3,81	0,025	0,025
Oltre a P= 75 kW	0,4	0,025	0,025

I mezzi d'opera impiegati per ciascun cantiere sono di seguito riassunti:

	Potenza [kW]	Cantiere Base [n°]	Cantiere 1 [n°]	Cantiere 2 [n°]	Cantiere 3 [n°]
Impianto conglomerati	50		1	1	

bituminosi					
Dumper	360	6	6	6	4
Pale	220	2	2	2	1
Escavatori	150	2	2	2	1
Betonaggio calcestruzzo	128	1	1	1	
Impianto frantumazione	179		1	1	

Riepilogo emissioni diffuse in fase di cantiere

Le emissioni legate all'attività di cantiere e sopra descritte sono state simulate come emissioni areali e le ricadute simulate con il modello CALPUFF.

Le emissioni suddivise per cantiere sono riportate nella figura seguente.

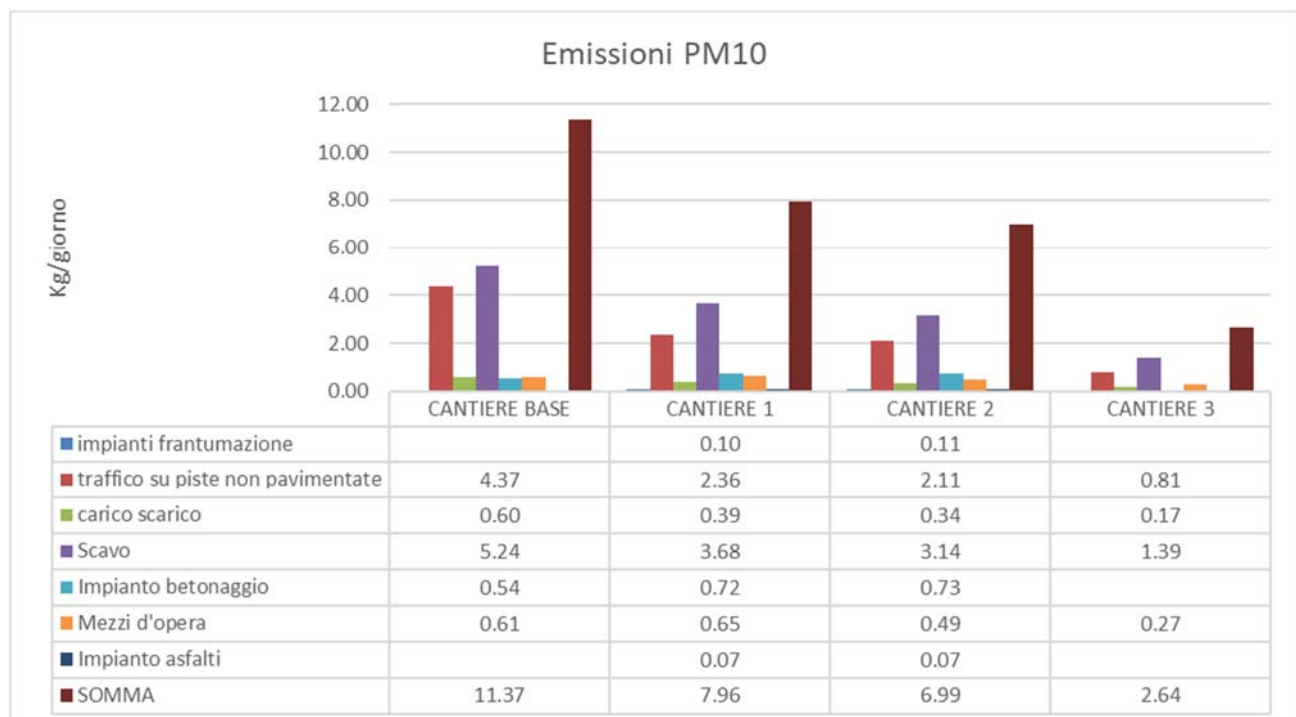


Figura 7.5 – Emissione polveri PM10 da cantieri.

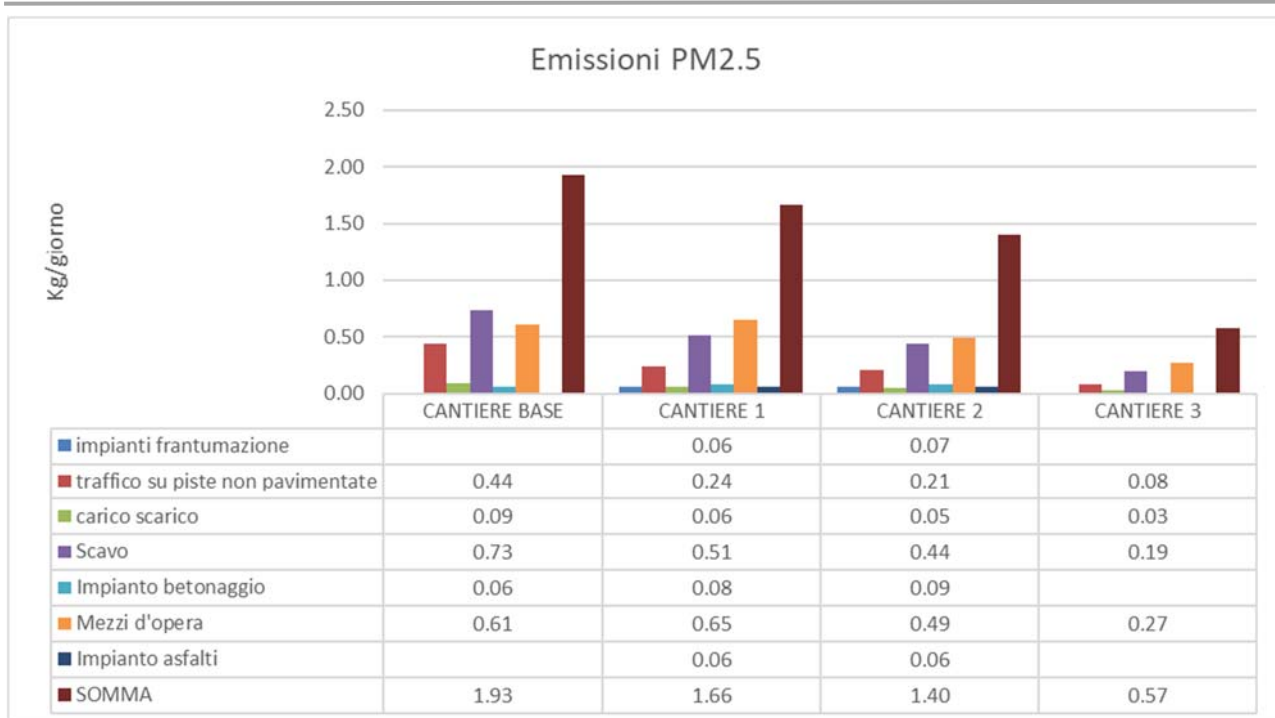


Figura 7.6 – Emissione polveri PM2.5 da cantieri.

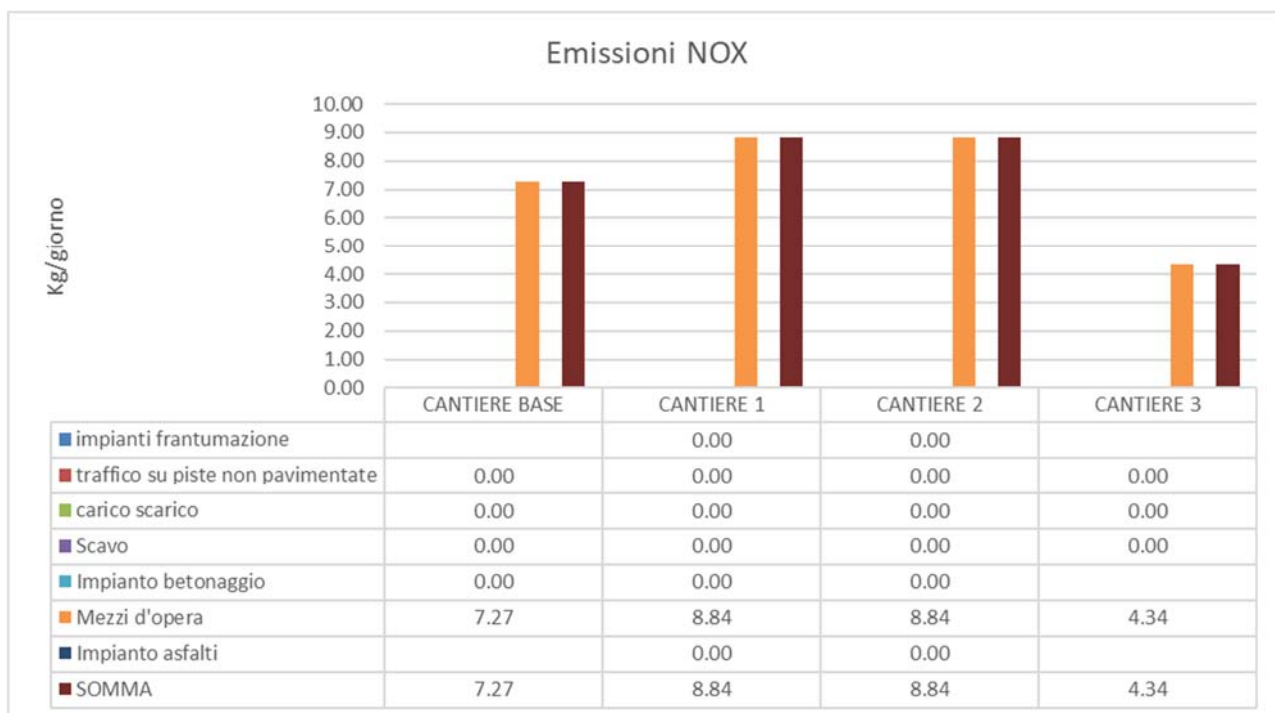


Figura 7.7 – Emissione NOX da cantieri.

7.2 Fase di esercizio

Il processo di combustione nei motori dei veicoli produce delle emissioni sia in termini gassosi (NOx, CO2, CO, benzene) sia in termini di particolato (PM10).

I fattori di emissione sono stati calcolati, per questo studio, con il modello COPERT 5.2, che utilizza gli standard europei.

Copert 5.2 è un software sviluppato come strumento europeo per il calcolo delle emissioni appositamente per il settore del trasporto su strada. Le emissioni calcolate includono diversi tipi di contaminanti tra cui CO, NOX, VOC, PM, ma anche NH3, SO2, etc...

Copert 5.2 è in grado di valutare le emissioni di diversi tipi di veicoli, che utilizzano diverse tecnologie, tenendo conto del carburante utilizzato e della classificazione Europea. Il software offre tre metodologie differenti per la stima delle emissioni da trasporto su strada:

- Tier 1: l'approccio utilizza il combustibile come indicatore di attività, in combinazione con i fattori di emissione medi specifici per ciascun combustibile, secondo la seguente espressione:

$$E_i = \sum_j (\sum_m (FC_{j,m} \times EF_{i,j,m}))$$

In cui E_i è l'emissione di inquinante [g], $FC_{j,m}$ rappresenta il consumo di carburante della categoria di veicolo j che utilizza il combustibile m [kg], $EF_{i,j,m}$ rappresenta il fattore di emissione specifico per combustibile del contaminante i per il veicolo di categoria j e combustibile m . I valori di $FC_{j,m}$ e $EF_{i,j,m}$ sono valori generali e nel caso di FC sono sito specifici (variabili da nazione a nazione europea).

- Tier 2: questo approccio considera il combustibile utilizzato dalle differenti categorie di veicoli e le loro emissioni standard, tenendo conto delle differenti tecnologie utilizzate secondo gli standard europei (Euro 1, Euro 2, etc.)

Vehicle category (j)	Type	Legislation/technology (k)
Passenger cars	Petrol Mini	Euro 4, Euro 5, Euro 6
	Petrol Small, Medium, Large-SUV-Executive	PRE ECE, ECE 15/00-01, ECE 15/02, ECE 15/03, ECE 15/04, Improved Conventional, Open-Loop, Euro 1 - Euro 6 2020+
	Diesel Mini	Euro 4, Euro 5, Euro 6 2020+
	Diesel Small, Medium, Large-SUV-Executive	Conventional, Euro 1 - Euro 6 2020+
	LPG Mini	Euro 4, Euro 5, Euro 6
	LPG Small, Medium, Large-SUV-Executive	Conventional, Euro 1 - Euro 6
	2-stroke	Conventional
	Petrol Hybrids	Euro 4, Euro 5, Euro 6 2020+
	CNG	Euro 4, Euro 5, Euro 6
Light commercial vehicles	Petrol	Conventional, Euro 1 - Euro 6 2021+
	Diesel	Conventional, Euro 1 - Euro 6 2021+
Heavy-duty vehicles	Petrol and Diesel	Conventional, Euro I - Euro VI
Buses	Urban CNG buses	Euro I, Euro II, Euro III, EEV
	Urban buses, Coaches	Conventional, Euro I - Euro VI
	Urban biodiesel buses	Conventional, Euro I - Euro VI
Mopeds	2-stroke < 50 cm ³	Conventional, Euro 1 - Euro 5
	4-stroke < 50 cm	
Motorcycles	2-stroke > 50 cm ³	Conventional, Euro 1 - Euro 5
	4-stroke 50-250 cm ³	Conventional, Euro 1 - Euro 5
	4-stroke 250-750 cm ³	Conventional, Euro 1 - Euro 5
	4-stroke > 750 cm ³	Conventional, Euro 1 - Euro 5
Mini-cars	Diesel	Conventional, Euro 1 - Euro 5
ATVs	Petrol	Conventional, Euro 1 - Euro 5

Figura 7.8- Tipologie di veicoli implementati in Copert 5.2

In questo approccio occorre fornire al software anche il numero e tipologia di veicoli e il chilometraggio annuale per tecnologia. I fattori di emissione e il consumo di carburante in questo caso tengono conto della tecnologia utilizzata (standard Euro 1, Euro 2, etc...).

- Tier 3: in questo approccio le emissioni calcolate tengono conto anche della temperatura del motore e delle emissioni transienti durante le varie operazioni del motore. Infatti le emissioni dipendono fortemente dalle condizioni di utilizzo del motore. Differenti condizioni di guida (urbano, rurale e autostrada) determinano differenti condizioni sul motore e quindi diverse emissioni. Incidono inoltre le condizioni climatiche, la distanza media del viaggio, la velocità media, la pendenza della strada e la percentuale di carico (nel caso di mezzi pesanti)

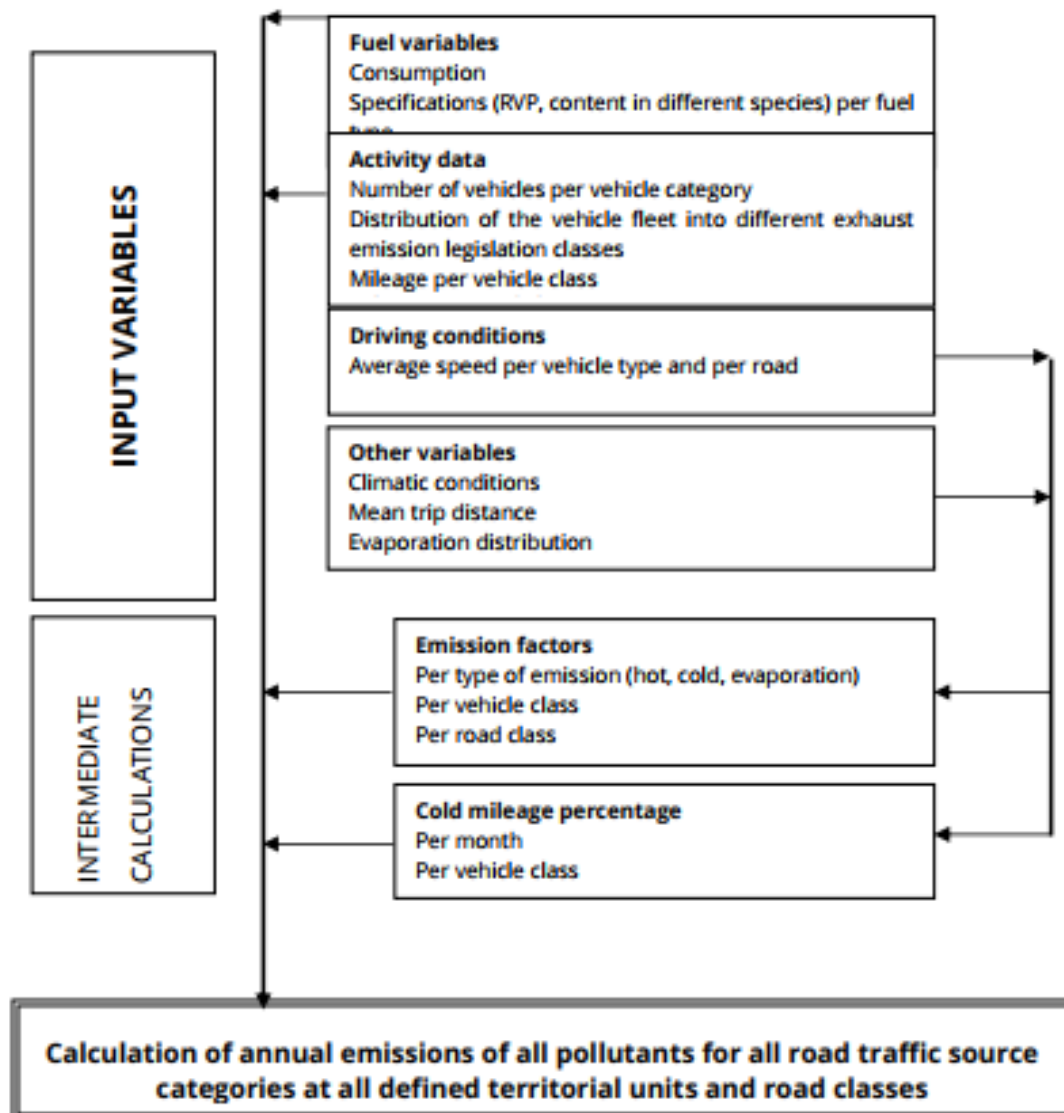


Figura 7.9- Variabili in ingresso per l'approccio Tier 3 in Copert 5.2

Per questo studio, per valutare i fattori di emissione dei mezzi di trasporto è stato utilizzato l'approccio Tier3, mentre per la tipologia di mezzi si sono utilizzati i dati del parco veicolare nella Provincia di Cuneo fornito dall'ACI, aggiornato al 2018.

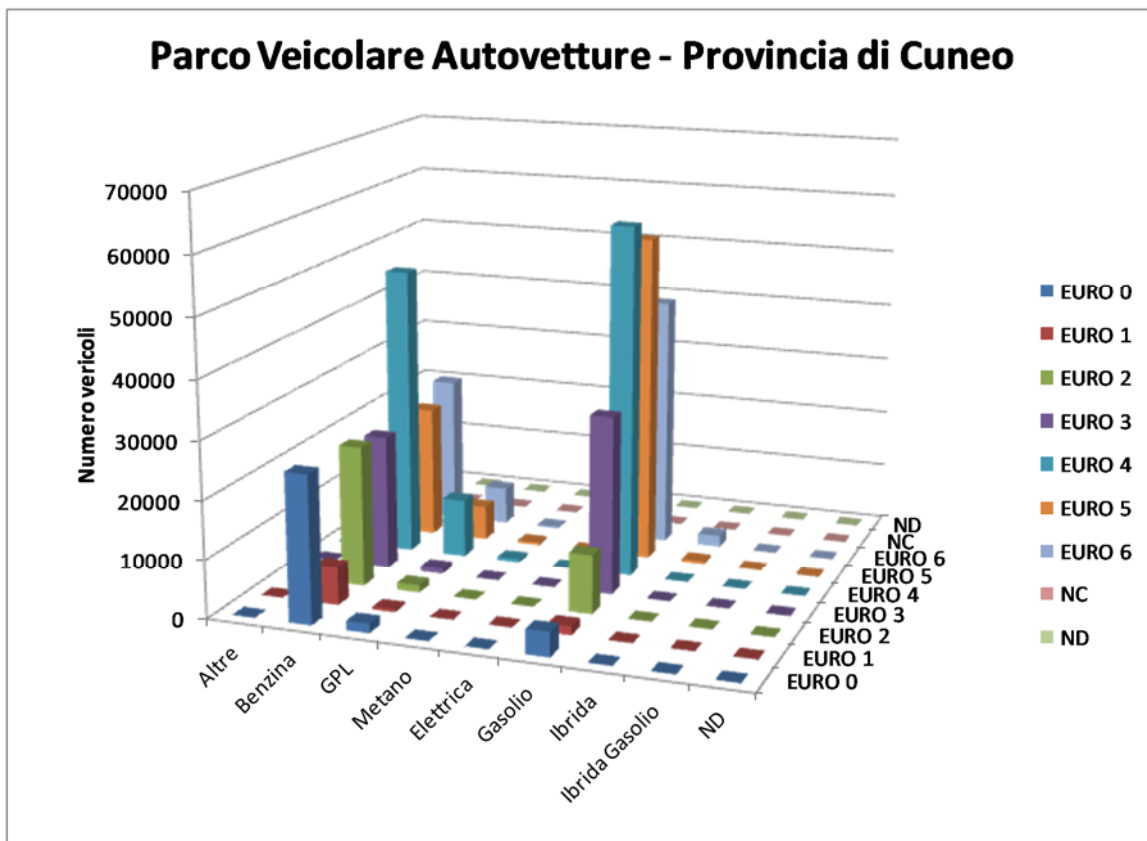


Figura 7.10- Parco veicolare Provincia di Cuneo (ACI 2018) per Autovetture, suddiviso per alimentazione e Norma Euro.

