

## SS38 "dello Stelvio" - Tangenziale Sud di Sondrio

**Nuovo attraversamento in viadotto della linea ferroviaria Sondrio-Tirano e nuove connessioni alla viabilità locale tra le Pk 40+000 e la Pk 40+700 nei Comuni di Sondrio e Montagna in Valtellina**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**COD. MI634**

PROGETTAZIONE:



**FRANCHETTI**



PROGETTISTI:

*Ing. Stefano Monni*  
Ordine Ing. Prato n. 155

*Ing. Carlo Mazzetti*  
Ordine Ing. Siena n. 1177

*Dott. Luciano Luciani*  
Dott. Sc. Forestali

*Dott. Giulio Tona*  
Ordine Agronomi e Forestali Firenze n. 1045

*Ing. Michele Frizzarin*  
Ordine Ing. Verona n. A4547

**Il responsabile dell'integrazione tra le varie discipline specialistiche:**

*Ing. Stefano Monni*  
Ordine Ing. Prato n. 155

**Il coordinatore della sicurezza in fase di progettazione:**

*Arch. Giorgio Salimbene*  
Ordine Arch. Firenze n. 3997

**Il geologo:**

*Dott. Geol. Pier Paolo Binazzi*  
Ordine Geologi Toscana n. 130

**VISTO**  
**Il responsabile del procedimento:**

*Ing. Giancarlo Luongo*

## STUDIO IMPATTO AMBIENTALE ANALISI AMBIENTALE ARIA

RELAZIONE ARIA

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00IA41AMBRE01_A.DWG			
<b>D P M I 0 6 3 4</b>	<b>D 2 3</b>	CODICE ELAB.	<b>T 0 0 I A 4 1 A M B R E 0 1</b>	<b>A</b>	—
<b>A</b>	EMISSIONE	AGOSTO 2023	A. BONALDI	A. DEL BONO	S. MONNI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

<b>1 - INTRODUZIONE.....</b>	<b>2</b>
<b>2 - ANALISI DELLO SCENARIO DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>3</b>
2.1 - STATO DI FATTO E ALTERNATIVA PROGETTUALE B1 .....	3
2.2 - CORSO D'OPERA .....	6
<b>3 - SORGENTI EMISSIVE.....</b>	<b>9</b>
3.1 - TRATTI STRADALI: STATO DI FATTO E ALTERNATIVA PROGETTUALE B1.....	9
3.2 - TRATTI STRADALI: FASE DI CANTIERIZZAZIONE .....	17
3.3 - FLUSSI IN EMISSIONE .....	19
<b>4 - OPZIONE ZERO.....</b>	<b>21</b>
<b>5 - METEOROLOGIA DEL LUOGO .....</b>	<b>22</b>
5.1 - STAZIONE ARPA – SONDRIO FOND. FOJANINI.....	23
5.1.1 - <i>Temperatura</i> .....	23
5.1.2 - <i>Precipitazioni</i> .....	24
5.2 - STAZIONE ARPA – CAIOLO.....	25
5.2.1 - <i>Temperatura</i> .....	25
5.2.2 - <i>Precipitazioni</i> .....	26
5.2.3 - <i>Anemometria</i> .....	27
<b>6 - INQUADRAMENTO NORMATIVO.....</b>	<b>28</b>
6.1 - IL D.LGS. 155/2010 .....	28
6.2 - LA NORMATIVA REGIONALE .....	29
6.2.1 - <i>La zonizzazione del territorio regionale secondo la d.g.r. 2605 del 30/11/2011</i> .....	30
<b>7 - QUALITÀ DELL'ARIA ANTE-OPERAM .....</b>	<b>34</b>
7.1 - PARTICOLATO ATMOSFERICO.....	36
7.1.1 - <i>Polveri PM<sub>10</sub></i> .....	36
7.1.2 - <i>Polveri PM<sub>2,5</sub></i> .....	38
7.2 - OSSIDI DI AZOTO (NO <sub>x</sub> ).....	40
7.3 - MONOSSIDO DI CARBONIO (CO).....	42
7.4 - BENZENE (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	43
<b>8 - INQUADRAMENTO RISPETTO AL PRIA .....</b>	<b>46</b>
<b>9 - IMPATTO DELLE EMISSIONI GENERATE .....</b>	<b>47</b>
9.1 - IL MODELLO MMS CALINE.....	47
9.2 - IMPATTO DELLE EMISSIONI GENERATE (ALTERNATIVA PROGETTUALE B1) .....	51
9.3 - CONFRONTO CON I VALORI RILEVATI NELL'INTORNO (ALTERNATIVA PROGETTUALE B1) .....	55
9.4 - IMPATTO DELLE EMISSIONI GENERATE (FASE DI CANTIERIZZAZIONE).....	57
9.5 - CONFRONTO CON I VALORI RILEVATI NELL'INTORNO (FASE DI CANTIERIZZAZIONE).....	60
<b>10 - CONCLUSIONI.....</b>	<b>62</b>

## 1 - INTRODUZIONE

La società CONCESSIONI AUTOSTRADALI LOMBARDE (CAL), per conto della Regione Lombardia e sotto il controllo tecnico degli uffici della Direzione Tecnica di ANAS, ha sviluppato il progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE) dell'intervento in argomento denominato "Nuovo attraversamento in viadotto della linea ferroviaria Sondrio-Tirano e nuove concessioni alla viabilità locale tra la PK 40+000 e la PK 40+700 nei Comuni di Sondrio e Montagna in Valtellina". Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo attraversamento della linea ferroviaria Sondrio-Tirano lungo la S.S. n. 38 "dello Stelvio" (in seguito SS38), in alternativa o sostituzione del passaggio a livello della linea ferroviaria Sondrio-Tirano ubicato alla PK 40+700.

L'intervento si configura come opera necessaria a garantire la sostenibilità delle Olimpiadi invernali di Milano-Cortina 2026.

La presente relazione ha l'obiettivo di valutare l'impatto sulla qualità dell'aria determinato dalla differente distribuzione del traffico veicolare prodotta dalla modifica del tracciato stradale della SS38 come individuato dall'alternativa progettuale denominata B1, approfondita nel seguente capitolo.