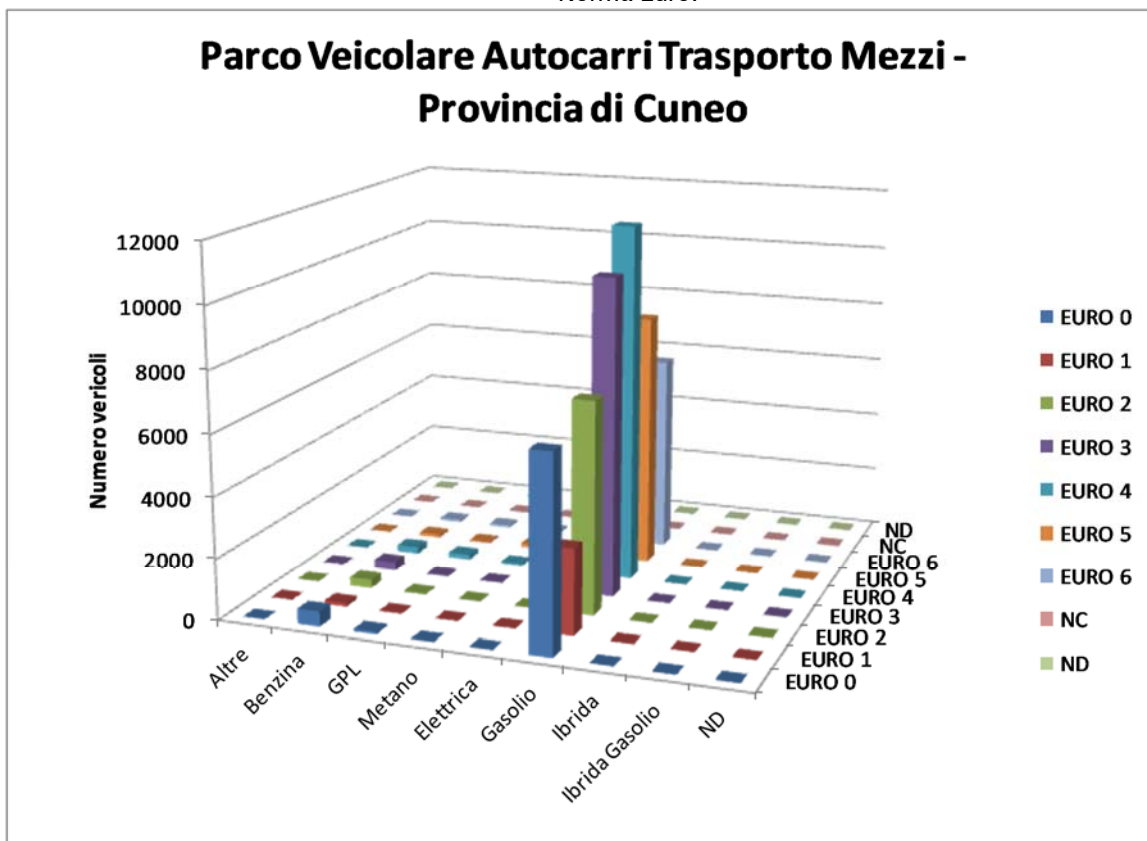


Figura 7.11- Parco veicolare Provincia di Cuneo (ACI 2018) per autocarri, suddiviso per alimentazione e Norma Euro.

Il numero di mezzi circolanti per ogni tratto di interesse è stato dedotto dallo studio del traffico e il fattore emissivo da associare a ciascun tratto è stato valutato anche a seconda della velocità di scorrimento presente. I fattori di emissione sono riepilogati nella tabella sottostante.

Velocità	CO [g/km]	NOX [g/km]	PM TSP [g/km]	PM10 [g/km]	PM2.5 [g/km]	Benzene [g/km]	NO2 [g/km]
30 Km/h	0.56	0.67	0.064	0.049	0.034	0.0051	0.150
50 Km/h	0.43	0.62	0.059	0.044	0.030	0.0035	0.125
80 Km/h	0.41	0.66	0.050	0.036	0.026	0.0027	0.120
90 Km/h	0.46	0.69	0.047	0.034	0.026	0.0028	0.127
100 Km/h	0.54	0.75	0.048	0.034	0.026	0.0031	0.139
110 Km/h	0.68	0.82	0.049	0.036	0.028	0.0036	0.156

L'SO2 non è stato considerato in quanto ormai trascurabile nel parco veicolare attuale.

Nonostante siano intervenuti degli aggiornamenti, sia nel parco veicolare circolante che nei fattori emissivi rispetto al 2018, si ritiene cautelativo comunque utilizzare lo scenario 2018 per le successive considerazioni. Nella Figura seguente si mostra il confronto delle emissioni complessive della rete considerata allo stato di fatto nel caso di utilizzo dei fattori emissivi calcolati con Copert 5.2 e parco veicolare ACI della Provincia di Cuneo 2018 e nel caso di utilizzo dei fattori emissivi calcolati con Copert 5.6.1 e parco veicolare ACI della Provincia di Cuneo 2021. Si osserva come vi sia, con l'aggiornamento dei dati, un netto miglioramento per ossidi di azoto e monossido di carbonio a fronte di una sostanziale stazionarietà nelle polveri. Pertanto si procederà con l'analisi mantenendo come riferimento l'anno 2018.



Figura 7.12- Confronto emissioni per lo stato di fatto calcolato con Parco veicolare Provincia di Cuneo (ACI 2018) e fattori emissivi Copert 5.2 e calcolato con Parco veicolare Provincia di Cuneo (ACI 2021) e fattori emissivi Copert 5.6.1

La distribuzione dei veicoli nell'arco della giornata è stata calcolata a partire dalle misure effettuate per lo studio del traffico in cui emerge come la condizione più critica si presenti nella fascia 7:30-8:30 del martedì.

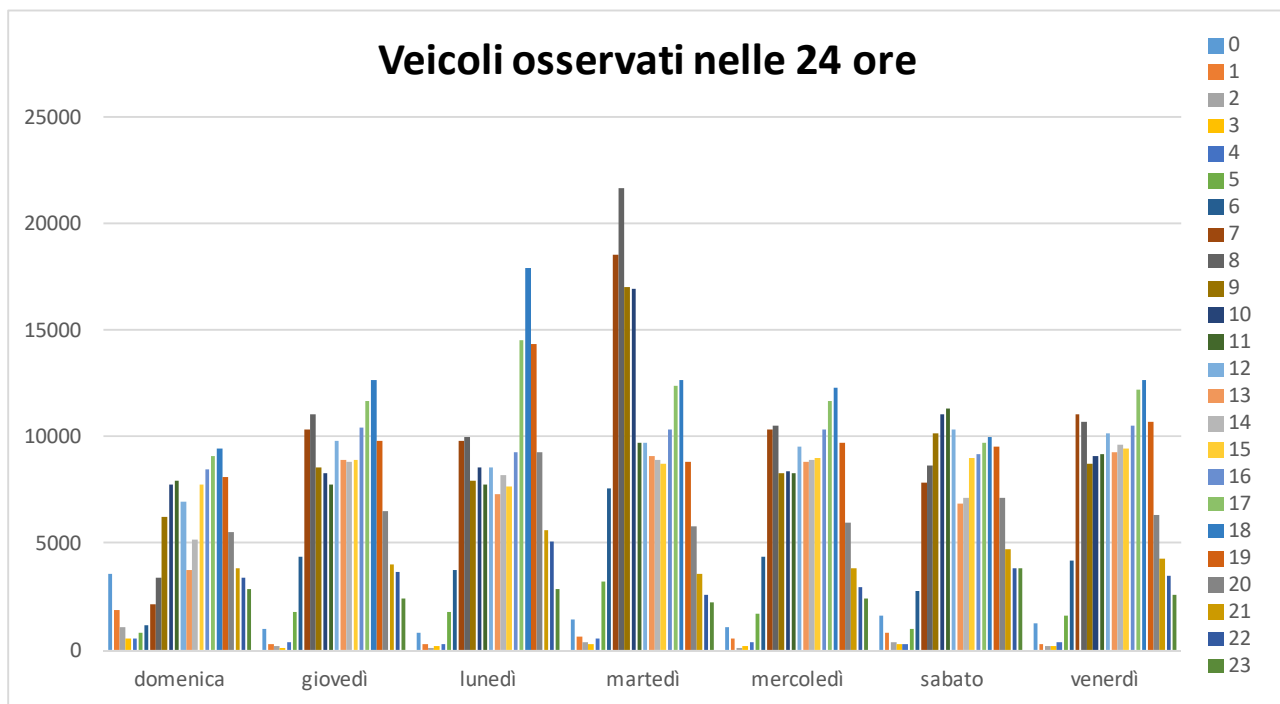


Figura 7.13- Distribuzione oraria del numero di veicoli osservati nei punti di monitoraggio (Dati da Studio del Traffico)

Per la valutazione delle ricadute al suolo i pesi utilizzati (relativi all'ora di picco del mattino) sono mostrati nella figura seguente.

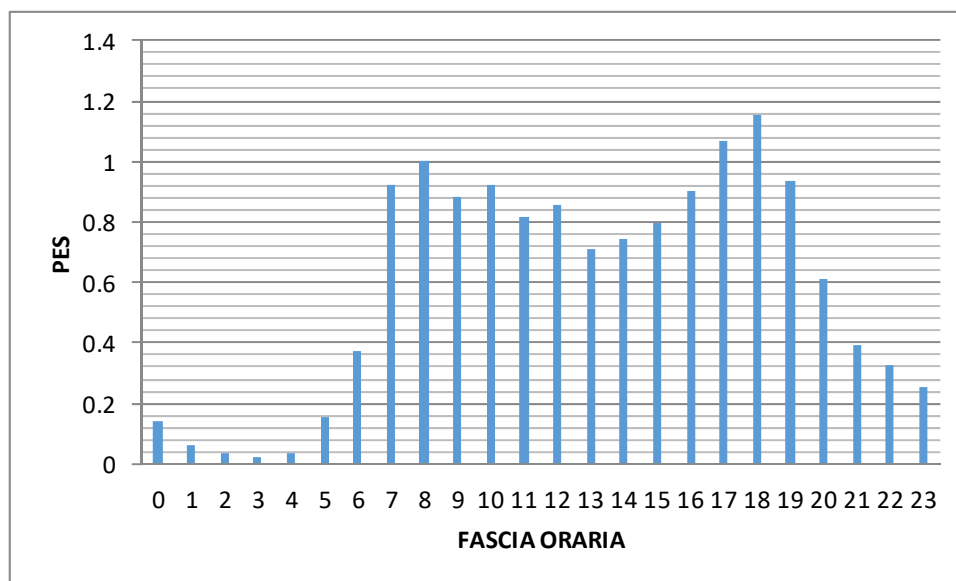


Figura 7.14- Distribuzione dei veicoli nell'arco della giornata, rispetto all'ora di punta del mattino.

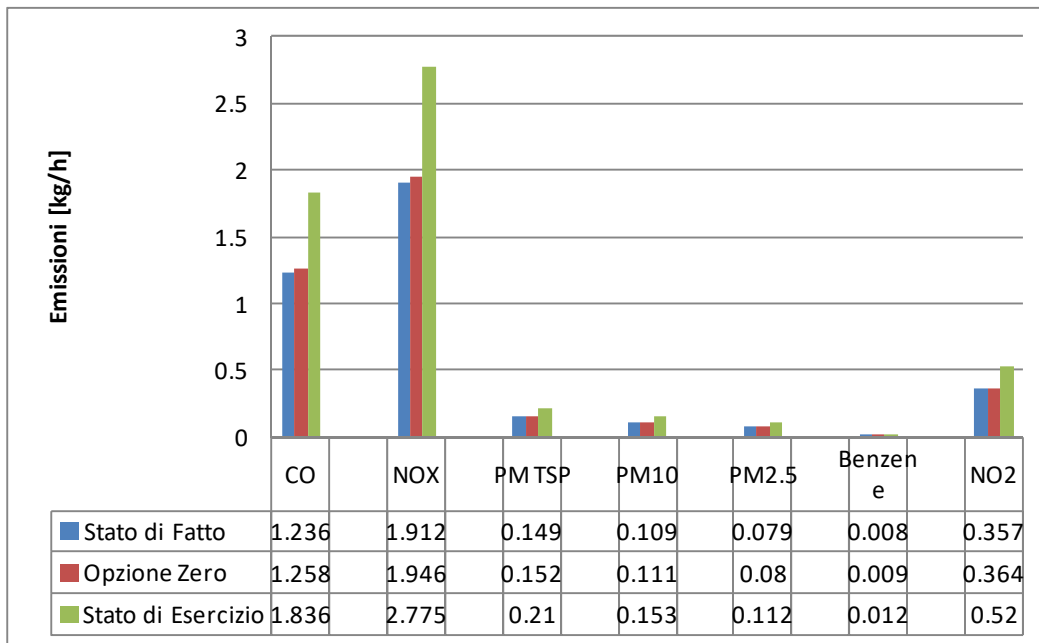


Figura 7.15- Emissioni complessive per le sorgenti considerate

Nello Stato di esercizio, l'emissione complessiva aumenta poiché al grafo stradale attuale si aggiungono le nuove sorgenti rappresentate dalle opere in progetto.

La galleria naturale di per sé non rappresenta una fonte di emissione, però vista la presenza di un sistema di aereazione bidirezionale, sono state considerate due sorgenti di emissione puntuali in corrispondenza di ciascun imbocco. Il calcolo per la richiesta di ricambio d'aria nella galleria è stato effettuato sulla base della metodologia indicata dalle linee guida PIARC (2019):

$$Q = \frac{G_{tun}}{C_{adm} - C_{amb}}$$

In cui Q [m³/s] è la portata di ricambio richiesta, G_{tun} [g/s] per gas e [m²/s] per la visibilità è l'emissione di inquinanti, C_{adm} [g/m³] è la concentrazione ammissibile in galleria, C_{amb} [g/m³] è la concentrazione presente nell'ambiente esterno.

I valori indicati dalla PIARC di concentrazione in galleria per dimensionare la portata di ricambio richiesta sono di seguito indicati.

	CO	NOX	PM10	PM2.5	PM2.5/PM10
Valore di progetto [g/m ³]	0.08 g/m ³	0.0018 g/m ³	0.3 g/m ³	0.001 g/m ³	0.7 g/m ³

Considerando che la galleria è dotata di un sistema di ventilazione bidirezionale in grado di movimentare 24,85 m³/s, si sono considerati i seguenti valori di emissione costanti per entrambi gli imbocchi, per l'ora di punta del mattino:

	CO	NOX	PM10	PM2.5	Benzene	NO2
Emissione [g/km*veic]	0.54	0.75	0.035	0.027	0.0031	0.139
Lunghezza per ciascuna direzione [m]	725	725	725	725	725	725
Veic/h	552	552	552	552	552	552
Gtun [g/s]	0.060	0.083	0.0038	0.0029	0.00034	0.0154
Q [m3/s]	0.75			2.78		8.39

Pertanto si assume un funzionamento continuo pari a 10 m³/s del sistema di ventilazione bidirezionale, che risulta quindi compatibile con la massima portata di progetto (24.85 m³/s) con i seguenti valori di emissione:

	CO	NOX	PM10	PM2.5	Benzene	NO2
Emissione [g/s]	0.059	0.083	0.0039	0.0030	0.00034	0.0154

8 Traffico indotto nella fase di cantiere

Il traffico atteso in fase di cantiere sulla viabilità esistente è stato calcolato sulla base dei volumi di materiale ottenuti dal bilancio terre per ciascun cantiere.

I mezzi in entrata e in uscita dal cantiere base si immettono sulla S.P. 5 "Villanova" per poi proseguire verso sud o verso ovest sulla SS704.

I mezzi in entrata e in uscita dal cantiere operativo 1 si immettono sulla strada Via Vecchia di Frabosa, per poi proseguire verso sud per raggiungere i siti di approvvigionamento o di deposito definitivo.

I mezzi in entrata e uscita dal cantiere operativo 2 e 3 si immettono direttamente sulla SS28 per poi proseguire verso nord o verso sud.

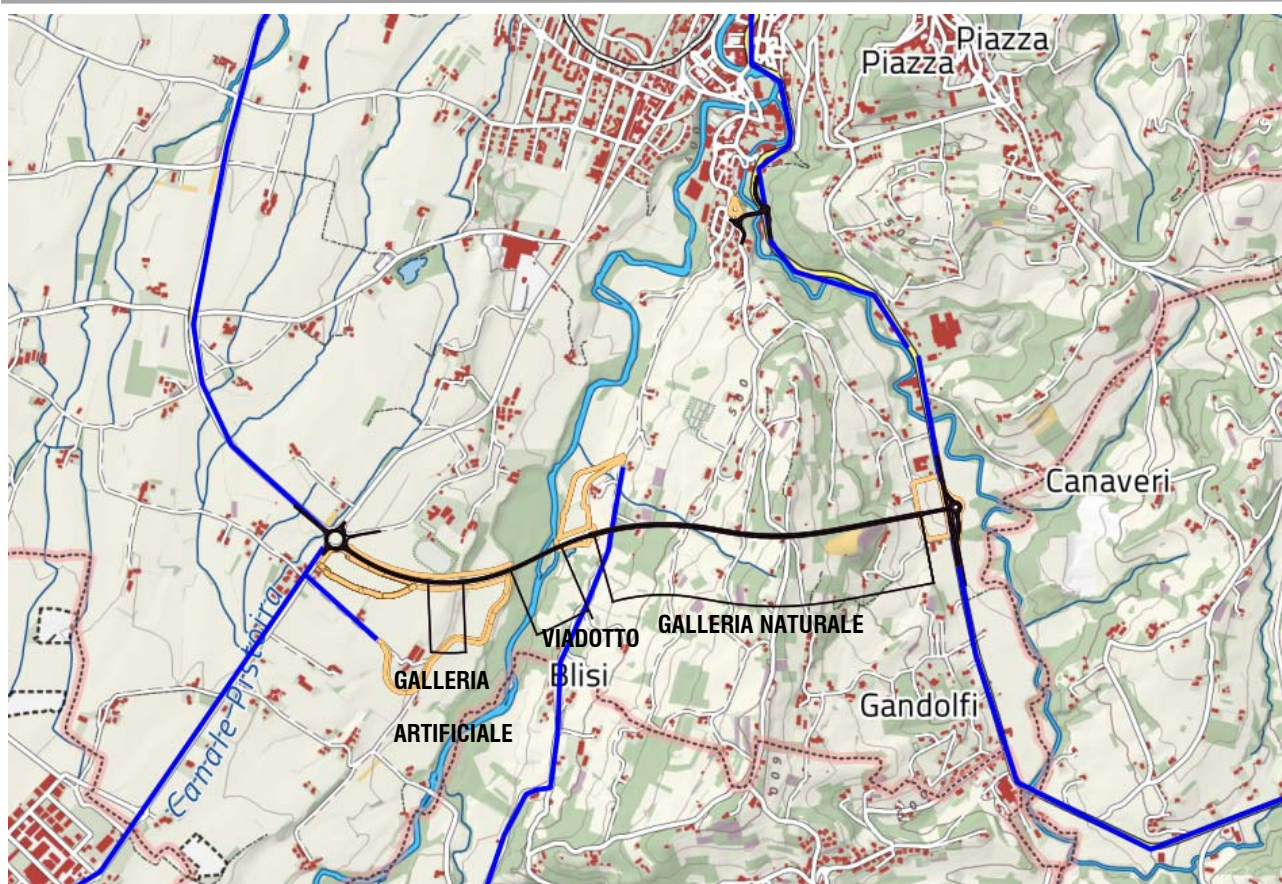


Figura 8.1- In blu i percorsi dei mezzi di cantiere dai/verso i siti di approvvigionamento o deposito definitivo

Emissioni dai mezzi pesanti

I cantieri in progetto saranno interessati dal transito di mezzi pesanti per il trasporto del materiale sia in approvvigionamento che in esubero. I mezzi interesseranno quindi sia la viabilità interna al cantiere (piste di cantiere) che esterna esistente.