In particolare, lo studio intende quantificare l'impatto delle emissioni da traffico veicolare lungo la viabilità attraverso:

- il confronto delle concentrazioni di inquinanti presenti nell'aria stimate e i limiti previsti dalla normativa;
- il confronto tra le concentrazioni di inquinanti ai ricettori stimate nelle tre differenti situazioni (ante-operam, cantierizzazione, post-operam).

La procedura di lavoro viene di seguito riassunta:

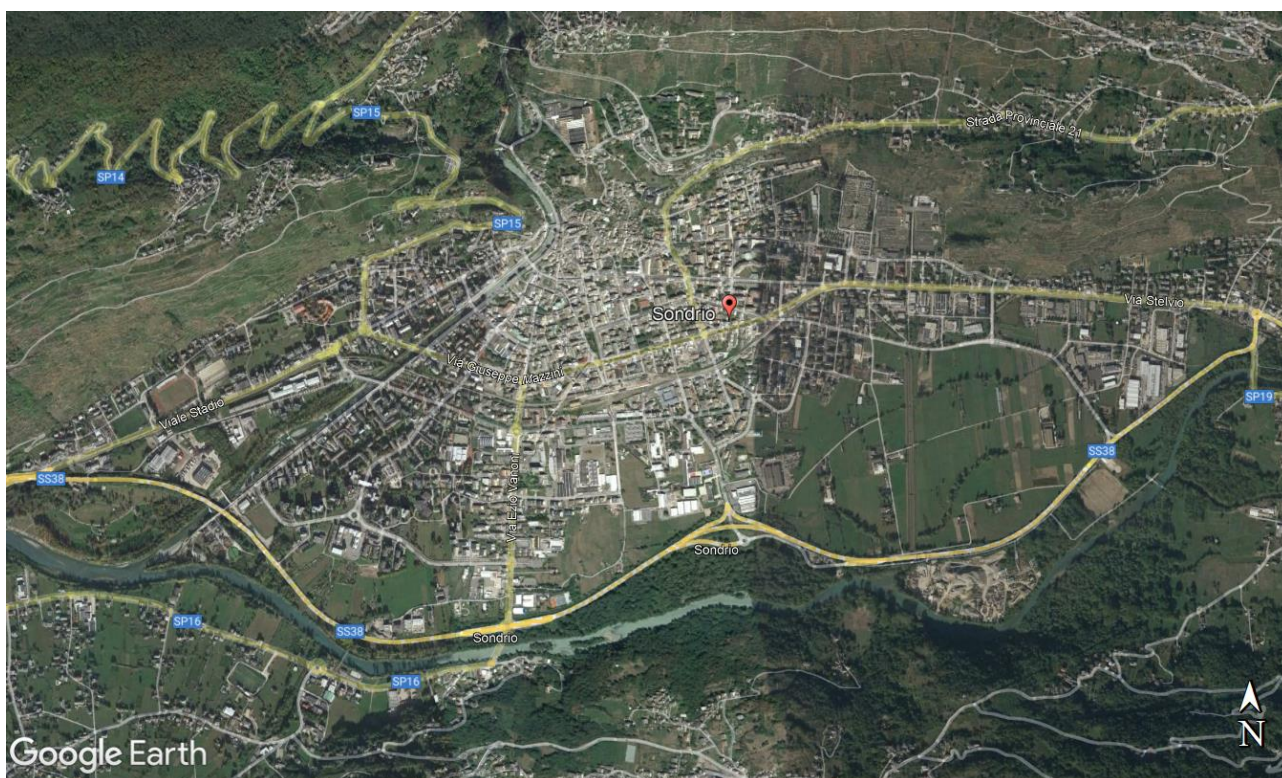
- analisi dello scenario di riferimento;
- definizione delle caratteristiche delle sorgenti emmissive;
- caratterizzazione meteorologica del sito;
- inquadramento normativo;
- utilizzo del modello di calcolo per la stima delle concentrazioni degli inquinanti per diversi tempi di campionamento;
- confronto dei risultati ottenuti con i limiti di qualità dell'aria.

## 2 - ANALISI DELLO SCENARIO DI RIFERIMENTO

### 2.1 - STATO DI FATTO E ALTERNATIVA PROGETTUALE B1

L'area oggetto di studio è situata nella provincia di Sondrio lungo il confine tra i comuni di Sondrio e di Montagna in Valtellina.

L'area oggetto di studio (area pianeggiante di fondovalle) interessa superfici aventi destinazione d'uso diverse.



**Figura 1 – Area oggetto di studio con identificazione della viabilità esistente**

L'area di intervento, dall'analisi dell'elaborato inerente alle Previsioni progettuali Strategiche allegato al PTCP di Sondrio, attraversa ambienti con previsioni differenti: passa, infatti, tra territori con previsioni urbanistiche residenziali/esistenti, servizi pubblici, commerciale/Direzionale, polifunzionale per arrivare, nel Comune di Sondrio ad aree classificate a prati. Nel buffer di progettazione si nota anche la presenza della linea ferroviaria Sondrio-Tirano e della pista ciclabile PCIR 03 "Adda" con cui non si hanno interferenze. Per quanto concerne "L'ambiente ed il paesaggio", si mostra che l'area in analisi è situata nei pressi di "Riserve e monumenti naturali istituiti e proposti" che sono integrati nella Zona a Protezione Speciale (ZPS), ovvero la Riserva Regionale "Bosco dei Bordighi". Si può comunque affermare che l'area oggetto di intervento è collocata tra zone fortemente antropizzate ed in tal senso un intervento migliorativo (previsto nella programmazione) trova la sua efficacia.