I fattori di emissione sono stati calcolati, per questo studio, con il modello COPERT 5.2, che utilizza gli standard europei. In particolare è stato utilizzato l'approccio Tier3, mentre per la tipologia di mezzi si sono utilizzati i dati del parco veicolare nella Provincia di Cuneo fornito dall'ACI, aggiornato al 2018.

I fattori di emissione utilizzati per i mezzi attratti/generati dal cantiere, sono riepilogati nella tabella sottostante e sono stati calcolati ipotizzando una velocità di percorrenza di 30 Km/h e una capacità di 26-28 ton.

Velocità	NOX [g/km]	PM TSP [g/km]	PM10 [g/km]	PM2.5 [g/km]
30 Km/h	7,60	0,36	0,30	0,24

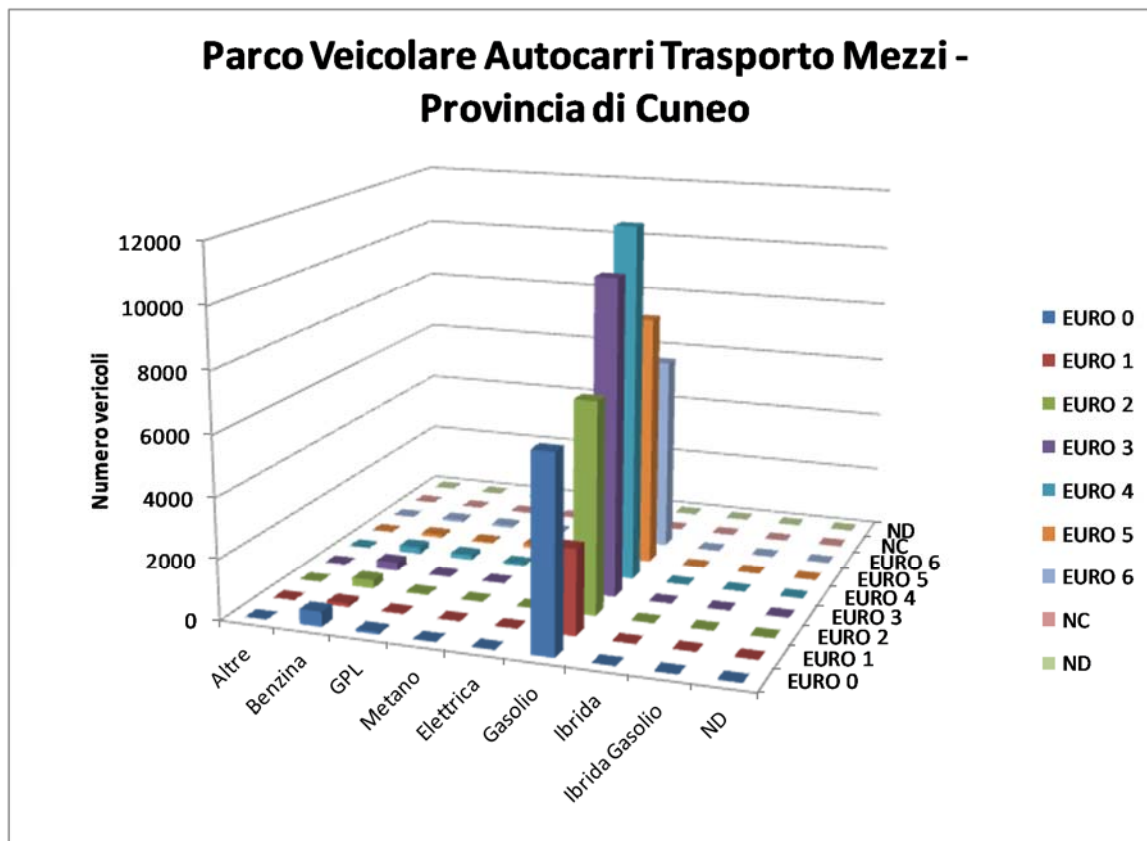


Figura 8.2- Parco veicolare Provincia di Cuneo (ACI 2018) per autocarri, suddiviso per alimentazione e Norma Euro.

Il numero di mezzi circolanti in ciascun cantiere è stato ricavato dal bilancio terre. Cautelativamente si è assunto per tutti i cantieri il dato più conservativo associato alla fase di scavo della galleria (TGM 60 veicoli/giorno) distribuiti uniformemente sulle 8 ore lavorative.

Il materiale da movimentare è circa pari a 600.000 m³ e che la capienza di ogni mezzo è di circa 17 m³. Considerando anche che la maggior parte del materiale (400.000 m³ circa) verrà movimentato dai cantieri operativi 1 e 2 nella fase di scavo della galleria naturale in 570 giorni (400 giorni lavorativi) considerando anche la realizzazione degli imbocchi, si ottiene per ciascun cantiere un TGM pari a 60 veicoli giorno. Tale traffico risulta poco significativo se confrontato con il traffico totale che interessa la viabilità di interesse allo stato attuale:

Stato di fatto 2019

Nome	TGM*		
	Leggeri	Pesanti	Totale
SS 28 (1)	8397	208	8605
SS 28 (2)	8397	208	8605
SS 704	5941	405	6347
SP 5	7867	164	8031
Tangenziale in progetto	-	-	-
Ponte Rione Borgato	-	-	-

Per la valutazione dell'impatto del traffico attratto generato in fase di cantiere nei recettori più esposti è stato utilizzato il modello CAL3qhcrug, sviluppato dal California Department of Transportation, che simula la dispersione degli inquinanti vicino ad autostrade o arterie stradali ed è basato sull'equazione Gaussiana di diffusione. Il modello quindi effettua simulazioni a micro-scala, per valutare le ricadute sui recettori in prossimità del tratto stradale, utilizzando i dati meteo effettivi della zona.

I dati meteo locali sono stati estrapolati dal modello CALMET messo a punto (e descritto nel paragrafo successivo, a cui si rimanda per considerazioni di dettaglio) per l'anno 2018 per una zona baricentrica del dominio analizzato.

Nella Figura seguente sono riportate le piste di cantiere e la viabilità esterna interessata dal cantiere in oggetto.



Figura 8.3- Piste di cantiere e viabilità esterna interessata.

Per valutare l'impatto del traffico indotto dal cantiere si sono quindi confrontati due scenari:

- Stato di fatto (SDF) con i dati desunti dallo studio del traffico per il 2019
- Fase di cantiere (CO), in cui al traffico dello SDF si aggiungono i mezzi pesanti del cantiere in oggetto

Gli input del modello CAL3qhcrug sono riepilogati nella tabella seguente. Per la distribuzione giornaliera si sono adottati i medesimi pesi indicati al Capitolo precedente.

ID	Coordinate Inizio	Coordinate Fine	SDF [veic/h] ora di	CO [veic/h] ora di	Velocità [m/s]	PM2.5 [g/veic*miglio]	PM10 [g/veic*miglio]	NO2 [g/veic*miglio]

			punta	punta				
1	404957;4914099	404894;4913948	236	240	80	0.04	0.06	0.19
2	404894;4913948	404511;4913780	236	240	80	0.04	0.06	0.19
3	404511;4913780	404332;4913554	236	240	80	0.04	0.06	0.19
4	404332;4913554	404280;4913484	236	240	80	0.04	0.06	0.19
5	404286;4913481	404336;4913551	393	397	80	0.04	0.06	0.19
6	404336;4913551	404516;4913772	393	397	80	0.04	0.06	0.19
7	404516;4913772	404901;4913942	393	397	80	0.04	0.06	0.19
8	404901;4913942	404961;4914097	393	397	80	0.04	0.06	0.19
9	404510;4913470	404297;4913431	12	16	40	0.05	0.08	0.24
10	404298;4913426	404510;4913466	51	55	40	0.05	0.08	0.24
11	404359;4913316	404298;4913374	0	4	30	0.39	0.49	1.47
12	404359;4913316	404440;4913274	0	4	30	0.39	0.49	1.47
13	404440;4913274	404627;4913219	0	4	30	0.39	0.49	1.47
14	404627;4913219	404737;4913209	0	4	30	0.39	0.49	1.47
15	404989;4913244	404874;4912991	0	4	30	0.39	0.49	1.47
16	404874;4912991	404744;4912988	0	4	30	0.39	0.49	1.47
17	404744;4912988	404537;4912768	0	4	30	0.39	0.49	1.47
18	404537;4912768	404435;4912976	0	4	30	0.39	0.49	1.47
19	404435;4912976	404116;4913241	0	4	30	0.39	0.49	1.47
20	404293;4913371	404355;4913312	0	4	30	0.39	0.49	1.47
21	404355;4913312	404437;4913269	0	4	30	0.39	0.49	1.47
22	404437;4913269	404626;4913212	0	4	30	0.39	0.49	1.47
23	404626;4913212	404736;4913202	0	4	30	0.39	0.49	1.47
24	404881;4912986	404999;4913243	0	4	30	0.39	0.49	1.47
25	404746;4912980	404881;4912986	0	4	30	0.39	0.49	1.47
26	404536;4912755	404746;4912980	0	4	30	0.39	0.49	1.47
27	404536;4912755	404430;4912971	0	4	30	0.39	0.49	1.47
28	404112;4913240	404430;4912971	0	4	30	0.39	0.49	1.47
29	404116;4913241	404201;4913360	715	719	80	0.04	0.06	0.19
30	404112;4913240	404197;4913362	390	394	80	0.04	0.06	0.19
31	404030;4913601	404185;4913466	181	185	95	0.04	0.06	0.21

32	404188;4913470	404033;4913605	310	314	95	0.04	0.06	0.21
33	404280;4913484	404242;4913457	236	240	40	0.05	0.08	0.24
34	404185;4913466	404208;4913433	181	185	40	0.05	0.08	0.24
35	404201;4913360	404226;4913378	715	719	40	0.05	0.08	0.24
36	404298;4913374	404285;4913408	0	4	30	0.39	0.08	1.47
37	404297;4913431	404282;4913436	12	16	40	0.05	0.08	0.24
38	404274;4913448	404286;4913481	393	397	40	0.05	0.08	0.24
39	404225;4913452	404188;4913470	310	314	40	0.05	0.08	0.24
40	404209;4913399	404197;4913362	390	394	40	0.05	0.08	0.24
41	404265;4913378	404293;4913371	0	4	30	0.39	0.08	1.47
42	404286;4913418	404298;4913426	51	55	40	0.05	0.08	0.24
43	404274;4913448	404242;4913457	307	311	40	0.05	0.08	0.24
44	404242;4913457	404225;4913452	542	546	40	0.05	0.08	0.24
45	404225;4913452	404208;4913433	233	237	40	0.05	0.08	0.24
46	404208;4913433	404209;4913399	413	417	40	0.05	0.08	0.24
47	404209;4913399	404226;4913378	24	28	40	0.05	0.08	0.24
48	404226;4913378	404265;4913378	739	743	40	0.05	0.08	0.24
49	404265;4913378	404285;4913408	739	743	40	0.05	0.08	0.24
50	404285;4913408	404286;4913418	739	743	40	0.05	0.08	0.24
51	404286;4913418	404282;4913436	687	691	40	0.05	0.08	0.24
52	404282;4913436	404274;4913448	700	704	40	0.05	0.08	0.24
53	405300;4913465	405311;4913667	0	4	30	0.39	0.49	1.47
54	405311;4913667	405485;4913764	0	4	30	0.39	0.49	1.47
55	405489;4913772	405303;4913669	0	4	30	0.39	0.49	1.47
56	405303;4913669	405293;4913465	0	4	30	0.39	0.49	1.47
57	405485;4913764	405413;4913364	53	57	40	0.05	0.08	0.24
58	405489;4913772	405419;4913364	5	9	30	0.05	0.08	0.24
59	406772;4913403	406881;4913420	0	4	30	0.39	0.49	1.47
60	406772;4913403	406701;4913689	0	4	30	0.39	0.49	1.47
61	406880;4913427	406776;4913410	0	4	30	0.39	0.49	1.47
62	406776;4913410	406704;4913691	0	4	30	0.39	0.49	1.47
63	406799;4913848	406978;4912976	209	213	90	0.04	0.06	0.21
64	406981;4912976	406805;4913848	415	419	90	0.04	0.06	0.21

65	405926;4914809	405862;4914643	53	57	40	0.05	0.08	0.24
66	405869;4914642	405932;4914806	5	9	40	0.05	0.08	0.24
67	405976;4914793	405991;4914643	0	4	30	0.39	0.49	1.47
68	405971;4914794	405986;4914642	0	4	30	0.39	0.49	1.47

I recettori considerati sono i medesimi descritti nel Cap. 6.

I risultati della simulazione dello Stato di Fatto risultano comparabili con quelli ottenuti con il modello CALPUFF e mostrati nel Cap. 9, al netto di piccole variazioni dovute all'approccio metodologico differente.

Dalle analisi risulta un contributo del traffico indotto da cantiere (Δ) del tutto trascurabile, anche tenendo conto del valore di fondo. Si riportano i risultati per i recettori più prossimi ai cantieri:

PM2.5 Media annua	SDF $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	% VL del NO_2	VALORE DI FONDO [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	VL (Valore limite) $\mu\text{g}/\text{m}^3$
R3	0.017	0.026	0.009	0.03%	17	25
R8	0.033	0.054	0.021	0.08%	17	25
R9	0.016	0.025	0.010	0.04%	17	25
R11	0.044	0.049	0.005	0.02%	17	25
R16	0.010	0.015	0.005	0.02%	17	25

PM10 Media annua	SDF $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	% VL del NO_2	VALORE DI FONDO [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	VL (Valore limite) $\mu\text{g}/\text{m}^3$
R3	0.026	0.038	0.011	0.03%	22.4	40
R8	0.050	0.076	0.026	0.06%	22.4	40
R9	0.024	0.036	0.012	0.03%	22.4	40
R11	0.066	0.072	0.006	0.02%	22.4	40
R16	0.015	0.021	0.007	0.02%	22.4	40

NO2 Media annua	SDF $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	% VL del NO_2	VALORE DI FONDO [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	VL (Valore limite) $\mu\text{g}/\text{m}^3$
R3	0.083	0.116	0.034	0.08%	9.78	40
R8	0.159	0.236	0.078	0.19%	9.78	40
R9	0.076	0.113	0.037	0.09%	9.78	40

R11	0.229	0.248	0.019	0.05%	9.78	40
R16	0.046	0.066	0.020	0.05%	9.78	40

9 Modello di dispersione

L'emissione di inquinanti o di composti odorigeni ha luogo, normalmente, nei pressi della superficie terrestre ed interessa una porzione relativamente limitata di atmosfera. Lo studio delle caratteristiche fisiche di tale strato (indicato come Planetary Boundary Layer, PBL) normalmente non rientra negli interessi della Meteorologia Generale e costituisce attualmente una disciplina autonoma denominata Micrometeorologia.

La difficoltà insita nello studio del PBL deriva dal fatto che l'elemento che sovrintende al suo comportamento dinamico è la turbolenza dell'aria, concetto molto sfuggente, ma essenziale per comprendere perché e come gli inquinanti si diffondano nell'aria e perché la loro distribuzione spaziale e temporale sia tanto bizzarra e per certi versi imprevedibile. L'equazione di riferimento è quella denominata come equazione euleriana semiempirica della dispersione in atmosfera:

$$\frac{\partial \bar{c}_i}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 \left(\bar{u}_j \cdot \frac{\partial \bar{c}_i}{\partial x_j} \right) = \sum_{j=1}^3 \left\{ \frac{\partial}{\partial x_j} \cdot \left[K_{jj} \cdot \frac{\partial \bar{c}_i}{\partial x_j} \right] \right\} + \bar{S}_c + R_i(\bar{c}_1, \dots, \bar{c}_N)$$

Dove \bar{c}_i è la concentrazione media dell'inquinante *i*-simo, \bar{u}_j è la velocità media del vento nelle 3 direzioni, K_{jj} è il tensore che rappresenta la diffusività atmosferica, \bar{S}_c rappresenta il tasso di produzione (sorgente) o di decadimento, R_i rappresenta i termini di reazione chimica dell'inquinante *i*-simo.

Se gli inquinati di interesse sono N, si avranno N equazioni del tipo sopra. Questa equazione costituisce il punto di riferimento della teoria della dispersione degli inquinanti in aria. Tale equazione differenziale alle derivate parziali è irrisolvibile in maniera analitica se non facendo ipotesi e semplificazioni.

Una evoluzione dei modelli numerico-matematici utilizzati per la descrizione dei fenomeni appena descritti sono i modelli lagrangiani a *puff*.

Le ipotesi della trattazione matematica lagrangiana sono le seguenti:

- Il mezzo materiale di attraversamento (nel nostro caso l'aria) è supposto un insieme di particelle discreto tra loro indipendenti
- Il moto di ciascuna particella è legata al moto totale del fluido (trattazione stocastica a causa della turbolenza dell'atmosfera)
- Una sorgente S_0 emette un numero finito di particelle (*n*) ognuna delle quali è dotata di precise caratteristiche fisiche.

Un modello lagrangiano a puff, a sua volta, segue e studia il cammino di ciascun puff emesso dalle varie sorgenti attive nel dominio di calcolo.

I puff emessi da ogni sorgente si muovono nel tempo sul territorio: il centro del puff viene trasportato dal campo di vento tridimensionale mentre la diffusione causata dalla turbolenza atmosferica provoca l'allargamento del puff ed è descritta dalle funzioni di dispersione. Nella figura seguente è esplicitato graficamente quanto detto prima.

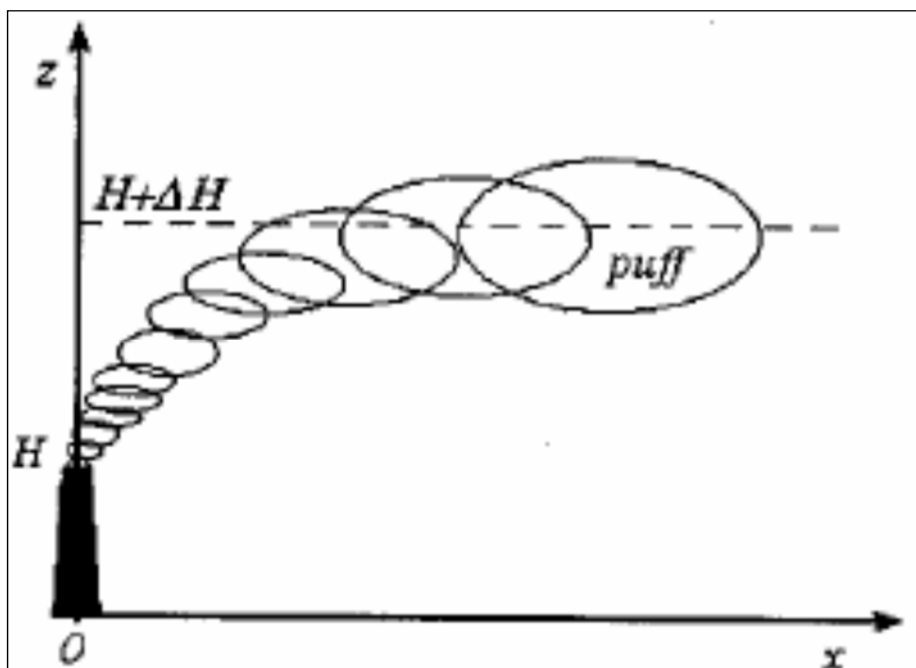


Figura 9.1- Evoluzione del puff a seconda del campo meteorologico tridimensionale

Lo spostamento di ogni puff è calcolato ad ogni intervallo di tempo muovendo il suo centro di massa in accordo con il vento presente in quel punto ed in quell'istante. Come è evidente, per poter fare tali elaborazioni è indispensabile disporre di un campo tridimensionale del vento calcolato da un modello diagnostico (CALMET, modello meteorologico diagnostico a divergenza nulla).