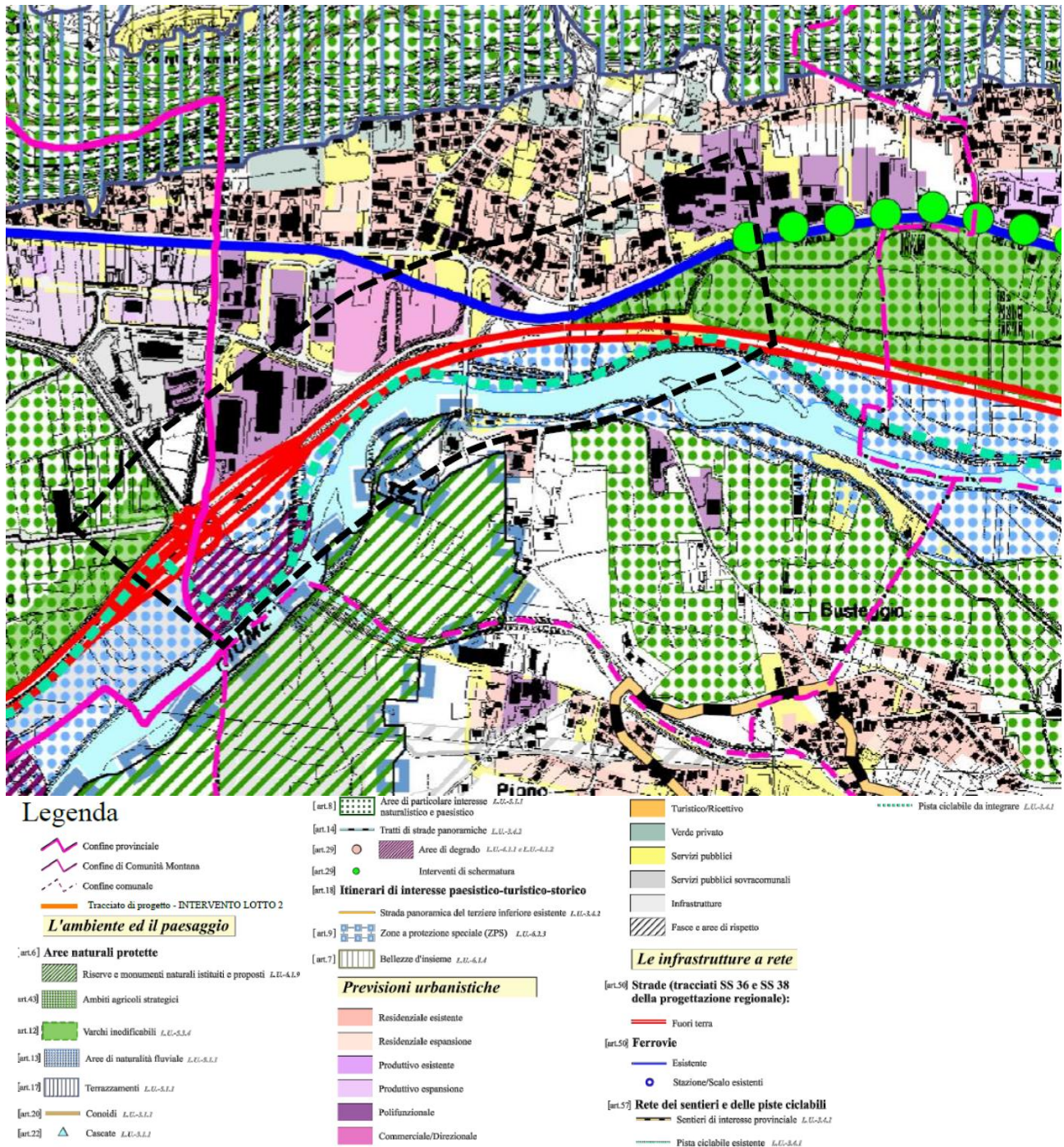


Figura 2 – Estratto PCTP, Tav. 6.8: Previsioni progettuali strategiche (in tratteggio nero, buffer di intervento)

L'intervento SS38 "Tangenziale Sud di Sondrio" in questione è una delle opere già individuate dal decreto 7 dicembre 2020, adottato dal Ministro delle infrastrutture e mobilità sostenibili di concerto con il Ministro dell'economia e delle finanze. Si tratta di opere da realizzare con le risorse stanziare dalla legge di bilancio 2020 (cioè legge 160 del 2019) e finalizzate a garantire la sostenibilità delle Olimpiadi invernali Milano-Cortina 2026.

Nello specifico, la Tangenziale Sud di Sondrio è indicata, nell'ambito del suddetto Decreto, sia nell'allegato C quale opera "essenziale" che nell'allegato D; ciò significa che rientra tra le n. 14 opere ritenute di particolare complessità per le quali si applica la semplificazione di cui all'articolo 44 del decreto-legge n. 77 del 2021 riguardante lo snellimento delle procedure per le opere del PNRR.

La soluzione progettuale B1 prevede il prolungamento della Tangenziale di Sondrio in continuità con la SS38 eliminando il tratto urbano obbligato all'interno del Comune di Montagna, evitando in questo modo l'interferenza ferroviaria (PL al km 2+521 della linea Sondrio-Tirano) con i flussi di medio-lungo raggio. Non sono presenti intersezioni intermedie su questa nuova direttrice sul lato Est, mentre prevede la realizzazione di uno svincolo a livelli sfalsati nei pressi dell'intersezione con la provinciale SP19 proveniente da Piateda (entrata per i veicoli diretti a Morbegno e uscita in verso opposto da Morbegno verso Piateda, Montagna e Sondrio) e di una rotatoria in corrispondenza dell'intersezione con via Europa che garantisce tutte le manovre di svolta. È inoltre prevista la realizzazione di una rampa di svolta diretta dalla SS38 (proveniente da Tirano) verso via Stelvio, denominata uscita "Trippi" che garantisce la penetrazione verso il capoluogo in modo del tutto analogo a quanto avviene oggi.

Si prevede il mantenimento in esercizio del passaggio a livello situato al km 2+521 della linea ferroviaria Sondrio – Tirano; attualmente il PL essendo itinerario obbligato della SS38 causa fenomeni di congestione e rallentamenti lungo la Statale, mentre nella configurazione di progetto il flusso in corrispondenza del passaggio a livello viene sensibilmente ridotto, poiché i flussi in transito sulla tangenziale trovano prosecuzione verso la SS38 sul viadotto.

In questo scenario via Stelvio mantiene sostanzialmente invariata la sua vocazione di porta di accesso alla città di Sondrio per i veicoli provenienti da Tirano, senza registrare significative variazioni di flusso in direzione Ovest rispetto allo scenario attuale. Il flusso di traffico in uscita dalla città verso Est, data l'assenza di connessione diretta tra via Stelvio e la SS38, si appoggia un nuovo itinerario lungo le vie Germania ed Europa grazie alla possibilità – oggi non permessa – di effettuare tutte le manovre di svolta nel nodo via Europa-Tangenziale. Il sottopasso ferroviario di via Germania, di recente realizzazione (2019), pur essendo caratterizzato da un calibro limitato risulta l'itinerario più veloce, ma può essere supportato anche dall'altro sottopasso situato in via Fiume (con proseguimento verso Ovest tramite via Brigata Orobica).

## 2.2 - CORSO D'OPERA

Il processo di cantierizzazione è stato studiato in relazione sia all'analisi puntuale delle caratteristiche localizzative, costruttive e dei fabbisogni generati da ogni singolo intervento, sia alla necessità di rispettare le tempistiche realizzative previste per l'esecuzione degli interventi in progetto.

Il cantiere è stato organizzato per fasi costruttive progressive tali da consentire sempre l'esercizio del traffico stradale per tutte le direttrici interessate.

Per il solo tratto di raccordo tra il nuovo tracciato della SS 38 su viadotto e via Stelvio, in relazione alla realizzazione della spalla e dei muri di contenimento, sarà necessario disporre un senso unico alternato regolato da impianto semaforico per tutta la durata della lavorazione.

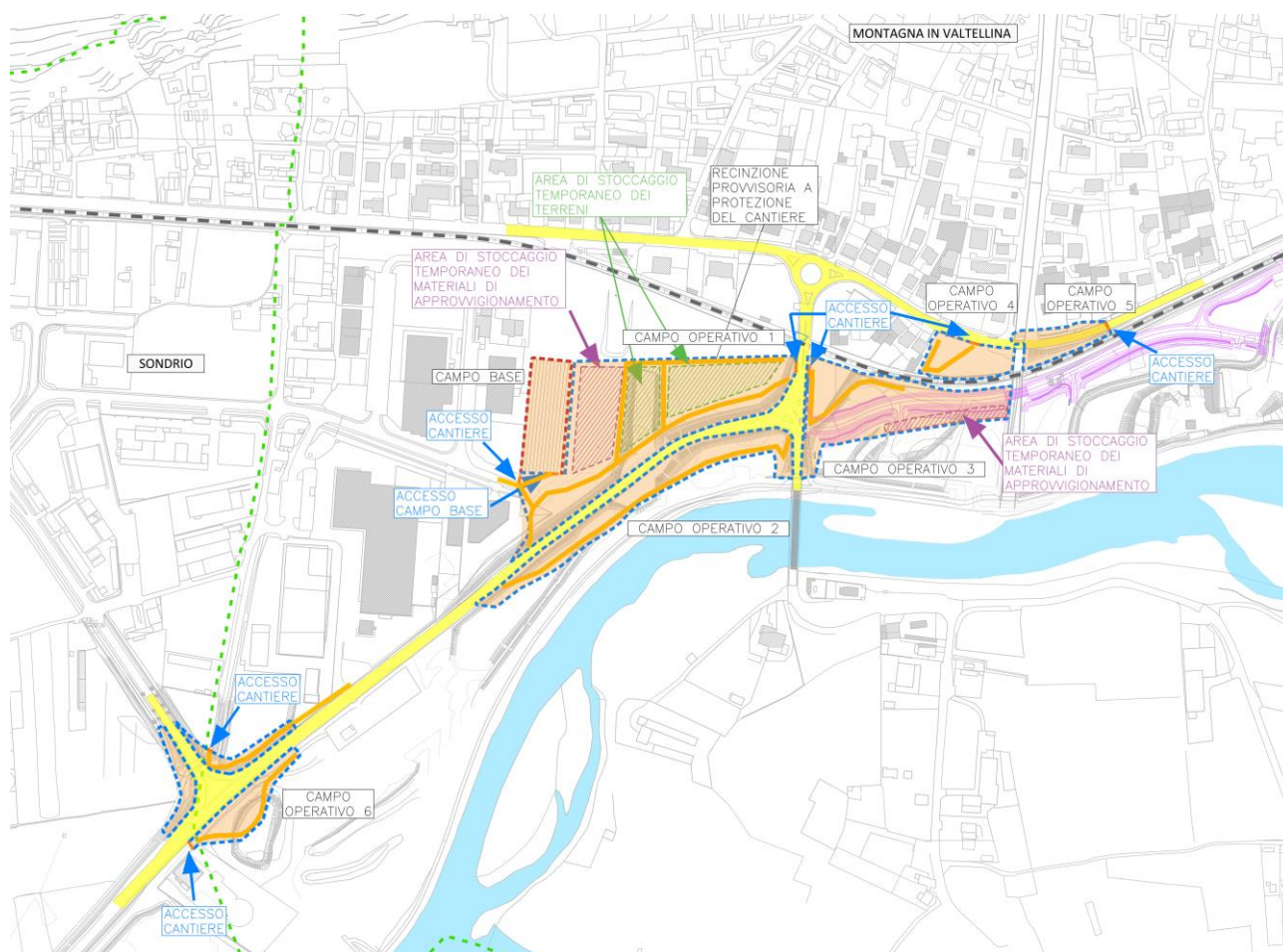


Figura 3 - Ubicazione delle aree di cantiere e relativi accessi

Di seguito vengono indicate le fasi realizzative delle opere in progetto.

### Fase 0

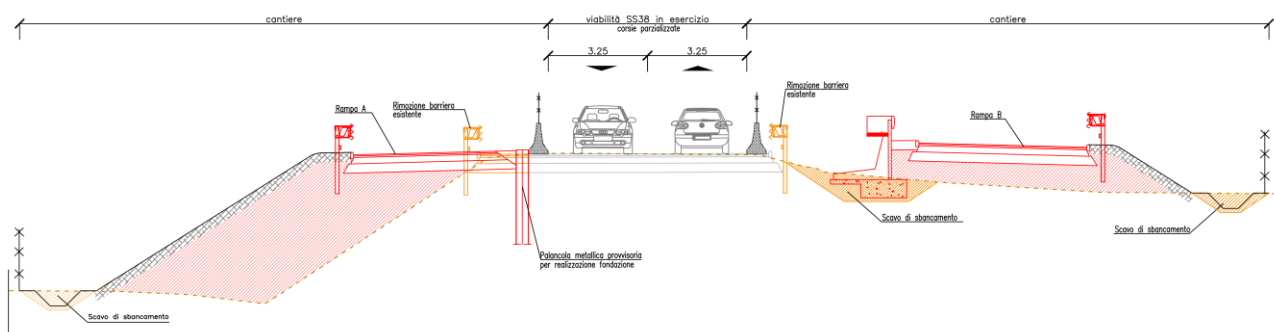
In questa prima fase verranno realizzate tutte le opere di accantieramento, allestimento campo base e bonifica ordigni bellici;