Dal momento che tale campo di vento 3D è disponibile, il cambiamento di posizione (x, y, z) del centro di massa (per ogni step Δt) di ogni singolo puff è dato da:

$$\begin{cases} x(t + \Delta t) = x(t) + \int_t^{t+\Delta t} \bar{u}(t'; x(t'), y(t'), z(t')) \cdot dt' \\ y(t + \Delta t) = y(t) + \int_t^{t+\Delta t} \bar{v}(t'; x(t'), y(t'), z(t')) \cdot dt' \\ z(t + \Delta t) = z(t) + \int_t^{t+\Delta t} \bar{w}(t'; x(t'), y(t'), z(t')) \cdot dt' \end{cases}$$

Con u , v e w componenti, orizzontali e verticali del campo vettoriale di vento.

Il modello lagrangiano scelto per questo tipo di analisi è *CALPUFF* sviluppato da Earth Tech Inc. e inizialmente sponsorizzato dal *California Air Resource Board (CARB)*.

Il modello è associato a un modello diagnostico per la ricostruzione di campi di vento su aree ad orografia complessa (*CALMET*, vedi paragrafo precedente) e ad un postprocessore (*CALPOST*) per la analisi dei dati calcolati, oltre che a numerosi programmi di supporto utilizzabili soprattutto per dati di provenienza americana, sia di tipo meteorologico che geofisico.

CALPUFF può simulare l'evoluzione spazio temporale di emissioni di varia natura (areali, puntiformi e volumetriche) anche variabili nel tempo simulando fenomeni di rimozione (sia secca che umida) e semplici interazioni chimiche. *CALPUFF* può utilizzare come input i campi meteorologici variabili prodotti dal modello *CALMET* o utilizzare dati provenienti da una stazione al suolo (come i più semplici modelli gaussiani). Nel nostro caso i dati di input sono i campi meteo generati da *CALMET* così come descritto nella Caratterizzazione Ambientale. Nel nostro caso il dominio di calcolo utilizzato è perfettamente sovrapponibile al reticolo di calcolo meteorologico definito e descritto nella Caratterizzazione Ambientale.

Gli algoritmi inseriti nel modello consentono di trattare sia effetti vicini alla sorgente, quali downwash degli edifici, transitional plume rise, penetrazione parziale del plume rise in inversioni in quota, sia effetti di lungo raggio quali deposizione secca e umida, trasformazioni chimiche, presenza di vertical wind shear, overwater and coastal transport. *CALPUFF* utilizza diverse possibili formulazioni per il calcolo dei coefficienti di dispersione e per il calcolo del plume rise.

Il modello calcola le concentrazioni orarie delle specie di inquinanti simulate e i flussi di deposizione secca e umida.

CALPUFF applica un'equazione specifica per il calcolo dell'innalzamento del plume imponendo una velocità minima di 0.5 m/s. La deposizione umida non è stata attivata.

Per l'applicazione al caso di studio il modello a grande scala è stato infittito su una griglia con le seguenti caratteristiche:

Origine (WGS 84 UTM 32N): 402.936; 4912.545 Km

$\Delta x = \Delta y = 50$ m

$N_x = N_y = 100$

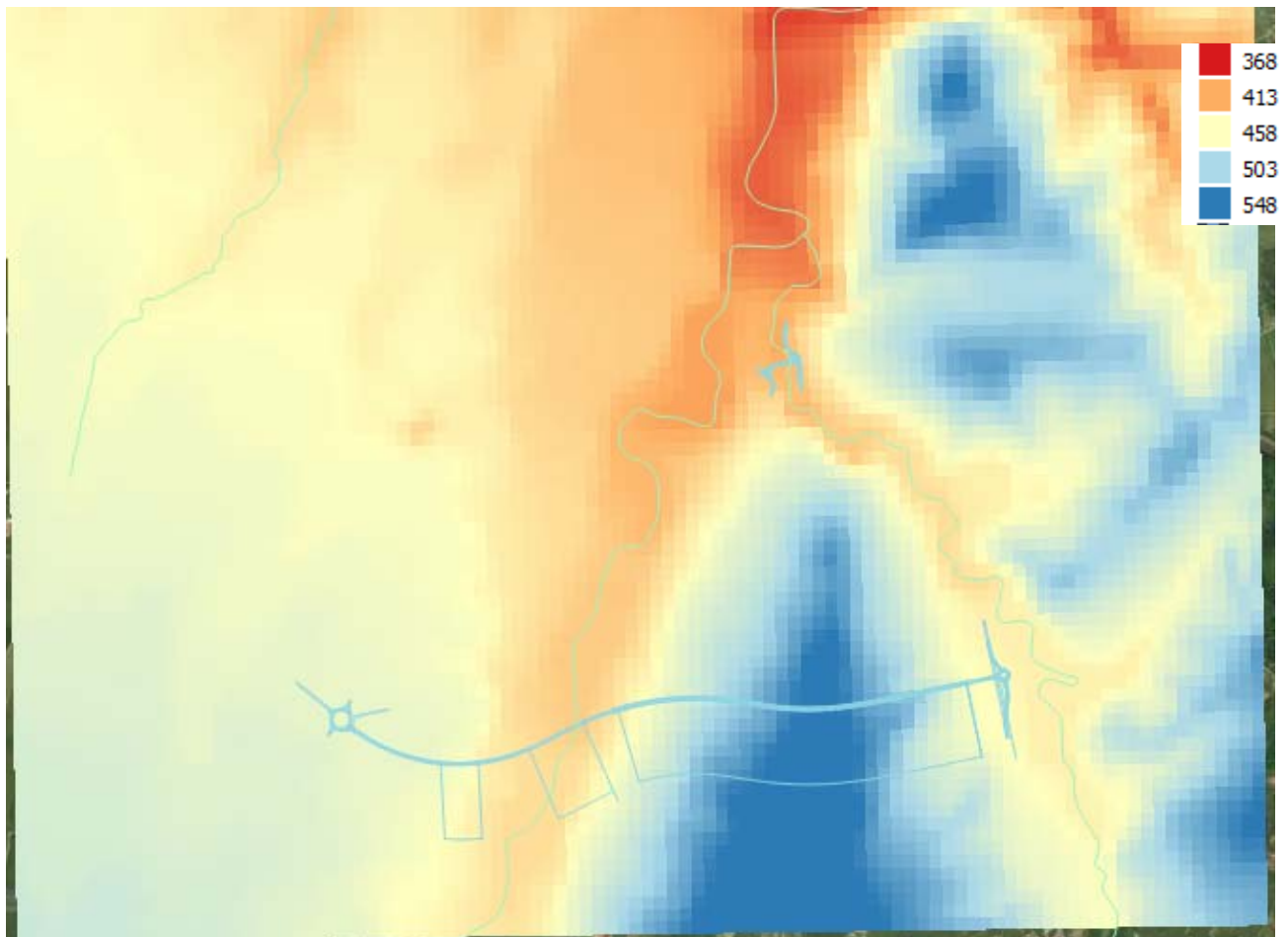


Figura 9.2- Griglia di calcolo infittita nell'area di interesse per la valutazione della ricaduta al suolo (i colori sono il DEM in m s.l.m.)

Cautelativamente non è stata considerata attiva la deposizione umida, quest'ultima causa, come evidenziato nella Relazione annuale della qualità dell'aria 2020 della Provincia di Cuneo, delle variazioni nelle concentrazioni di polveri registrate in questi ultimi anni.

Sono stati attivate le funzioni di "Transitional Plume Rise" e "Partial plume penetration".

Input meteorologico

L'input meteorologico del modello CALPUFF è stato ricavato dal modello diagnostico CALMET per l'anno 2018, i cui principali risultati sono stati già riportati nel Par. 4.

CALMET è un modello diagnostico per la ricostruzione dei campi di vento in un volume tridimensionale dello spazio a partire da dati meteorologici rilevati da stazioni sia superficiali che in quota (profili verticali). Le stazioni di misura possono anche essere esterne al dominio di calcolo; il modello è in grado di operare in presenza di orografia complessa e, in caso di disponibilità di dati relativi a superfici acquatiche (mari, laghi...), può valutare gli effetti meteorologici generati dalla presenza di linee di costa all'interno del dominio. I valori meteorologici forniti in input vengono interpolati sul dominio tridimensionale di calcolo secondo criteri descritti nel manuale d'uso del modello

stesso ed alle scelte di input dell'utente. Il risultato finale è la generazione di un campo di vento tridimensionale che terrà in considerazione le particolarità orografiche e meteorologiche del dominio di calcolo ed a divergenza nulla indicato quindi come input meteorologico per calcoli di dispersione di inquinanti.

Il modulo diagnostico del campo di vento utilizza una procedura a due fasi per la fabbricazione del campo. La prima fase crea un campo iniziale, basato sui venti sinottici, e lo corregge introducendo gli effetti del terreno sui flussi. In questa fase, dapprima il modello utilizza i venti sinottici per calcolare una velocità verticale forzata dal terreno e soggetta ad una funzione esponenziale di smorzamento dipendente dalla classe di stabilità atmosferica. In secondo luogo, sono introdotti gli effetti dell'orografia sulle componenti orizzontali del vento mediante l'applicazione iterativa di uno schema di minimizzazione della divergenza sul campo tridimensionale fino al soddisfacimento del vincolo di minima divergenza:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} < \varepsilon$$

Dove u , v sono le componenti orizzontali del vento (x e y), w la velocità verticale ed ε è il valore massimo assegnato alla divergenza.

Dopo averne elaborato gli effetti termodinamici, il campo passa alla seconda fase procedurale che introduce i dati osservati nelle stazioni meteo di riferimento, al suolo ed eventualmente in quota, in modo da ottenere il campo nella sua versione finale. L'introduzione dei dati osservati è effettuata tramite una procedura d'analisi oggettiva. L'attribuzione di pesi, inversamente proporzionali alla distanza tra punto e stazione di misura, garantisce l'ottenimento di un campo che riflette maggiormente le osservazioni in prossimità dei punti di misura e che è dominato dal campo di primo passo nelle zone prive d'osservazioni. Infine, il campo risultante è sottoposto ad un'operazione di smoothing e di ulteriore minimizzazione della divergenza.

Il modello CALMET è infine parte del sistema CALPUFF per la diffusione di inquinanti. Il sistema è costituito da tre modelli principali CALMET, CALPUFF e CALPOST e da un insieme di preprocessori che hanno lo scopo di permettere al sistema l'utilizzazione dei dati di routine Americani sia meteorologici che geofisici. Se tali dati non sono adattabili ai domini di calcolo scelti (come nel caso di domini esterni agli Stati Uniti) occorrerà preparare appositi file di input (con appositi formati).

Il modello CALMET produce una ricostruzione diagnostica oraria tridimensionale del campo di vento e può essere utilizzato sia come input meteorologico al modello di diffusione CALPUFF (e da altri modelli diffusivi) che come modello a sè.

Nel primo caso permetterà di inserire nel calcolo della diffusione le caratteristiche legate alle particolarità specifiche del territorio (orografia complessa, presenza di coste, uso del suolo ...) in quanto tali caratteristiche si ripercuotono sulla meteorologia calcolata. Questo è lo scopo principale del modello e ne rappresenta il modo di utilizzo più efficace.

Nel secondo caso il modello produrrà un campo di vento in formato binario che potrà essere analizzato ed estratto in formato utilizzabile per scopi di rappresentazione grafica.

Nel nostro caso, il dominio meteorologico risulta completamente definito dalle seguenti caratteristiche:

- sistema di coordinate: UTM32, datum WGS84;

- coordinate dello spigolo SW: 382,651 km Est; 4905,812 km Nord
- numero di celle in direzione Est e Nord: 95 x 70
- superficie complessiva: 38km x 28km = 1064 km²
- dimensione della singola cella: 400 x 400 m²
- numero livelli verticali: 7
- quote facce livelli verticali: 20, 20, 100, 200, 500, 1.000, 2.000 msls.

I livelli verticali sono stati dedicati in particolare alla ricostruzione dei flussi negli strati più bassi dell'atmosfera, dove avverranno effettivamente il trasporto e la dispersione delle emissioni (ovvero emissioni areali e diffuse dovute ad attività di cantiere e da traffico attratto e generato).

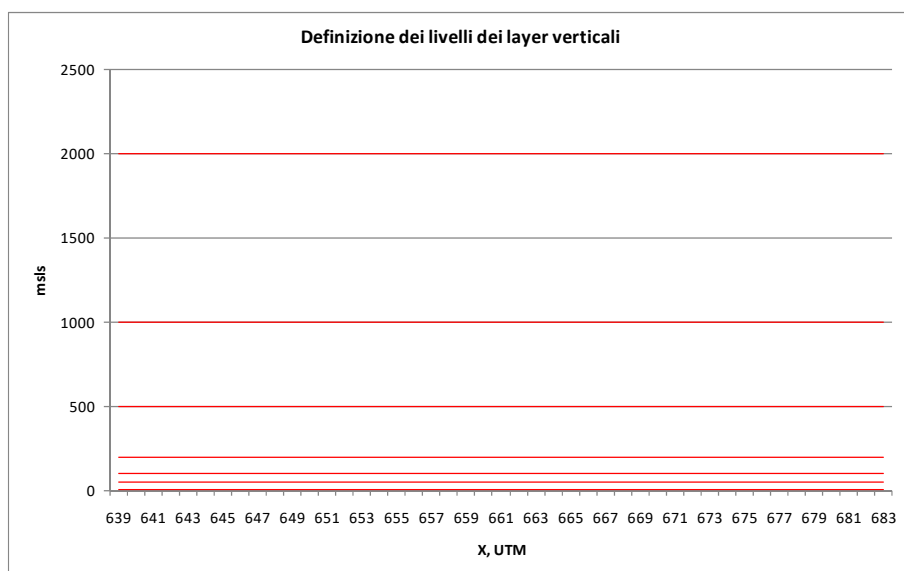


Figura 9.3 – Definizione dei livelli dei layer verticali, considerati nel presente studio

Come stazioni meteo al suolo si sono utilizzate le stazioni meteo ARPAV di Cuneo Camera di Commercio e Fossano e la stazione dell'Aeronautica militare di Mondovì relative all'anno 2018.

Come stazione in quota sono stati utilizzati i dati di Cuneo-Levaldigi (16113).

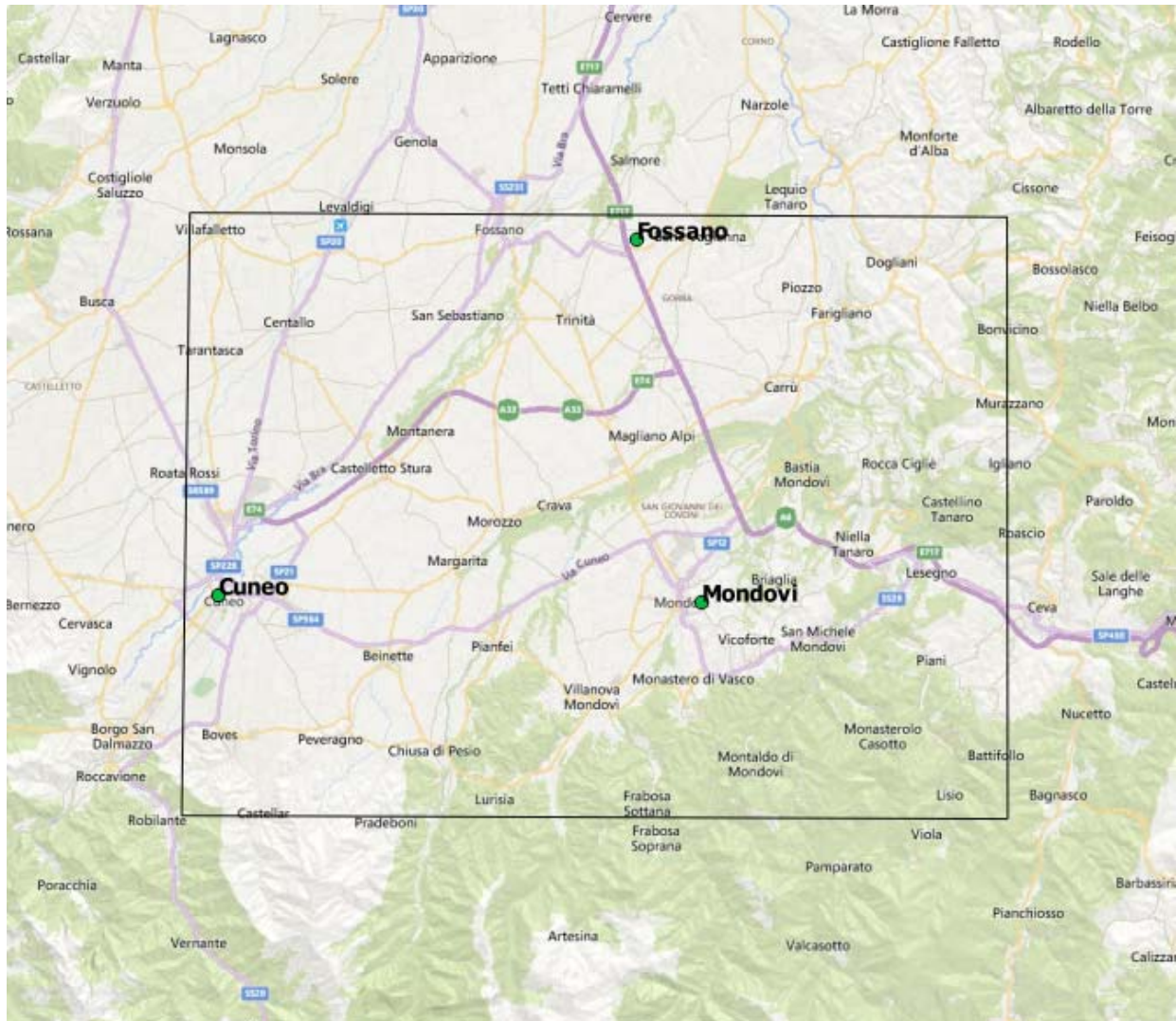


Figura 9.4 – Zona interessata dal modello meteorologico

La rosa dei venti generata da CALMET per la zona di progetto e quota 10 m da suolo è riportata nella Figura seguente con il software WRPLOTT (Lakes Environmental Software).

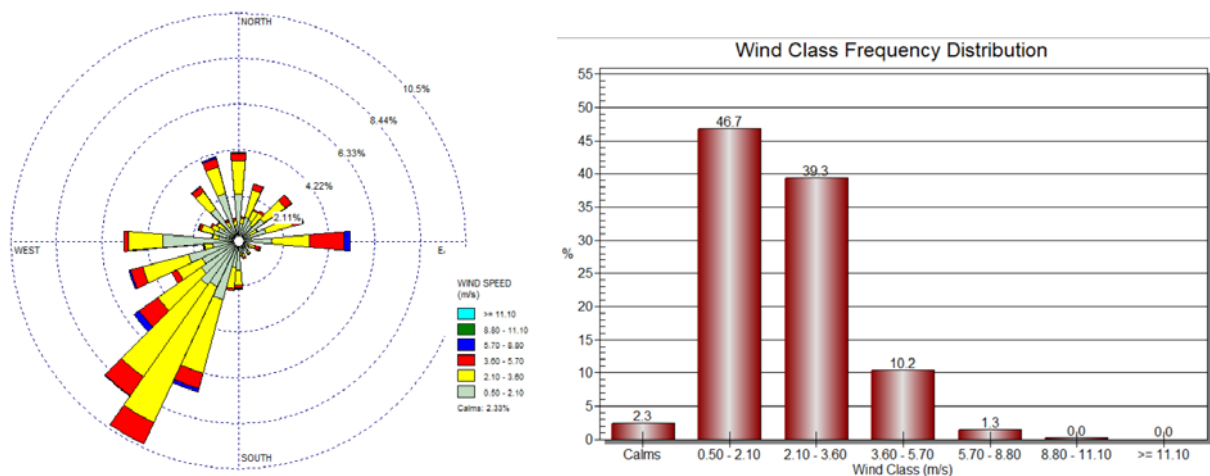


Figura 9.5 – Rosa dei venti e distribuzione velocità vento nella zona di progetto (dati generati da CALMET pe 2018)

Di seguito si riportano le analisi sui dati di vento delle centraline meteo a suolo.