### Fase 1 e Fase 2 - Rotatoria Via Europa

Durante la prima fase per la realizzazione della rotatoria sull'incrocio tra Via Europa e la S.S. 38, verranno realizzate tutte le opere esterne alla sede stradale della S.S. 38, mantenendo il traffico attivo sulla stessa e su Via Europa. Il cantiere operativo presenterà due accessi, rispettivamente al livello superiore (stradale) ed a livello inferiore (a quota della viabilità di servizio) per consentire un agevole accesso dei mezzi all'area oggetto degli interventi di realizzazione dei rilevati. Una volta completata la realizzazione delle opere esterne si procederà con la realizzazione della rotatoria lungo la sede stradale. Il traffico veicolare sfrutterà la porzione di rotatoria già realizzata: saranno garantite le medesime percorrenze e direzionalità consentite allo stato attuale ma dovrà essere istituito un senso unico alternato regolato da semafori. L'ultima fase, prima della messa in esercizio, prevede la realizzazione dell'innesto lungo la S.S. n. 38 dello Stelvio lato ovest e la realizzazione tappeto di usura.

### Fase 3 – Variante SS38

Nella prima fase di esecuzione della variante della S.S. 38 si realizzeranno tutte le opere esterne alla viabilità esistente che si manterrà in esercizio. Si costruiranno pertanto la Rampa nord e la Rampa sud ed i relativi rilevati. Saranno messe in opera le fondazioni e le elevazioni delle spalle e delle pile non interferenti con la viabilità esistente, quindi la Spalla B e le Pile 1-2-3. Infine, si realizzeranno tutte le opere esterne alla sede stradale esistente per la costruzione della rotatoria sulla SP 19. Per la messa in opera di tali opere sarà necessario parzializzare la carreggiata dalla SS 38 mantenendo comunque il doppio senso di marcia, come indicato nella figura sottostante relativa alla sezione AA.



**Figura 4 – Fase 1: variante SS38, sezione AA**



#### Fase 4 – Variante SS38

È prevista la realizzazione di una viabilità di bypass verso il centro abitato di Montagna in Valtellina prima della salita sul nuovo viadotto della S.S. n. 38 dello Stelvio per chi proviene da Tirano. A tal fine sarà realizzato un manufatto scatolare per l'allargamento della piattaforma stradale lungo il torrente Davaglione nonché la rettifica degli accessi e dei confini di alcune proprietà che si attestano su via dello Stelvio. A completamento di queste fasi, con l'esercizio della nuova viabilità su via Stelvio, per permettere la realizzazione della spalla B e dei muri di contenimento, verrà mantenuto un senso unico alternato regolato da impianto semaforico. In conseguenza di questa modifica, anche alcune strade limitrofe attestanti su via Stelvio dovranno essere temporaneamente gestite con percorrenza a senso unico.

#### Fase 5 – Variante SS38

Durante la seconda fase di esecuzione della variante della SS 38, il traffico verrà deviato sulla rampa nord e sulla rampa sud che tramite la nuova rotatoria sulla SP 19 consentirà tutte le manovre in ingresso ed uscita al comune di Montagna in Valtellina. In questa fase si realizzerà il corpo stradale dell'asse principale ed i relativi muri di contenimento nonché la Spalla A.

Contemporaneamente a tutte queste lavorazioni potrà essere realizzata la carpenteria metallica dell'impalcato in modo tale che una volta ultimate le ultime elevazioni si potrà procedere con il varo dello stesso. A seguito delle opere di completamento, quali barriere di sicurezza e segnaletica, la nuova variante alla S.S. 38 può essere aperta al traffico.

#### Fase 6 – Opere di completamento

Durante l'ultima fase dei lavori saranno completate le opere per la realizzazione della nuova pista ciclabile di collegamento a quella lungo fiume Adda. Contemporaneamente si realizzeranno le opere a verde di mitigazione e lo smantellamento del cantiere.

### **3 - SORGENTI EMISSIVE**

Ai fini della valutazione dell'impatto sulla matrice aria verranno prese in considerazione le emissioni veicolari generate nei tratti stradali del comune di Sondrio, non limitandosi alla sola viabilità oggetto di modifica. La scelta di tale metodologia analitica è stata effettuata in quanto, a seguito della realizzazione delle opere in progetto, si avrà una variazione della distribuzione del traffico veicolare nell'intero comune di Sondrio.

La valutazione è stata effettuata anche per la fase di cantierizzazione, ma solo per gli inquinanti PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>.

#### **3.1 - TRATTI STRADALI: STATO DI FATTO E ALTERNATIVA PROGETTUALE B1**

Le valutazioni riguardanti le emissioni generate dalle sorgenti stradali sono dedotte dai contenuti dello studio viabilistico di progetto redatto da META srl nell'Aprile 2023 (Integrazione allo studio di traffico. Varianti progettuali B1 e C1). Tale studio specifica i flussi veicolari orari riferiti all'ora di punta della mattina (07:30 – 08:30) sia per la situazione ante-operam (Stato di fatto) che per la situazione post-operam (alternativa progettuale B1) per l'intera rete stradale dell'area di studio. I flussi veicolari orari sono stati ottenuti a seguito della definizione di una matrice origine/destinazione (O/D): tale matrice nasce dalla combinazione del dato sugli spostamenti derivato della matrice del modello regionale, ricondotta ad una zonizzazione più fine all'interno del comparto di analisi già descritto, e dall'espansione della domanda rilevata durante le interviste agli automobilisti svolte nei mesi di febbraio –marzo 2019 in occasione della campagna di indagine svolta per la redazione del PGTU di Sondrio.