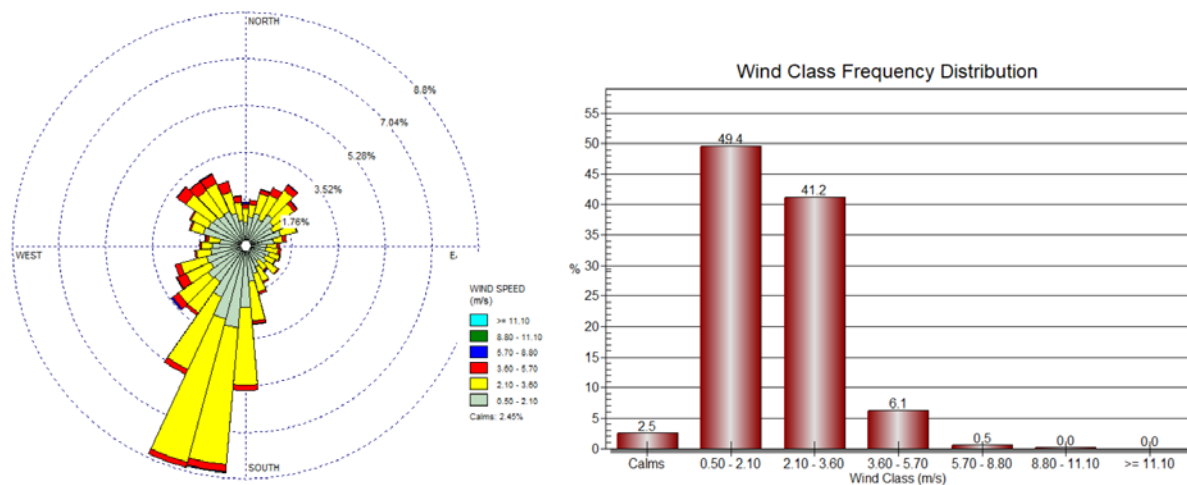


Figura 9.6 – Rosa dei venti e distribuzione velocità vento stazione Fossano (ARPA) anno 2018

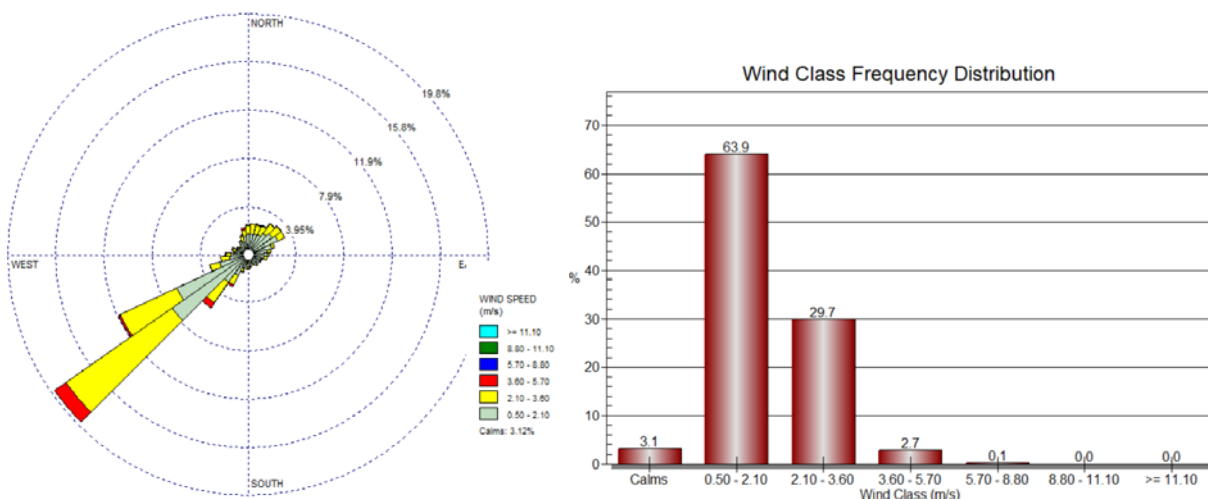


Figura 9.7 – Rosa dei venti e distribuzione velocità vento stazione Cuneo (ARPA) anno 2018

Le classi di stabilità atmosferica sono un metodo di classificazione della stabilità atmosferica creato da Frank Pasquill, in cui la turbolenza atmosferica viene suddivisa in sei categorie di stabilità (A, B, C, D, E, F) dove la categoria A è la più instabile e quella F la più stabile.

Classe di stabilità	Definizione	Classe di stabilità	Definizione
A	molto instabile	D	neutrale
B	instabile	E	leggermente stabile
C	leggermente instabile	F	stabile

Dal modello CALMET è possibile valutare le classi di stabilità nella zona di interesse.

Frequenza CLASSI STABILITA' PASQUILL

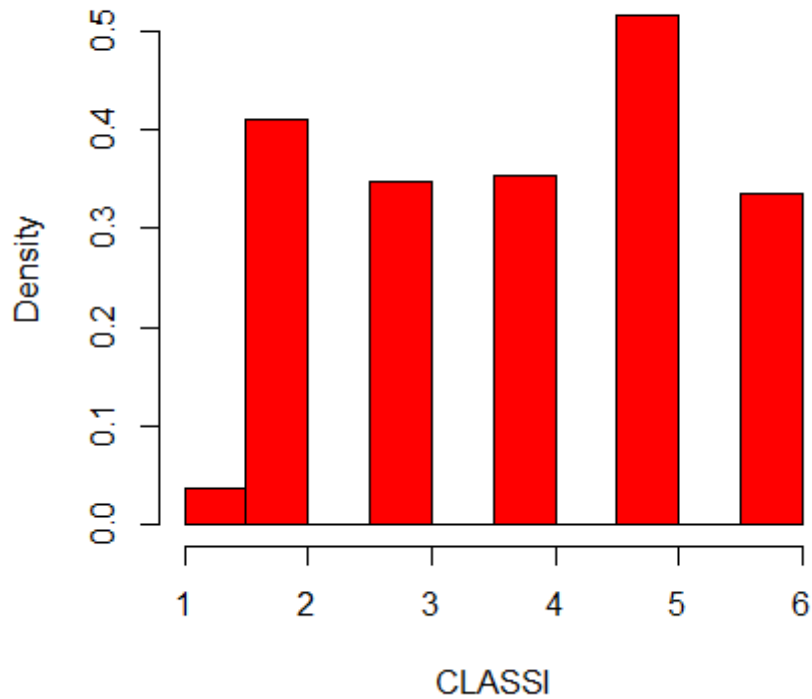


Figura 9.8: Classi di stabilità nella zona di interesse calcolate con CALMET per l'anno 2018.

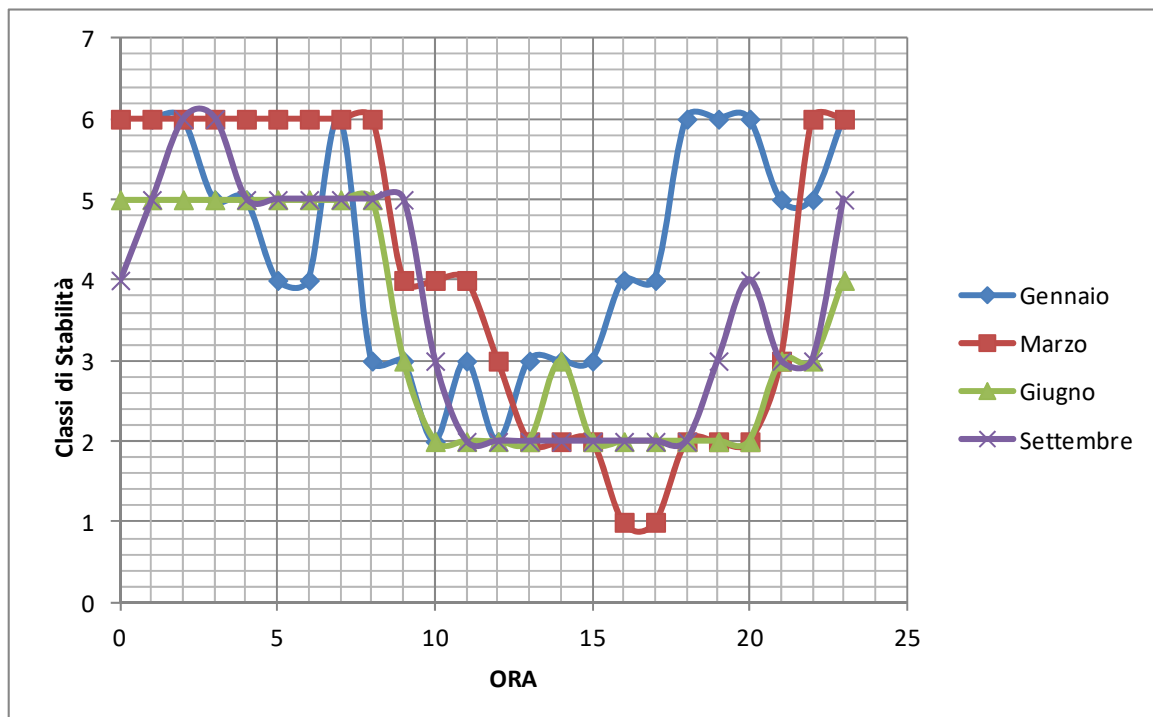


Figura 9.9: Andamento giornaliero delle Classi di stabilità nella zona di interesse calcolate con CALMET per l'anno 2018.

Input emissivo

In fase di esercizio, stato di fatto e opzione zero, le sorgenti e le emissioni associate nell'ora di picco sono di seguito riportate.

Coordinate sorgenti di emissione (WGS84 UTM 32N):

AREA	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4
1	403868	403888	403832	403817	4912903	4912898	4912820	4912830
2	403945	403964	403895	403876	4913009	4913006	4912905	4912911
3	404002	404013	403964	403949	4913093	4913080	4913011	4913016
4	404067	404075	404016	404004	4913185	4913176	4913084	4913096
5	404115	404123	404078	404069	4913258	4913249	4913182	4913189
7	404162	404170	404126	404116	4913322	4913315	4913252	4913262
8	404197	404212	404172	404162	4913387	4913374	4913320	4913325
9	404182	404104	404118	404193	4913458	4913528	4913541	4913471
10	404035	404113	404100	404018	4913617	4913546	4913529	4913599
11	403915	403938	404035	404014	4913681	4913694	4913617	4913604
12	403821	403839	403933	403913	4913775	4913784	4913696	4913688
13	404232	404301	404260	404164	4913492	4913432	4913346	4913410
14	404320	404327	404281	404260	4913541	4913536	4913458	4913476
15	404381	404388	404330	404323	4913621	4913615	4913538	4913543
16	404440	404445	404391	404384	4913700	4913692	4913619	4913623
17	404516	404520	404447	404441	4913775	4913766	4913693	4913700
18	404609	404611	404522	404518	4913830	4913822	4913766	4913775
19	404726	404730	404613	404612	4913879	4913872	4913820	4913827
20	404864	404862	404734	404730	4913943	4913927	4913872	4913881
21	404919	404928	404879	404870	4914026	4914016	4913939	4913948
22	404994	405009	404934	404923	4914203	4914195	4914023	4914030
23	404427	404427	404308	404306	4913457	4913450	4913423	4913435
24	404537	404538	404431	404430	4913479	4913471	4913449	4913458
25	404586	404588	404541	404539	4913511	4913502	4913472	4913480

26	404670	404673	404591	404588	4913619	4913613	4913509	4913513
27	404677	404776	404785	404682	4913631	4913676	4913667	4913619
28	404772	404757	404769	404791	4913684	4913719	4913725	4913678
29	404794	404809	404773	404761	4913773	4913770	4913729	4913731
30	404748	404805	404788	404733	4913871	4913782	4913779	4913865
31	404362	404351	404279	404289	4913341	4913323	4913374	4913392
32	404444	404436	404353	404363	4913296	4913279	4913319	4913337
33	404450	404538	404532	404439	4913293	4913265	4913244	4913276
34	404635	404633	404540	404545	4913244	4913224	4913240	4913261
35	404734	404736	404647	404642	4913237	4913221	4913219	4913241
36	404833	404835	404745	404740	4913245	4913229	4913218	4913239
37	404928	404934	404846	404840	4913271	4913252	4913229	4913249
38	405021	405028	404940	404933	4913307	4913292	4913254	4913272
39	405109	405117	405032	405026	4913350	4913337	4913289	4913303
40	405199	405207	405125	405116	4913397	4913381	4913335	4913349
41	405300	405307	405225	405212	4913435	4913418	4913379	4913399
42	406862	406866	406741	406735	4913551	4913535	4913508	4913528
43	406920	406937	406869	406856	4913590	4913531	4913513	4913583
44	406856	406887	406869	406842	4913662	4913590	4913588	4913657
45	406821	406837	406855	406838	4913721	4913724	4913667	4913663
46	406801	406814	406834	406822	4913810	4913811	4913730	4913728
47	406789	406801	406816	406803	4913889	4913892	4913819	4913815
48	406775	406788	406802	406787	4913955	4913960	4913898	4913902
49	406758	406767	406788	406773	4914044	4914046	4913969	4913969
50	406904	406896	406884	406892	4913516	4913438	4913436	4913516
51	406894	406906	406895	406882	4913433	4913362	4913361	4913433
52	406908	406924	406915	406897	4913360	4913277	4913276	4913360
53	406925	406942	406930	406915	4913271	4913186	4913186	4913273
54	406946	406962	406951	406933	4913182	4913087	4913087	4913182

55	406965	406985	406973	406951	4913081	4912989	4912981	4913084
56	405981	405989	405958	405948	4914784	4914755	4914745	4914779
57	406095	406106	406074	406061	4914848	4914816	4914803	4914833
58	406063	406066	405984	405981	4914816	4914808	4914785	4914795
59	406031	406050	406075	406060	4914889	4914895	4914847	4914841
60	406046	406062	406048	406027	4914972	4914967	4914901	4914899
61	406105	406115	406095	406082	4914809	4914702	4914703	4914801
62	405949	405930	405915	405938	4914893	4914786	4914785	4914895
63	405927	405913	405898	405914	4914781	4914715	4914713	4914783
64	406070	406086	406063	406048	4915050	4915045	4914973	4914977
65	406182	406187	406095	406082	4915087	4915077	4915044	4915054
66	406208	406223	406193	406185	4915129	4915125	4915079	4915090
67	406198	406210	406223	406207	4915211	4915217	4915130	4915136
68	406166	406181	406207	406196	4915321	4915323	4915224	4915219
69	406136	406149	406172	406164	4915393	4915398	4915329	4915328
70	406016	406013	406005	406006	4915278	4915220	4915219	4915275
71	406003	406013	406022	406010	4915354	4915358	4915286	4915288
72	405994	406010	406001	405984	4915390	4915363	4915356	4915387
73	406023	406030	405993	405986	4915450	4915443	4915391	4915398

Le emissioni per ciascun inquinante sono di seguito riportate.

Scenario stato di fatto:

Emissioni	CO g/s*m2	NOX g/s*m2	PM10 g/s*m2	PM2.5 g/s*m2	Benzene g/s*m2	NO2 g/s*m2
1	6.72E-06	1.07E-05	5.92E-07	4.32E-07	4.40E-08	1.97E-06
2	6.59E-06	1.05E-05	5.80E-07	4.24E-07	4.31E-08	1.93E-06
3	7.69E-06	1.23E-05	6.77E-07	4.95E-07	5.04E-08	2.25E-06
4	8.99E-06	1.44E-05	7.91E-07	5.78E-07	5.88E-08	2.63E-06
5	1.05E-05	1.67E-05	9.22E-07	6.73E-07	6.86E-08	3.07E-06

7	9.78E-06	1.56E-05	8.61E-07	6.29E-07	6.40E-08	2.86E-06
8	5.85E-06	9.34E-06	5.15E-07	3.76E-07	3.83E-08	1.71E-06
9	3.06E-06	4.88E-06	2.69E-07	1.97E-07	2.00E-08	8.96E-07
10	2.41E-06	3.85E-06	2.12E-07	1.55E-07	1.58E-08	7.05E-07
11	2.31E-06	3.68E-06	2.03E-07	1.48E-07	1.51E-08	6.75E-07
12	2.92E-06	4.67E-06	2.57E-07	1.88E-07	1.91E-08	8.55E-07
13	2.34E-06	3.74E-06	2.06E-07	1.51E-07	1.53E-08	6.86E-07
14	2.47E-06	3.95E-06	2.18E-07	1.59E-07	1.62E-08	7.24E-07
15	7.63E-06	1.22E-05	6.72E-07	4.91E-07	5.00E-08	2.23E-06
16	8.01E-06	1.28E-05	7.05E-07	5.15E-07	5.24E-08	2.34E-06
17	7.18E-06	1.15E-05	6.32E-07	4.62E-07	4.70E-08	2.10E-06
18	7.84E-06	1.25E-05	6.90E-07	5.04E-07	5.13E-08	2.30E-06
19	9.53E-06	1.52E-05	8.39E-07	6.13E-07	6.24E-08	2.79E-06
20	6.75E-06	1.08E-05	5.94E-07	4.34E-07	4.42E-08	1.97E-06
21	6.95E-06	1.11E-05	6.12E-07	4.47E-07	4.55E-08	2.03E-06
22	5.20E-06	8.30E-06	4.58E-07	3.34E-07	3.40E-08	1.52E-06
23	1.01E-06	1.22E-06	8.86E-08	6.13E-08	9.24E-09	2.71E-07
24	1.20E-06	1.44E-06	1.05E-07	7.26E-08	1.09E-08	3.21E-07
25	1.16E-06	1.40E-06	1.02E-07	7.05E-08	1.06E-08	3.12E-07
26	1.50E-06	1.81E-06	1.32E-07	9.12E-08	1.37E-08	4.03E-07
27	8.56E-07	1.03E-06	7.50E-08	5.19E-08	7.82E-09	2.30E-07
28	7.70E-07	9.26E-07	6.75E-08	4.67E-08	7.04E-09	2.07E-07
29	8.98E-07	1.08E-06	7.88E-08	5.45E-08	8.21E-09	2.41E-07
30	6.71E-07	8.07E-07	5.88E-08	4.07E-08	6.13E-09	1.80E-07
31	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
32	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
33	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
34	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
35	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

36	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
37	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
38	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
39	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
40	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
42	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
43	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
44	4.71E-06	7.17E-06	3.55E-07	2.68E-07	2.88E-08	1.31E-06
45	9.57E-06	1.46E-05	7.20E-07	5.43E-07	5.86E-08	2.67E-06
46	5.99E-06	9.11E-06	4.50E-07	3.40E-07	3.66E-08	1.67E-06
47	6.24E-06	9.49E-06	4.69E-07	3.54E-07	3.82E-08	1.74E-06
48	5.86E-06	8.91E-06	4.40E-07	3.32E-07	3.58E-08	1.63E-06
49	6.25E-06	9.50E-06	4.70E-07	3.55E-07	3.82E-08	1.74E-06
50	6.41E-06	9.75E-06	4.82E-07	3.64E-07	3.92E-08	1.79E-06
51	6.68E-06	1.02E-05	5.02E-07	3.79E-07	4.08E-08	1.86E-06
52	8.08E-06	1.23E-05	6.08E-07	4.59E-07	4.94E-08	2.25E-06
53	7.38E-06	1.12E-05	5.55E-07	4.19E-07	4.51E-08	2.06E-06
54	6.85E-06	1.04E-05	5.15E-07	3.89E-07	4.19E-08	1.91E-06
55	5.99E-06	9.12E-06	4.51E-07	3.40E-07	3.67E-08	1.67E-06
56	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
57	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
58	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
59	3.98E-06	5.78E-06	4.10E-07	2.82E-07	3.27E-08	1.16E-06
60	3.99E-06	5.79E-06	4.11E-07	2.83E-07	3.28E-08	1.16E-06
61	3.47E-06	5.03E-06	3.57E-07	2.46E-07	2.85E-08	1.01E-06
62	5.27E-07	7.65E-07	5.43E-08	3.74E-08	4.33E-09	1.54E-07
63	5.07E-07	7.36E-07	5.23E-08	3.60E-08	4.17E-09	1.48E-07
64	4.45E-06	6.47E-06	4.59E-07	3.16E-07	3.66E-08	1.30E-06

65	5.45E-06	7.92E-06	5.62E-07	3.87E-07	4.49E-08	1.59E-06
66	4.82E-06	7.00E-06	4.97E-07	3.42E-07	3.97E-08	1.41E-06
67	4.99E-06	7.24E-06	5.14E-07	3.54E-07	4.10E-08	1.45E-06
68	8.51E-06	1.24E-05	8.78E-07	6.04E-07	7.00E-08	2.48E-06
69	1.07E-05	1.56E-05	1.11E-06	7.61E-07	8.82E-08	3.13E-06
70	1.13E-06	1.64E-06	1.17E-07	8.02E-08	9.30E-09	3.30E-07
71	8.53E-07	1.24E-06	8.79E-08	6.05E-08	7.01E-09	2.49E-07
72	1.00E-06	1.46E-06	1.04E-07	7.13E-08	8.26E-09	2.93E-07
73	1.03E-06	1.50E-06	1.06E-07	7.31E-08	8.47E-09	3.00E-07

Scenario Opzione Zero:

Emissioni	CO g/s*m2	NOX g/s*m2	PM10 g/s*m2	PM2.5 g/s*m2	Benzene g/s*m2	NO2 g/s*m2
1	6.93E-06	1.11E-05	6.10E-07	4.46E-07	4.54E-08	2.03E-06
2	6.79E-06	1.08E-05	5.98E-07	4.37E-07	4.45E-08	1.99E-06
3	7.93E-06	1.27E-05	6.98E-07	5.10E-07	5.19E-08	2.32E-06
4	9.26E-06	1.48E-05	8.15E-07	5.96E-07	6.07E-08	2.71E-06
5	1.08E-05	1.72E-05	9.50E-07	6.94E-07	7.07E-08	3.16E-06
7	1.01E-05	1.61E-05	8.87E-07	6.48E-07	6.60E-08	2.95E-06
8	6.03E-06	9.63E-06	5.31E-07	3.88E-07	3.95E-08	1.76E-06
9	3.15E-06	5.02E-06	2.77E-07	2.02E-07	2.06E-08	9.21E-07
10	2.48E-06	3.96E-06	2.18E-07	1.59E-07	1.62E-08	7.25E-07
11	2.37E-06	3.79E-06	2.09E-07	1.53E-07	1.55E-08	6.95E-07
12	3.00E-06	4.80E-06	2.64E-07	1.93E-07	1.97E-08	8.80E-07
13	2.41E-06	3.85E-06	2.12E-07	1.55E-07	1.58E-08	7.07E-07
14	2.55E-06	4.07E-06	2.24E-07	1.64E-07	1.67E-08	7.46E-07
15	7.86E-06	1.26E-05	6.92E-07	5.06E-07	5.15E-08	2.30E-06
16	8.25E-06	1.32E-05	7.26E-07	5.31E-07	5.40E-08	2.42E-06
17	7.39E-06	1.18E-05	6.51E-07	4.75E-07	4.84E-08	2.16E-06

18	8.08E-06	1.29E-05	7.11E-07	5.19E-07	5.29E-08	2.36E-06
19	9.82E-06	1.57E-05	8.64E-07	6.31E-07	6.43E-08	2.87E-06
20	6.97E-06	1.11E-05	6.13E-07	4.48E-07	4.56E-08	2.04E-06
21	7.18E-06	1.15E-05	6.32E-07	4.62E-07	4.70E-08	2.10E-06
22	5.37E-06	8.58E-06	4.73E-07	3.45E-07	3.52E-08	1.57E-06
23	1.03E-06	1.23E-06	9.00E-08	6.23E-08	9.38E-09	2.76E-07
24	1.22E-06	1.46E-06	1.07E-07	7.37E-08	1.11E-08	3.26E-07
25	1.18E-06	1.42E-06	1.03E-07	7.16E-08	1.08E-08	3.17E-07
26	1.53E-06	1.84E-06	1.34E-07	9.26E-08	1.40E-08	4.10E-07
27	8.81E-07	1.06E-06	7.72E-08	5.34E-08	8.05E-09	2.36E-07
28	7.92E-07	9.53E-07	6.94E-08	4.81E-08	7.24E-09	2.13E-07
29	9.24E-07	1.11E-06	8.10E-08	5.61E-08	8.45E-09	2.48E-07
30	6.90E-07	8.30E-07	6.05E-08	4.19E-08	6.31E-09	1.85E-07
31	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
32	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
33	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
34	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
35	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
36	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
37	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
38	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
39	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
40	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
42	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
43	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
44	4.68E-06	7.13E-06	3.52E-07	2.66E-07	2.87E-08	1.31E-06
45	9.51E-06	1.45E-05	7.15E-07	5.40E-07	5.82E-08	2.65E-06
46	5.95E-06	9.05E-06	4.47E-07	3.38E-07	3.64E-08	1.66E-06

47	6.20E-06	9.43E-06	4.66E-07	3.52E-07	3.79E-08	1.73E-06
48	5.82E-06	8.86E-06	4.38E-07	3.30E-07	3.56E-08	1.62E-06
49	6.21E-06	9.44E-06	4.67E-07	3.52E-07	3.80E-08	1.73E-06
50	6.37E-06	9.69E-06	4.79E-07	3.61E-07	3.89E-08	1.77E-06
51	6.63E-06	1.01E-05	4.99E-07	3.77E-07	4.06E-08	1.85E-06
52	8.03E-06	1.22E-05	6.04E-07	4.56E-07	4.91E-08	2.24E-06
53	7.33E-06	1.12E-05	5.51E-07	4.16E-07	4.48E-08	2.04E-06
54	6.81E-06	1.04E-05	5.12E-07	3.86E-07	4.16E-08	1.90E-06
55	5.95E-06	9.06E-06	4.48E-07	3.38E-07	3.64E-08	1.66E-06
56	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
57	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
58	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
59	3.94E-06	5.73E-06	4.06E-07	2.80E-07	3.24E-08	1.15E-06
60	3.95E-06	5.74E-06	4.07E-07	2.80E-07	3.25E-08	1.15E-06
61	3.44E-06	4.99E-06	3.54E-07	2.44E-07	2.82E-08	1.00E-06
62	7.45E-07	1.08E-06	7.67E-08	5.28E-08	6.12E-09	2.17E-07
63	7.17E-07	1.04E-06	7.39E-08	5.09E-08	5.89E-09	2.09E-07
64	4.41E-06	6.41E-06	4.55E-07	3.13E-07	3.63E-08	1.29E-06
65	5.40E-06	7.84E-06	5.57E-07	3.83E-07	4.44E-08	1.58E-06
66	4.77E-06	6.93E-06	4.92E-07	3.39E-07	3.93E-08	1.39E-06
67	4.94E-06	7.17E-06	5.09E-07	3.50E-07	4.06E-08	1.44E-06
68	8.56E-06	1.24E-05	8.82E-07	6.07E-07	7.04E-08	2.50E-06
69	1.08E-05	1.57E-05	1.11E-06	7.65E-07	8.87E-08	3.14E-06
70	1.44E-06	2.10E-06	1.49E-07	1.03E-07	1.19E-08	4.21E-07
71	7.25E-07	1.05E-06	7.47E-08	5.14E-08	5.96E-09	2.11E-07
72	8.54E-07	1.24E-06	8.80E-08	6.06E-08	7.02E-09	2.49E-07
73	8.75E-07	1.27E-06	9.02E-08	6.21E-08	7.20E-09	2.55E-07

Scenario Progetto:

Emissioni	CO g/s*m2	NOX g/s*m2	PM10 g/s*m2	PM2.5 g/s*m2	Benzene g/s*m2	NO2 g/s*m2
1	9.47E-06	1.51E-05	8.34E-07	6.09E-07	6.20E-08	2.77E-06
2	9.29E-06	1.48E-05	8.17E-07	5.97E-07	6.08E-08	2.72E-06
3	1.08E-05	1.73E-05	9.54E-07	6.97E-07	7.10E-08	3.17E-06
4	1.27E-05	2.02E-05	1.11E-06	8.14E-07	8.29E-08	3.71E-06
5	1.48E-05	2.36E-05	1.30E-06	9.49E-07	9.66E-08	4.32E-06
7	1.38E-05	2.20E-05	1.21E-06	8.86E-07	9.02E-08	4.03E-06
8	8.24E-06	1.32E-05	7.25E-07	5.30E-07	5.39E-08	2.41E-06
9	3.20E-06	5.10E-06	2.81E-07	2.06E-07	2.09E-08	9.36E-07
10	2.52E-06	4.02E-06	2.22E-07	1.62E-07	1.65E-08	7.37E-07
11	2.41E-06	3.85E-06	2.12E-07	1.55E-07	1.58E-08	7.06E-07
12	3.05E-06	4.87E-06	2.69E-07	1.96E-07	2.00E-08	8.94E-07
13	2.80E-06	4.48E-06	2.47E-07	1.80E-07	1.84E-08	8.21E-07
14	2.47E-06	3.94E-06	2.17E-07	1.59E-07	1.62E-08	7.23E-07
15	7.62E-06	1.22E-05	6.71E-07	4.90E-07	4.99E-08	2.23E-06
16	8.00E-06	1.28E-05	7.04E-07	5.14E-07	5.24E-08	2.34E-06
17	7.16E-06	1.14E-05	6.31E-07	4.61E-07	4.69E-08	2.10E-06
18	7.83E-06	1.25E-05	6.89E-07	5.03E-07	5.12E-08	2.29E-06
19	9.52E-06	1.52E-05	8.38E-07	6.12E-07	6.23E-08	2.79E-06
20	6.76E-06	1.08E-05	5.95E-07	4.35E-07	4.43E-08	1.98E-06
21	6.97E-06	1.11E-05	6.13E-07	4.48E-07	4.56E-08	2.04E-06
22	5.21E-06	8.33E-06	4.59E-07	3.35E-07	3.41E-08	1.53E-06
23	1.04E-06	1.25E-06	9.14E-08	6.33E-08	9.53E-09	2.80E-07
24	1.23E-06	1.48E-06	1.08E-07	7.49E-08	1.13E-08	3.31E-07
25	1.20E-06	1.44E-06	1.05E-07	7.27E-08	1.09E-08	3.22E-07
26	1.55E-06	1.86E-06	1.36E-07	9.41E-08	1.42E-08	4.16E-07
27	8.81E-07	1.06E-06	7.72E-08	5.34E-08	8.05E-09	2.36E-07
28	7.92E-07	9.53E-07	6.94E-08	4.81E-08	7.24E-09	2.13E-07

29	9.24E-07	1.11E-06	8.10E-08	5.61E-08	8.45E-09	2.48E-07
30	6.90E-07	8.30E-07	6.05E-08	4.19E-08	6.31E-09	1.85E-07
31	2.76E-06	3.84E-06	1.77E-07	1.37E-07	1.58E-08	7.12E-07
32	4.14E-06	5.76E-06	2.65E-07	2.05E-07	2.37E-08	1.07E-06
33	4.14E-06	5.76E-06	2.65E-07	2.05E-07	2.37E-08	1.07E-06
34	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
35	4.14E-06	5.76E-06	2.65E-07	2.05E-07	2.37E-08	1.07E-06
36	4.14E-06	5.76E-06	2.65E-07	2.05E-07	2.37E-08	1.07E-06
37	4.14E-06	5.76E-06	2.65E-07	2.05E-07	2.37E-08	1.07E-06
38	4.14E-06	5.76E-06	2.65E-07	2.05E-07	2.37E-08	1.07E-06
39	4.14E-06	5.76E-06	2.65E-07	2.05E-07	2.37E-08	1.07E-06
40	4.14E-06	5.76E-06	2.65E-07	2.05E-07	2.37E-08	1.07E-06
41	4.14E-06	5.76E-06	2.65E-07	2.05E-07	2.37E-08	1.07E-06
42	4.38E-06	6.09E-06	2.81E-07	2.17E-07	2.51E-08	1.13E-06
43	4.58E-06	5.51E-06	4.01E-07	2.78E-07	4.19E-08	1.23E-06
44	4.16E-06	6.33E-06	3.13E-07	2.36E-07	2.55E-08	1.16E-06
45	8.45E-06	1.29E-05	6.36E-07	4.80E-07	5.17E-08	2.36E-06
46	5.29E-06	8.05E-06	3.98E-07	3.00E-07	3.23E-08	1.47E-06
47	5.51E-06	8.38E-06	4.14E-07	3.13E-07	3.37E-08	1.54E-06
48	5.17E-06	7.87E-06	3.89E-07	2.94E-07	3.16E-08	1.44E-06
49	5.52E-06	8.39E-06	4.15E-07	3.13E-07	3.37E-08	1.54E-06
50	1.13E-05	1.72E-05	8.52E-07	6.43E-07	6.93E-08	3.16E-06
51	1.18E-05	1.80E-05	8.88E-07	6.70E-07	7.22E-08	3.29E-06
52	1.43E-05	2.18E-05	1.07E-06	8.11E-07	8.74E-08	3.98E-06
53	1.31E-05	1.99E-05	9.82E-07	7.41E-07	7.99E-08	3.64E-06
54	1.21E-05	1.84E-05	9.11E-07	6.88E-07	7.41E-08	3.38E-06
55	1.06E-05	1.61E-05	7.97E-07	6.02E-07	6.48E-08	2.95E-06
56	6.99E-08	4.23E-07	3.32E-08	2.58E-08	2.20E-10	1.06E-07
57	1.23E-06	1.79E-06	1.27E-07	8.75E-08	1.01E-08	3.60E-07

58	5.06E-08	5.74E-07	2.68E-08	1.53E-08	1.93E-11	2.30E-07
59	3.33E-06	4.83E-06	3.43E-07	2.36E-07	2.73E-08	9.70E-07
60	3.33E-06	4.84E-06	3.43E-07	2.37E-07	2.74E-08	9.72E-07
61	3.06E-06	4.44E-06	3.15E-07	2.17E-07	2.51E-08	8.92E-07
62	1.33E-06	1.94E-06	1.38E-07	9.47E-08	1.10E-08	3.89E-07
63	1.28E-06	1.87E-06	1.32E-07	9.12E-08	1.06E-08	3.75E-07
64	3.72E-06	5.40E-06	3.84E-07	2.64E-07	3.06E-08	1.09E-06
65	5.45E-06	7.92E-06	5.62E-07	3.87E-07	4.49E-08	1.59E-06
66	4.82E-06	7.00E-06	4.97E-07	3.42E-07	3.97E-08	1.41E-06
67	4.99E-06	7.24E-06	5.14E-07	3.54E-07	4.10E-08	1.45E-06
68	7.89E-06	1.15E-05	8.14E-07	5.60E-07	6.49E-08	2.30E-06
69	9.95E-06	1.44E-05	1.03E-06	7.06E-07	8.18E-08	2.90E-06
70	2.22E-06	3.23E-06	2.29E-07	1.58E-07	1.83E-08	6.48E-07
71	5.33E-07	7.74E-07	5.49E-08	3.78E-08	4.38E-09	1.55E-07
72	6.28E-07	9.11E-07	6.47E-08	4.45E-08	5.16E-09	1.83E-07
73	6.44E-07	9.35E-07	6.63E-08	4.57E-08	5.29E-09	1.88E-07

Per la fase di cantiere invece le sorgenti sono di seguito dettagliate.

Coordinate sorgenti di emissione (WGS84 UTM 32N):

AREA	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4
Cantiere base 1	404278	404612	404434	404191	4913387	4913254	4913183	4913309
Cantiere base 2	404624	404982	404974	404585	4913262	4913284	4913220	4913208
Cantiere 1	405261	405284	405326	405181	4913689	4913686	4913429	4913383
Cantiere 2	406726	406832	406907	406726	4913650	4913669	4913417	4913650
Cantiere 3	405937	406060	406110	405936	4914844	4914868	4914776	4914807

Le emissioni per ciascuna sorgente in fase di cantiere sono di seguito riportate.

AREA	PM10 g/s*m2	PM2.5 g/s*m2	NO2 g/s*m2
Cantiere base 1	4.426E-06	7.52E-07	2.830E-06
Cantiere base 2	2.282E-06	3.88E-07	1.459E-06
Cantiere 1	1.202E-05	2.513E-06	1.3345E-05
Cantiere 2	8.664E-06	1.737E-06	1.0962E-05
Cantiere 3	9.602E-06	2.084E-06	1.5827E-05

10 Impatti dell'opera in fase di cantiere

Polveri fini

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10) prevede i seguenti limiti di legge per quanto riguarda le polveri fini:

PM2,5			
FASE I			
Anno civile	25 µg/m ³	20% l'11 giugno 2008, con riduzione il 1° gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2015	1° gennaio 2015

I principali risultati sono riassunti nella seguente tabella ed esprimono il contributo dell'opera al netto del valore di fondo:

PM2.5 (media annua)	Fase cantiere	% VL	VALORE FONDO DI	VALORE FONDO DI + CONTRIBUTO CANTIERE	VALORE LIMITE
Recettore civile peggiore	1.40 (R3)	5.6%	17	18.4	25
Recettore sensibile (Rione Borgato)	0.017 (R13)	0.1%	17	17.017	25

Il recettore maggiormente interessato risulta l'R3, nei pressi dell'imbocco ovest della galleria naturale e in prossimità del cantiere operativo 1, con valori comunque ampiamente al di sotto dei limiti normativi. Il recettore sensibile a Rione Borgato (scuola) non risulta sostanzialmente interessato dalla polverosità di cantiere.

Polveri sottili

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10) prevede i seguenti limiti di legge per quanto riguarda le polveri sottili:

PM10 **			
1 giorno	50 µg/m ³ , da non superare più di 35 volte per anno civile	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante	— (1)
Anno civile	40 µg/m ³	fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2005 20 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2005	— (1)

I principali risultati sono riassunti nella seguente tabella ed esprimono il contributo dell'opera al netto del valore di fondo:

PM10 (valore medio annuo)	Fase cantiere µg/m ³	% su VL	VALORE DI FONDO	VALORE DI FONDO + CONTRIBUTO CANTIERE	VALORE LIMITE
Recettore peggiore	6.72 (R3)	16.8%	22.4	29.12	40
Recettore sensibile (Rione Borgato)	0.08	0.2%	22.4	22.48	40

PM10 (90.4° percentile media 24h)	Fase cantiere µg/m ³	% su VL	VALORE LIMITE
Recettore peggiore	13.99 (R3)	13.4%	50
Recettore sensibile (Rione Borgato)	0.28 (R13)	0.2%	50

Anche per le polveri sottili i valori risultano al di sotto dei limiti normativi e il recettore sensibile a Rione Borgato (scuola) non risulta sostanzialmente interessato dalla polverosità di cantiere.

Visto comunque il carattere di temporaneità del cantiere e le assunzioni cautelative effettuate per la modellazione, i valori abbastanza significativi delle polveri a scala giornaliera risultano del tutto accettabili e non necessitano di ulteriori interventi di mitigazione.

La polvere è il principale problema che si riscontra in fase di cantiere. I principali accorgimenti da adottare per limitarne gli impatti consistono nella bagnatura delle strade non asfaltate, nel coprire il carico dei mezzi che trasportano materiale pulverulento, nel lavaggio ruote e nel porre la massima attenzione nella fase del

carico/scarico, per esempio scegliendo dei luoghi lontani dai recettori o da aree sensibili. Il monitoraggio in questa fase risulta fondamentale per la verifica della corretta applicazione dei suddetti presidi.

I risultati mostrano comunque come ai recettori i valori risultino inferiori al limite normativo previsto.

Ossidi di azoto

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10) prevede i seguenti limiti di legge per quanto riguarda gli ossidi di azoto:

Biossido di azoto *			
I ora	200 µg/m ³ , da non superare più di 18 volte per anno civile	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010
Anno civile	40 µg/m ³	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010

I principali risultati sono riassunti nella seguente tabella ed esprimono il contributo dell'opera al netto del valore di fondo:

(NO2) annua	Media	Fase cantiere □g/m3	% VL	VALORE FONDO	DI	VALORE FONDO + CONTRIBUTO CANTIERE	DI	VALORE LIMITE
Recettore peggiore	civile	5.50 (R3)	13.8%	9.78		15.28		40
Recettore sensibile (Rione Borgato)	(Rione)	0.10 (R13)	0.2%	9.78		9.878		40

(NO2) oraria	99.8° media	Fase cantiere □g/m3	% VL	VALORE LIMITE
Recettore peggiore	civile	136.85 (R3)	68.4%	200
Recettore sensibile (Rione Borgato)		7.09 (R13)	0.05%	200

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto i valori rientrano ampiamente entro i limiti di legge, anche tenendo conto dei valori di fondo. Visto comunque il carattere di temporaneità del cantiere e le assunzioni cautelative effettuate per la

modellazione, i valori abbastanza significativi degli ossidi di azoto a scala oraria risultano del tutto accettabili e non necessitano di ulteriori interventi di mitigazione.

11 Impatti dell'opera in fase di esercizio

L'implementazione del modello matematico ha dato origine ad una serie molto interessante di risultati.

È stata simulata la dispersione in atmosfera dei principali macroinquinanti: polveri sottili (PM10), polveri fini (PM2,5), monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO2), ossidi di azoto totali (NOx) e benzene

Per la stima di ricaduta delle polveri sottili (PM10) è stato ipotizzato un diametro aerodinamico avente media geometrica di 0,48 μm , per le polveri fini (PM2,5) un diametro aerodinamico di 0,2 μm ; entrambi sono valori scientificamente accettabili per la rappresentazione di tali classi di particolato.

Da segnalare che sono stati simulati quegli inquinanti che avessero una concentrazione alla sorgente già di per se stessa significativa; per gli altri è stata considerata trascurabile la concentrazione alla sorgente e di conseguenza la ricaduta al suolo non è stata simulata.

Monossido di carbonio

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10) prevede i seguenti limiti di legge per quanto riguarda il monossido di carbonio:

Monossido di carbonio			
Media massima giornaliera calcolata su 8 ore (2)	10 mg/ m ³		— (1)

I principali risultati sono riassunti nella seguente tabella ed esprimono il contributo dell'opera al netto del valore di fondo:

CO (massimo della media 8 h)	VALORE DI FONDO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SDF $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SDP $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	% VL del $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VALORE DI FONDO + SDP $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VALORE LIMITE
Recettore peggiore	1120	22.83 (R10)	46.28 (R5)	23.45	0.23%	1166	10,000
Recettore sensibile (Rione Borgato)	1120	8.08 (R13)	7.5 (R13)	-0.58	- 0.0058%	1127	10,000

I valori di monossido di carbonio risultano sia nella situazione ante-operam che post-operam ampiamente al di sotto del limite previsto. Per quanto riguarda l'asse principale, i nuovi recettori considerati per l'opera in progetto non risultano interessati da impatti significativi. I recettori che interessano l'asse secondario subiscono invece un lieve miglioramento. Seppur non incluso nel modello occorre comunque evidenziare come l'intervento comporti un

miglioramento per i recettori collocati nei centri abitati più a sud che ad oggi sono interessati da un traffico significativo e che a seguito della realizzazione del progetto verranno sgravati.

Ossidi di azoto

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10) prevede i seguenti limiti di legge per quanto riguarda gli ossidi di azoto:

Biossido di azoto *			
I ora	200 µg/m ³ , da non superare più di 18 volte per anno civile	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010
Anno civile	40 µg/m ³	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010

Livelli critici per la protezione della vegetazione

Ossidi di azoto			
	30 µg/m ³ NOx		Nessuno

I principali risultati sono riassunti nella seguente tabella ed esprimono il contributo dell'opera al netto del valore di fondo:

(NO2) Media annua	VALORE DI FONDO	SDF µg/m ³	SDP µg/m ³	□	% VL del □	VALORE FONDO + SDP µg/m ³	DI	VALORE LIMITE
Recettore peggiore	9.78	1.089 (R10)	1.29 (R10)	0.201	0.5%	11.07		40
Recettore sensibile (Rione Borgato)	9.78	0.37 (R13)	0.35 (R13)	-0.02	- 0.05%	10.13		40

(NO2) 99.8° media oraria	SDF µg/m ³	SDP µg/m ³	□	% VL del □
Recettore peggiore	14.5 (R10)	23.6 (R5)	9.1	4.6%

Recettore sensibile (Rione Borgato)	4.03 (R13)	3.91 (R13)	-0.12	-0.06%
--	------------	------------	-------	--------

(NOX) Media annua	SDF $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SDP $\mu\text{g}/\text{m}^3$	\square	% VL del \square
Recettore peggiore	5.9 (R10)	7.06 (R10)	1.16	3.9%
Recettore eco sistemico (R14)	1.81 (R14)	1.71 (R14)	-0.1	-0.33%

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto i valori sia in fase pre che post operam rientrano ampiamente nei limiti di legge e gli incrementi sui valori massimi risultano trascurabili. Nel recettore sensibile a Rione Borgato si osserva un lieve miglioramento. I valori per gli NOx valutati al recettore Torrente Ermena (eco sistemico) seppur non rientrante nel SIC, risultano anch'essi in lieve miglioramento. Si sottolinea comunque come a fronte di un coinvolgimento di alcuni nuovi recettori, risultano sgravati i centri abitati a sud dell'area considerata nel modello e ad oggi interessata da un flusso veicolare intenso.

Polveri fini

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10) prevede i seguenti limiti di legge per quanto riguarda le polveri fini:

PM _{2,5}			
FASE I			
Anno civile	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20% l'11 giugno 2008, con riduzione il 1° gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2015	1° gennaio 2015

I principali risultati sono riassunti nella seguente tabella ed esprimono il contributo dell'opera al netto del valore di fondo:

PM 2.5 (media annua)	VALORI DI FONDO	SDF $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SDP $\mu\text{g}/\text{m}^3$	\square	% VL del \square	VALORE DI FONDO + SDP $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VALORE LIMITE
Recettore peggiore	17	0.24 (R10)	0.28 (R10)	0.04	0.16%	17.28	25
Recettore sensibile (Rione Borgato)	17	0.09 (R13)	0.085 (R13)	-0.005	-0.02%	17.085	25

I valori di polveri fini risultano del tutto contenuti e al di sotto dei limiti di legge. Gli incrementi dovuti al progetto possono ritenersi trascurabili.

Polveri sottili

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10) prevede i seguenti limiti di legge per quanto riguarda le polveri sottili:

PM10 **			
I giorno	50 µg/m ³ , da non superare più di 35 volte per anno civile	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante	— (1)
Anno civile	40 µg/m ³	fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2005 20 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2005	— (1)

I principali risultati sono riassunti nella seguente tabella ed esprimono il contributo dell'opera al netto del valore di fondo:

PM10 (valore medio annuo)	VALORE DI FONDO	SDF µg/m ³	SDP µg/m ³	□	% su VL del □	VALORE DI FONDO + SDP µg/m ³	VALORE LIMITE
Recettore peggiore	22.4	0.33 (R10)	0.39 (R10)	0.06	0.15%	22.73	40
Recettore sensibile (Rione Borgato)	22.4	0.13 (R13)	0.12 (R13)	-0.01	- 0.025%	22.52	40

PM10 (90.4° percentile media 24h)	SDF µg/m ³	SDP µg/m ³	□	% su VL del □
Recettore peggiore	0.55 (R10)	0.67 (R10)	0.12	0.24%
Recettore sensibile (Rione Borgato)	0.22 (R13)	0.21 (R13)	-0.01	-0.02%

Per quanto riguarda le polveri gli impatti risultano assolutamente trascurabili ai recettori e si osserva comunque un lieve miglioramento al ricettore sensibile di Rione Borgato. I recettori interessati dalla nuova opera non subiscono

incrementi significativi nella concentrazione di polveri a fronte di un importante miglioramento nella situazione di traffico nella zona più a sud rispetto alla zona di progetto e interessata da diversi nuclei urbani.

Benzene

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002) prevede i seguenti limiti di legge per quanto riguarda il benzene:

	Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di tolleranza	Data di raggiungimento del valore limite
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	5 µg/m³	5 µg/m³. Tale valore verrà ridotto il 01/01/2006 e successivamente ogni 12 mesi per raggiungere il valore limite al 01/01/2010	01/01/2010

I principali risultati sono riassunti nella seguente tabella ed esprimono il contributo dell'opera al netto del valore di fondo:

Benzene (media annua)	VALORE DI FONDO	SDF µg/m3	SDP µg/m3	□	% su VL del □	VALORE DI FONDO + SDP µg/m3	VALORE LIMITE
Recettore peggiore	1	0.024 (R10)	0.028 (R10)	0.004	0.08%	1.028	5
Recettore sensibile (Rione Borgato)	1	0.01 (R13)	0.0098 (R13)	- 0.0002	- 0.004%	1.0098	5

Anche per il Benzene i valori ai recettori risultano ampiamente sotto i limiti di legge sia per lo stato di fatto che di progetto (post-operam).

12 Confronto opzione zero/post operam

La valutazione a grande scala degli effetti dell'opera sul traffico attuale è stata effettuata con l'ausilio di strumenti GIS. Per effettuare questa valutazione, sono stati identificati i recettori civili nell'area di interesse (in viola nella figura sotto). Successivamente a ciascun recettore è stata associato il traffico veicolare della strada più prossima (entro una fascia di 250 m) sia per lo scenario zero (al 2025) che post operam (al 2025). Per entrambi gli scenari i recettori sono stati suddivisi in categorie a seconda del carico di traffico della strada a loro più prossima. In questo modo è stato possibile costruire l'istogramma di frequenza dei recettori caratterizzati da una diversa classe di traffico veicolare e quindi da un diverso carico di inquinamento ad esso associato.

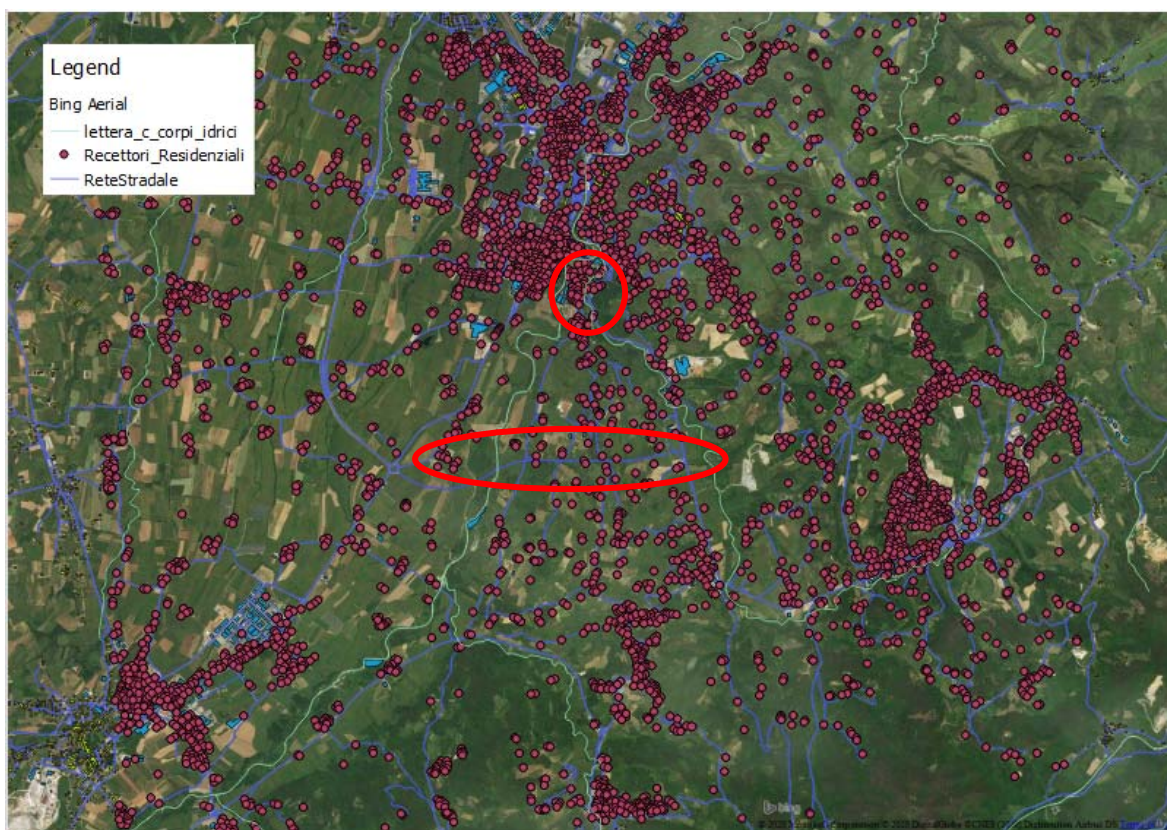


Figura 12.1 – Recettori residenziali considerati nell'area di interesse

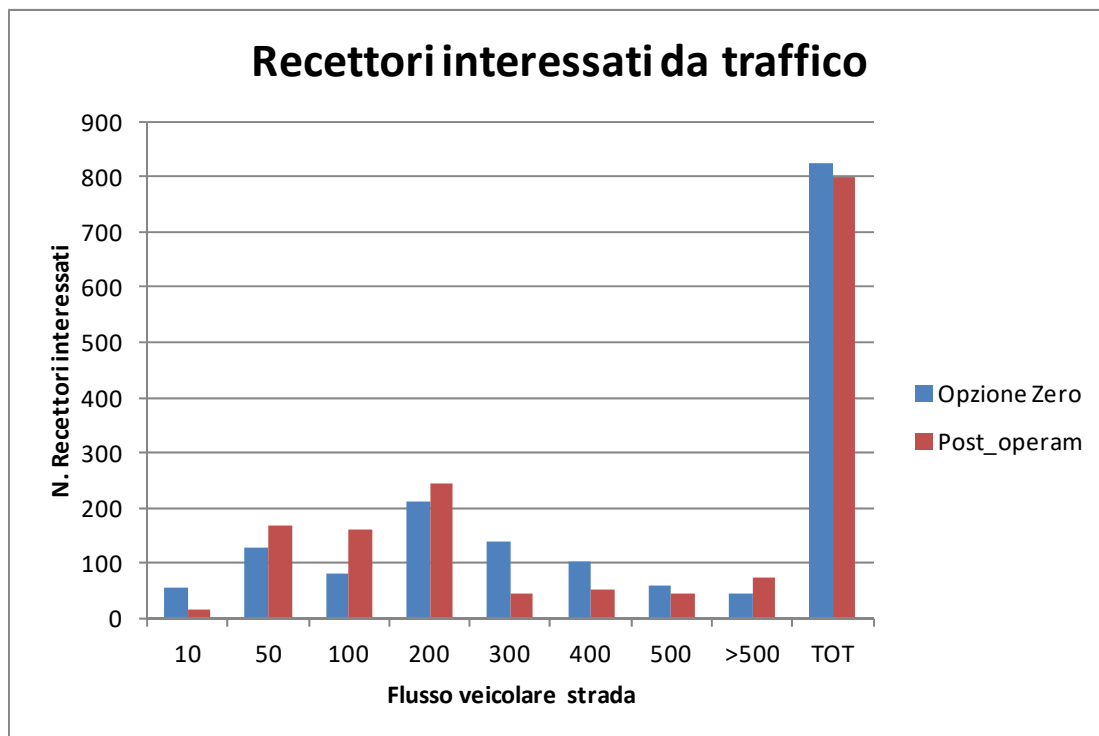


Figura 12.2 – Istogramma di frequenza dei recettori in funzione delle classi di flusso veicolare della strada più prossima

Si osserva come nello scenario post-operam, diminuisca il numero dei recettori localizzati in prossimità di strade con flussi > 300 veicoli/h nell'ora di punta e aumenti quello dei recettori interessati da minor carico veicolare, oltre che diminuire in generale il numero dei recettori coinvolti nel traffico stradale, seppur di poco. L'opera quindi risulta avere un impatto positivo in generale sulla matrice atmosfera, sgravando i centri abitati a sud dell'opera stessa dall'attuale traffico stradale, con conseguente miglioramento della qualità dell'aria.

Nella Figura seguente si riporta il confronto tra opzione zero e post-operam in termini emissivi. In particolare l'area di interesse è stata suddivisa in riquadri (1 Km x 1 Km) e per ciascuno di essi è stata calcolata la somma del prodotto tra numero veicoli (nell'ora di punta) e lunghezza del tracciato di ciascuna strada ricadente nell'area stessa. Il valore che si ottiene poi moltiplicato per il fattore emissivo (g/km*veic) di ciascun inquinante, fornisce l'emissione complessiva. Si osserva come alcuni dei centri abitati a sud e ad est di Mondovì risultino sgravati dalla nuova opera per quanto riguarda il traffico veicolare.

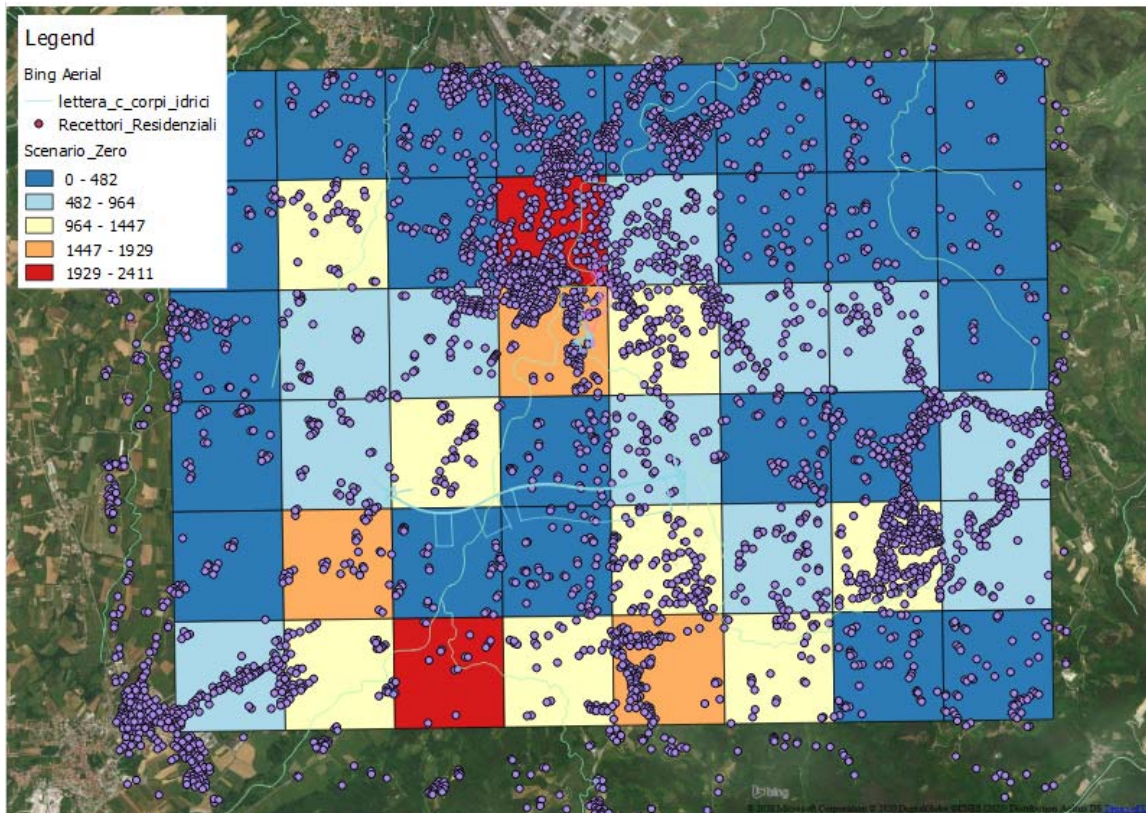


Figura 12.3 – OPZIONE ZERO - Prodotto tra numero veicoli transitanti (ora di punta) e lunghezza della rete per ciascun riquadro

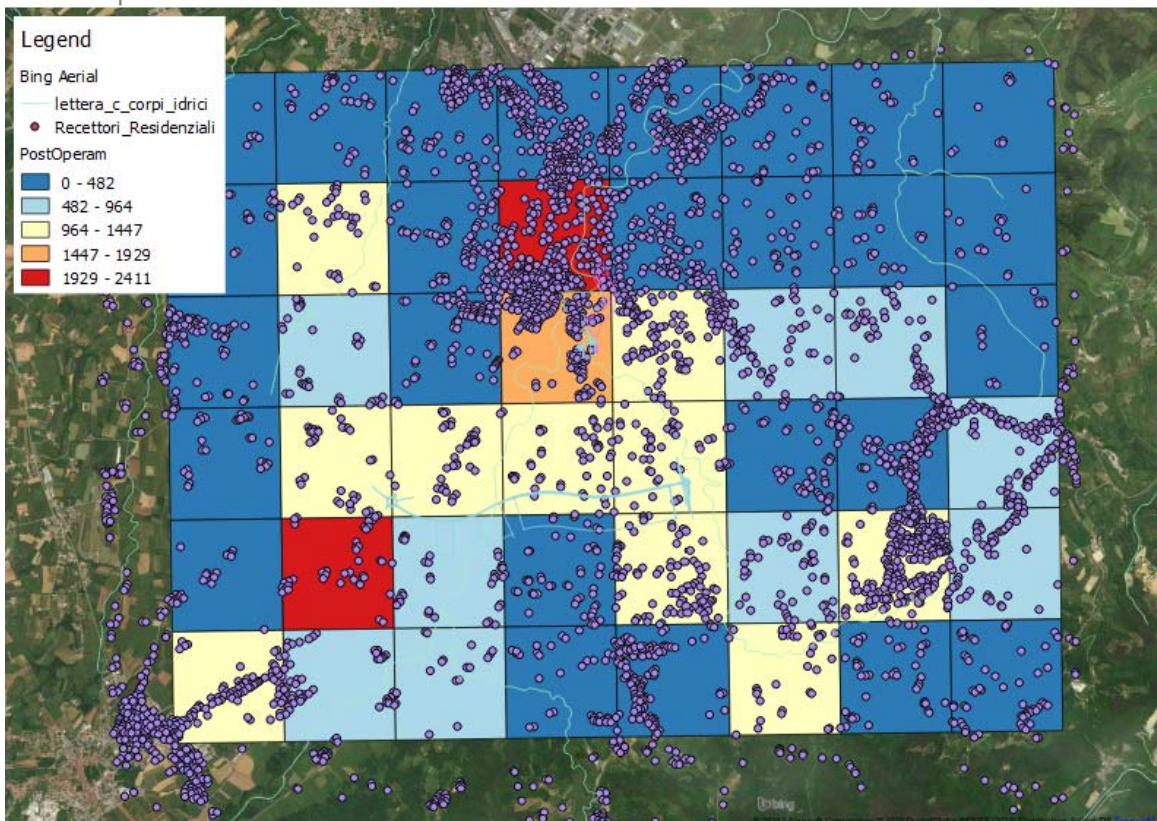


Figura 12.4 – POST OPERAM - Prodotto tra numero veicoli transitanti (ora di punta) e lunghezza della rete per ciascun riquadro