La rete stradale dell'area di studio include, come asse primario, la SS38 che, diramandosi a Colico dalla SS36 proveniente da Milano, Monza e Lecco, collega Morbegno, Sondrio, Tirano e Bormio al passo dello Stelvio, discendendo successivamente lungo la Val Venosta verso Merano e Bolzano. La rete extraurbana è completata dalle strade provinciali, convergenti sul capoluogo:

- la SP14 “Panoramica del Terziere di Mezzo”, che collega il capoluogo al nucleo storico di Castione Andevenno interessando le frazioni di Mossini e Sant'Anna-Pradella-Triangia;
- la SP15 “della Valmalenco”, che collega Sondrio a Chiesa in Valmalenco attraversando la frazione di Mossini;
- la SP16 “Orobica”, che collega il capoluogo ai centri situati ad Ovest sulla sponda opposta dell'Adda (Albosaggia, Caiolo, Cedrasco);

- la SP19 “di Piateda”, che si dirama dalla SS38 immediatamente ad Est della città raggiungendo il centro omonimo;
- la SP21 “dei Castelli”, che congiunge la città a Montagna in Valtellina, Poggiridenti e Tresivio, lungo un tracciato elevato sul balcone orografico del versante retico.

Si riportano di seguito i flussogrammi dell'ora di punta della mattina (07:30 – 08:30) relativi alle due situazioni ante-operam e post-operam, estratti dal sopracitato studio redatto da META srl.

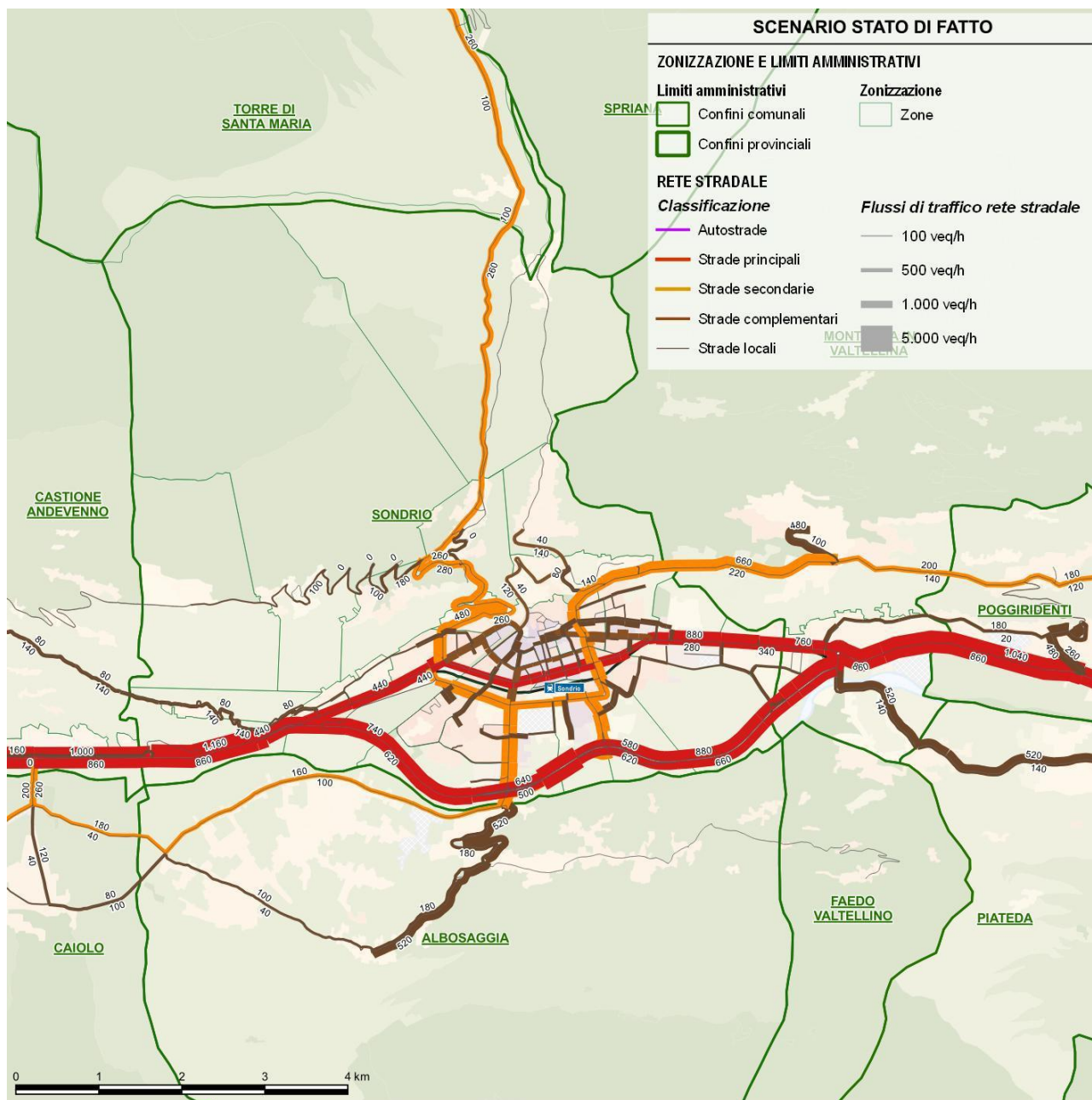
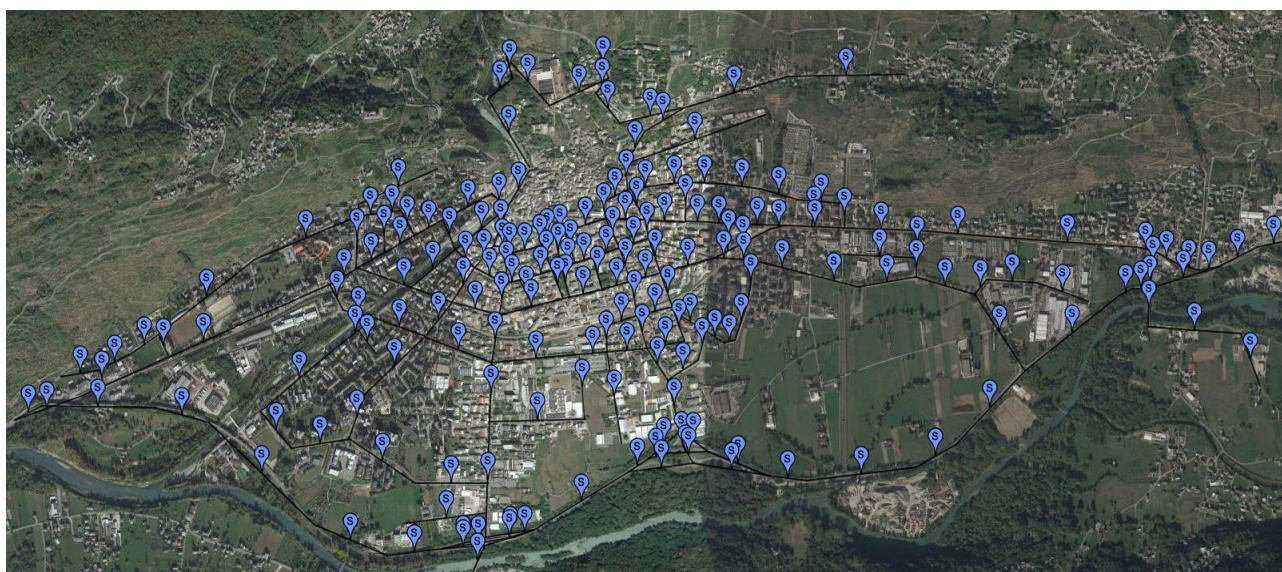