13 Mitigazioni

La sostenibilità di un progetto stradale può essere definita come tridimensionale (sociale, economica e ambientale). La sostenibilità a larga scala di una singola opera stradale è inserita in una più vasta e superiore strategia. Una volta che la scelta strategica è stata effettuata, le mitigazioni ambientali rappresentano uno strumento utile per ridurre gli impatti. I possibili effetti consistono principalmente nella frammentazione del territorio oltre che avere un effetto localizzato sulla comunità coinvolta

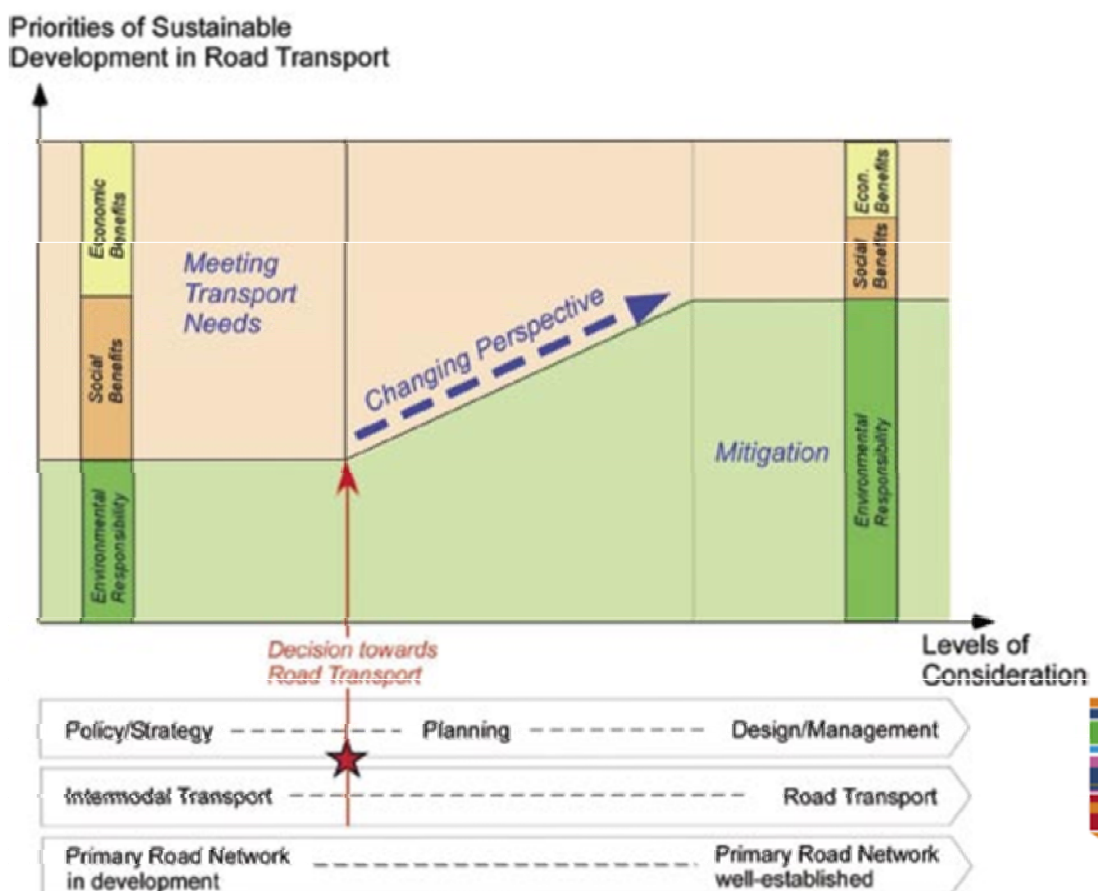


Figura 13.1 – Sostenibilità e mitigazioni (PIARC)

Uno strumento efficace per valutare la sostenibilità di un'opera stradale consiste nel monitoraggio degli inquinanti nelle matrici ambientali, tra cui l'atmosfera, sia in fase di cantiere che post-operam. Inoltre l'introduzione agli imbocchi della galleria di un sistema efficace del controllo della velocità rappresenta un sistema utile per ridurre i livelli di inquinamento atmosferico nei recettori più prossimi.

La polvere è il principale problema che si riscontra in fase di cantiere. I principali accorgimenti da adottare per limitarne gli impatti consistono nella bagnatura delle strade non asfaltate, nel coprire il carico dei mezzi che trasportano materiale pulverulento, nel lavaggio ruote e nel porre la massima attenzione nella fase del carico/scarico, per esempio scegliendo dei luoghi lontani dai recettori o da aree sensibili. Il monitoraggio in questa fase risulta fondamentale per la verifica della corretta applicazione dei suddetti presidi.

Le valutazioni eseguite nei capitoli precedenti sono state condotte ipotizzando le misure di mitigazione proposte già attive. Le risultanze delle suddette analisi non hanno evidenziato la necessità di mettere in atto ulteriori interventi di mitigazione. Ad ogni modo, se in fase di cantiere o di esercizio, il monitoraggio evidenziasse dei valori di inquinamento superiori rispetto a quelli ipotizzati nella presente analisi, nonostante l'impiego delle mitigazioni proposte, potranno essere messi in atto ulteriori mitigazioni secondarie quali:

- per la fase di cantiere, barriere antipolvere con efficienza di abbattimento attesa del 50%
- per la fase di esercizio, sistemi di trattamento delle emissioni dalla galleria, come filtri a maniche, con efficienza di abbattimento attesa di almeno il 90%.

14 Confronto tra le varie alternative di tracciato

L'analisi geologica effettuata ha evidenziato come il tracciato del progetto preliminare andasse ad interferire con le frane presenti, andando a gravare su aree potenzialmente instabili.

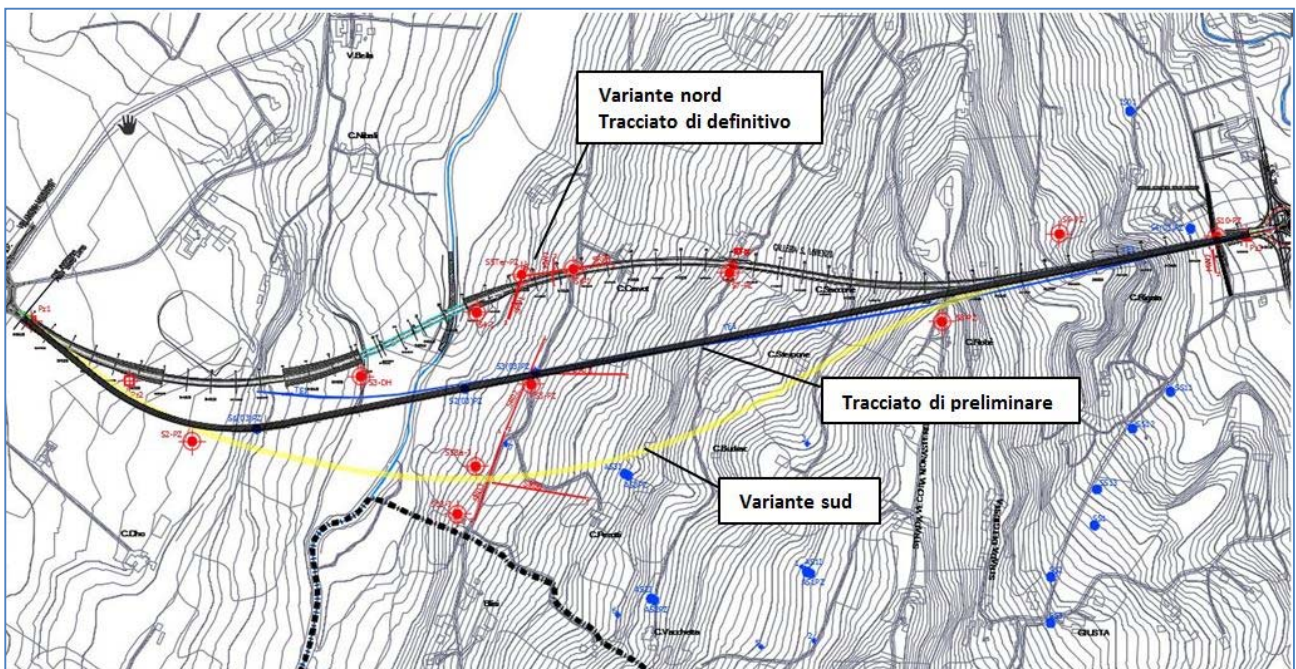


Figura 14.1 Varianti di tracciato studiate in sede di progettazione definitiva. Alla soluzione di preliminare è stata preferita la variante nord in quanto ritenuta migliorativa dal punto di vista stratigrafico e geomorfologico. In rosso sono riportate le indagini di progetto definitivo ed in blu quelle pregresse

Tra le due varianti proposte (nord e sud) quella nord risulta senz'altro la migliore per i seguenti motivi:

- L'opzione di tracciato a sud interferisce planimetricamente con una frana potenzialmente attiva segnalata da molta documentazione bibliografica, mentre il tracciato più a nord non interferisce con perimetrazioni note.
- Nell'opzione nord il tracciato in galleria è più breve, diminuendo quindi l'impatto della ventilazione della stessa ai recettori in prossimità degli imbocchi, oltre che ridurre l'impatto in fase di cantiere legato alla movimentazione dello smarino.

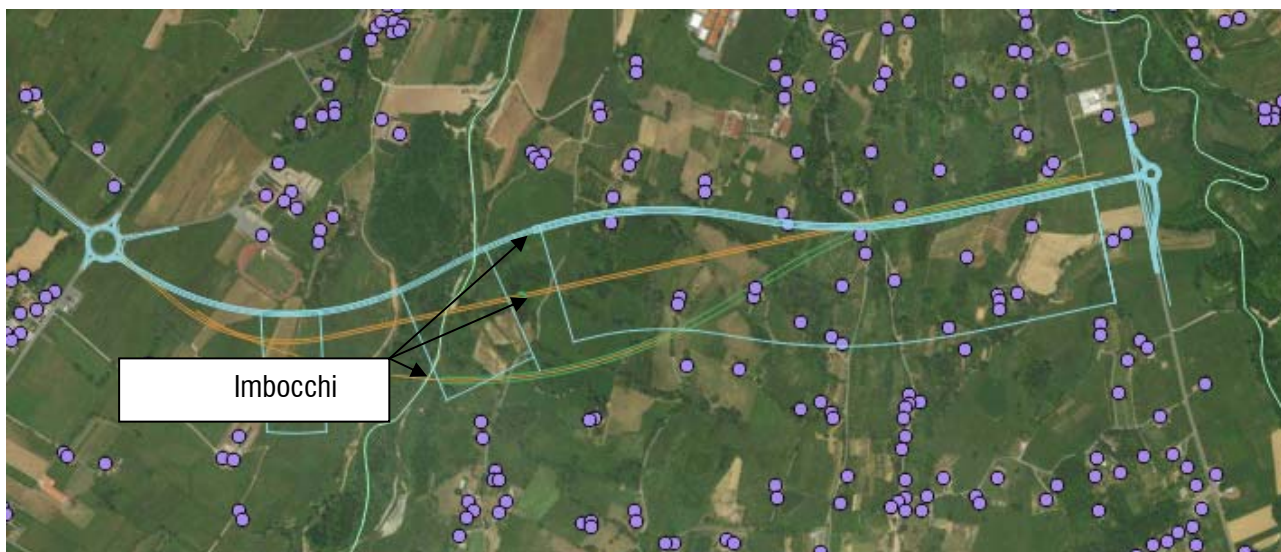


Figura 14.2 Alternative

Per quanto riguarda l'asse secondario le alternative di progetto risultano comparabili da un punto di vista delle emissioni in atmosfera.

15 Indicazioni per il monitoraggio ambientale

Asse principale

Prima dell'inizio della fase di cantierizzazione dovranno essere previste delle campagne di monitoraggio di polveri, ossidi di azoto, in corrispondenza dei recettori interessati dall'asse principale denominati come REC 10, REC 3, REC 5.

Tali analisi dovranno essere poi ripetute a cadenza trimestrale dopo l'entrata in esercizio dell'opera per la durata di un anno complessivo. In concomitanza del periodo di osservazione dovranno essere raccolti dati relativi alle condizioni meteo locali e alle condizioni di traffico presenti (anche in relazione alla tipologia di mezzi transitanti).

E' opportuno che ciascuna campagna di monitoraggio degli inquinanti presenti una durata di 14 giorni, al fine di cogliere eventuali variazioni sia giornaliere che orarie. E' inoltre opportuno che le campagne vengano svolte in condizioni di traffico rappresentative per cui evitando i giorni di festività oppure in concomitanza di eventi particolari. E' inoltre indicato che almeno un monitoraggio venga effettuato nella stagione invernale, con le condizioni meteo più sfavorevoli per la dispersione degli inquinanti.

Per la fase di cantiere dovranno essere previste a cadenza semestrale le analisi delle polveri (PM10 e PM2.5) e ossidi di azoto in corrispondenza dei suddetti recettori per valutare l'efficacia dei presidi adottati.

Per garantire uno svolgimento qualitativamente omogeneo delle misure e la ripetibilità delle stesse è necessario che le misure vengano svolte con appropriate metodiche. I campionamenti dovranno essere eseguiti secondo il D.lgs. 155/2010. La campagna di monitoraggio sarà svolta mediante l'utilizzo di campionatore gravimetrico, utilizzato da tecnici competenti. In particolare il campionamento del PM10 e degli IPA può essere realizzato con un alinea di prelievo sequenziale che utilizza filtri con diametro sufficientemente ampio e cicli di prelievo da 24 ore.

Le determinazioni analitiche sui campioni prelevati saranno effettuate al termine del ciclo di campionamento mediante determinazione gravimetrica ("metodo UNI EN 12341:1999") e cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC "metodo UNI EN 15549:2008"). Per i metalli le determinazioni analitiche verranno effettuate su filtri esposti in nitrato di cellulosa mediante spettrofotometria di emissione con plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-Ottico) e spettrofotometria di assorbimento atomico con fornetto a grafite "metodo UNI EN 14902:2005".

Nel caso in cui i risultati del monitoraggio evidenziassero un incremento nella concentrazione degli inquinanti (sempre rapportati ai limiti normativi previsto dal D.lgs. 155/2010) nelle fasi CO e PO, superiore rispetto a quanto previsto nella valutazione dello SIA, dovrà essere subito data segnalazione agli Organi di controllo nonché alla Ditta appaltatrice se in CO, al fine di condurre verifiche sull'efficienza dei sistemi messi in atto per l'abbattimento delle emissioni.

La caratterizzazione dal punto di vista meteorologico dovrà essere effettuata tramite raccolta dei dati di una centralina meteo posta in prossimità dell'opera in oggetto. I parametri da rilevare sono:

- Temperatura, umidità, direzione e velocità del vento a scala oraria
- Precipitazione ed evaporazione su scala giornaliera

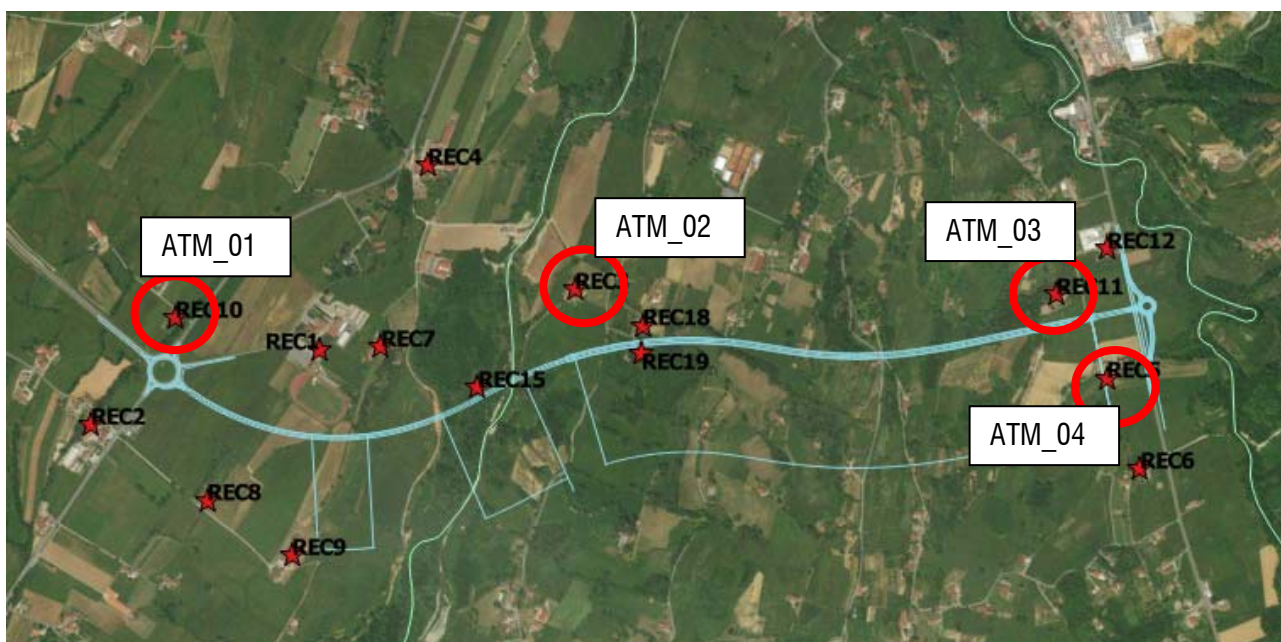


Figura 15.1 Punti di monitoraggio asse principale

Asse secondario

Per quanto riguarda l'asse secondario le analisi in fase ante operam, di cantiere ed esercizio potranno essere effettuate in corrispondenza dei due recettori civili più prossimi, come indicato nella Figura seguente. Le metodologie e la frequenza sono le medesime individuate per l'asse principale.

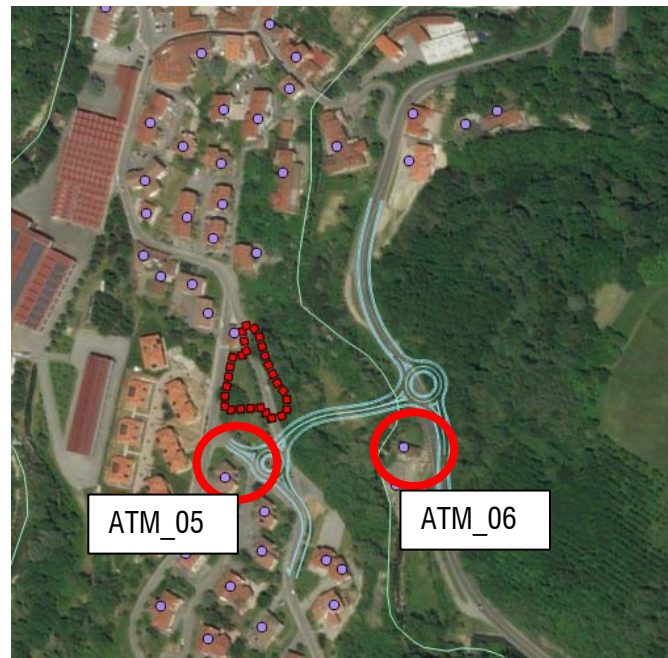


Figura 15.2 Punti di monitoraggio asse secondario

16 Bibliografia

Biancotti, G. Bellardone, S. Bovo, B. Cagnazzi, L. Giacomelli, C. Marchisio – 1998 - DISTRIBUZIONE REGIONALE DI PIOGGE E TEMPERATURE (ARPA PIEMONTE)

S. Fratianni, B.Cagnazzi, R. Cremonini – 2007 - IL VENTO IN PIEMONTE (ARPA Piemonte)

PIARC – 2019 – Road Tunnels: vehicle emissions and air demand for ventilation (Technical Committee D.5 Road Tunnels)

PIARC 2012 – Monitoring of Environmental impacts of road (PIARC Technical Committee A.1. Preserving the Environmental)

Scire JS (2000) A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model

Scire JS Robe FR, Fernau M.E., Yamartino R.J. (2000) A User's Guide for the CALMET Meteorological Model

[ARPA Dipartimento Piemonte Sud Ovest Relazione annuale qualità dell'aria 2020](#)

[ARPA Piemonte Piano Regionale Qualità dell'Aria](#)