Figura 5 – Flussogramma situazione ante-operam (Stato di fatto)



Figura 6 – Flussogramma situazione post-operam (alternativa progettuale B1)

La schematizzazione delle sorgenti stradali utilizzata per lo studio delle emissioni inquinanti è riportata di seguito.



**Figura 7 – Schema dei tratti stradali utilizzati nel modello come sorgenti**

Per caratterizzare la posizione dei tratti stradali all'interno del modello è stato necessario specificare le coordinate dei punti iniziali e finali di ciascuna strada, rispetto all'origine del sistema di riferimento scelto. Le strade considerate sono sia a singolo che a doppio senso di marcia, con singola carreggiata e singola corsia per senso di marcia.

In Tabella 1 sono state inserite le principali caratteristiche delle sorgenti emissive, in particolare i flussi di traffico attuali e di progetto riferiti all'ora di punta (07:30 - 08:30). I flussi riportati sono espressi in veicoli equivalenti: i mezzi leggeri corrispondono ad un veicolo equivalente mentre i mezzi pesanti corrispondono a due veicoli equivalenti. Per il nuovo tratto (viadotto) non è stato riportato il flusso attuale in quanto si tratta della strada di progetto. I flussi veicolari utilizzati sono quelli relativi all'ora di punta del giorno ferialo, pertanto è stata considerata una situazione cautelativa ai fini della stima dell'inquinamento indotto dal traffico.

Oltre ai flussi veicolari, il modello di calcolo utilizzato per la valutazione richiede l'inserimento per ogni tratto stradale della larghezza della "Mixing Zone"; quest'ultima viene definita come un'area di larghezza pari alla dimensione della strada, aumentata di tre metri sia sul tratto destro che su quello sinistro, e viene utilizzata dal modello per valutare la dispersione orizzontale degli inquinanti legata alla scia generata dal movimento dei veicoli.

ID tratto stradale	Larghezza a Mixing Zone [m]	Flusso veicolare SDF [ $v_{eq}/ora$ ]	Flusso veicolare B1 [ $v_{eq}/ora$ ]	ID tratto stradale	Larghezza a Mixing Zone [m]	Flusso veicolare SDF [ $v_{eq}/ora$ ]	Flusso veicolare B1 [ $v_{eq}/ora$ ]
Collegamento SP16	10	120	124	Via Gombaro	13	174	174
Collegamento SP19	15,5	1115	79	Via Gombaro	13	174	174
Collegamento SP19	15,5	1115	79	Via Guicciardi	13	100	101
Collegamento SS38	10	379	386	Via IV Novembre	13	643	625
Collegamento SS38	10	109	113	Via IV Novembre	13	974	959
Collegamento SS38	10	702	260	Via Lambertenghi	10	155	156
Collegamento SS38	10	33	6	Via Lusardi	13	200	200
Collegamento SS38	10	472	382	Via Maffei	13	304	335
Collegamento Via Ezio Vanoni	10	323	322	Via Maffei	13	310	315
Collegamento Via Orobie	10	345	344	Via Malta	10	382	332
Collegamento Via Samaden	10	306	321	Via Martiri della Libertà	10	94	100
Corso Vittorio Veneto	10	230	221	Via Meriggio	13	115	350
Corso Vittorio Veneto	10	53	53	Via Morbegno	13	115	112
Lungomalleo Luigi Cadorna	13	174	174	Via Nazario Sauro	13	792	751
Lungomalleo Luigi Cadorna	13	69	67	Via Nazario Sauro	13	892	862
Lungomalleo Luigi Cadorna	13	174	174	Via Nazario Sauro	13	933	1176
Piazzale Bertacchi	10	56	56	Via Orobie	13	377	350
Piazzale Bertacchi	10	83	72	Via Orobie	13	377	350
Piazzale Fojanini	13	77	77	Via Panoramica	13	714	881
Piazzale Toccalli	13	669	667	Via Paribelli	13	355	281
SP15	13	1022	1022	Via Parolo	13	320	296
SP15	13	735	735	Via Pio Rajina	10	52	84
SP16	13	944	925	Via predanzini Pietro	10	116	121

SP19	13	673	604	Via Ragazzi del '99	10	178	169
SP19	13	673	604	Via S. Giovanni Bosco	13	594	594
SP19	13	673	604	Via S. Giovanni Bosco	13	518	518
SP21	13	990	856	Via S. Giovanni Bosco	13	332	332
SS38	15,5	1906	1992	Via S. Giovanni Bosco	13	635	638
SS38	15,5	1906	1992	Via S. Giovanni Bosco	13	358	361
SS38	15,5	1906	493	Via Samaden	13	1061	1056
SS38	15,5	1906	493	Via Samaden	13	860	656
SS38	15,5	1712	2130	Via Scamozzi	13	700	700
SS38	15,5	1712	2130	Via Stelvio	13	1010	538
SS38	15,5	1712	2130	Via Stelvio	13	1093	690
SS38	15,5	1537	1440	Via Stelvio	13	1101	790
SS38	15,5	1537	1440	Via Stelvio	13	1170	980
SS38	15,5	1537	1440	Via Stelvio	13	950	762
SS38	15,5	1537	1440	Via Stelvio	13	466	432
SS38	15,5	1537	1434	Via Stelvio	13	798	764
SS38	15,5	1200	1113	Via Stelvio	13	486	450
SS38	15,5	1200	1113	Via Stelvio	13	747	712
SS38	15,5	1922	1113	Via Tirano	13	423	424
SS38	15,5	1922	1843	Via Tirano	10	115	91
SS38	15,5	1128	1139	Via Tonale	13	676	400
SS38	15,5	1128	1139	Via Tonale	13	663	697
SS38	15,5	1356	1374	Via Tonale	13	678	735
SS38	15,5	1356	1374	Via Tonale	13	563	623
SS38	15,5	1356	1374	Via Torelli	13	700	700
SS38	15,5	1356	1374	Via Trento	10	250	301
SS38	15,5	1356	1374	Via Trento	13	302	385
SS38	15,5	1356	1374	Via Trento	10	189	213
SS38 Uscita Trippi	15,5	1906	493	Via Trento	10	480	484
Via Adamello	13	274	272	Via Trieste	10	0	291
Via Adua	13	490	513	Via Trieste	10	254	298
Via Aldo Moro	13	830	828	Via Trieste	10	353	409
Via Aldo Moro	10	614	591	Via Trieste	10	259	310
Via Aldo Moro	10	942	919	Via V. Alpini	13	854	839
Via Alessi	10	432	432	Via V. Alpini	13	854	839
Via Alessi	10	633	624	Via Valeriana	13	75	75
Via Antonio Caimi	13	453	432	Via Valeriana	13	132	151



Via Antonio Caimi	13	276	264	Via Valeriana	13	81	117
Via Antonio Caimi	13	501	535	Via Valeriana	13	223	215
Via Besta Carlo	13	255	196	Via Valeriana	13	277	269
Via Bosatta	10	55	55	Via Ventina	10	622	599
Via Brennero	10	262	262	Via XXV Aprile	10	64	53
Via Brigata Orobica	13	163	157	Via Zara	13	506	512
Via Brigata Orobica	13	378	359	Viadotto	15,5	0	1500
Via brigata Orobica	13	378	359	Viale Milano	13	517	537
Via brigata Orobica	13	378	359	Viale Milano	13	571	591
Via Cesare Battisti	10	99	111	Via Ezio Vanoni	13	1087	969
Via Cesura	13	230	221	Via Ezio Vanoni	13	1330	1237
Via Cesura	10	705	716	Via Ezio Vanoni	13	625	566
Via Colombaro	10	172	171	Via F. Besta	10	215	215
Via de Simoni	10	380	422	Via F. Besta	13	215	215
Via de Simoni	10	430	422	Via F. Besta	13	215	215
Via del Grosso	10	155	156	Via Felice Fossati	13	196	196
Via del Grosso	10	400	401	Via Filzi	10	799	815
Via del Vecchio Macello	10	10	15	Via Fiume	13	1040	695
Via del Vecchio Macello	10	10	35	Via Fiume	13	1047	949
Via delle Presse	10	413	418	Via Fiume	13	1047	1012
Via dell'Industria	13	223	224	Via Fiume	13	676	400
Via dell'Industria	13	135	138	Via Francia	13	20	19
Via dell'Industria	13	135	138	Via Gavazzeni	10	201	192
Via Don Lucchetti	13	264	263	Via Germani	13	227	276
Via Donatori di Sangue	13	435	382	Via Germani	13	210	282
Via Donatori di Sangue	13	510	418	Via Gesù	13	506	512
Via Enrico Toti	13	880	689	Via Gianoli	13	302	302

Via Enrico Toti	13	414	259	Via Giosue Carducci	10	185	186
Via Enrico Toti	13	746	921	Via Giosuè Carducci	10	0	292
Via Europa	13	210	763	Via Gisue Carducci	13	0	273
Via Europa	10	190	689	Via Giuliani	13	55	57
Via Europa	13	89	414	Via Giuliani	13	55	57
Via Europa	13	89	414	Via Giuseppe Mazzini	13	750	735
Via Europa	13	162	488	Via Giuseppe Mazzini	13	664	647
Via Europa	13	1115	335	Via Giuseppe Piazzi	10	371	375
Via Europa	10	1115	335	Via Gombaro	13	174	174

**Tabella 1 – Flussi veicolari, attuali e di progetto, dei tratti stradali**

L'inserimento di tratti stradali aventi il medesimo identificativo si è reso necessario per:

- la variazione del flusso di traffico lungo lo stesso;
- ottenere una corretta rappresentazione del grafo stradale.

### **3.2 - TRATTI STRADALI: FASE DI CANTIERIZZAZIONE**

I tratti stradali e il flussogramma considerati per la fase di cantierizzazione sono i medesimi definiti per lo scenario ante-operam, riportati al paragrafo precedente. Ciò è dovuto al fatto che il cantiere è stato organizzato per fasi costruttive progressive tali da consentire sempre l'esercizio del traffico stradale, ipotizzando quindi che lo stesso rimanga invariato durante la realizzazione delle opere previste dal progetto (ipotesi peggiore ai fini della valutazione dell'impatto sulla matrice aria).

Il flussogramma, tuttavia, differisce parzialmente della situazione ante-operam in quanto la fase di cantierizzazione comporta un incremento del flusso veicolare giornaliero dovuto alla movimentazione dei mezzi pesanti necessari alla realizzazione delle opere di progetto.

Per la valutazione di tale incremento si fa riferimento a quanto riportato nel paragrafo "10.2 – Valutazione dei trasporti necessari per l'esecuzione dell'opera" del documento "Progetto definitivo – Relazione sulla cantierizzazione" redatto da ANAS: si prevede, nell'ipotesi peggiore, un numero di mezzi pesanti in movimento pari a 23 veicoli/giorno (di cui 15 veicoli in ingresso al cantiere e 8 veicoli in uscita dal cantiere).

È inoltre previsto un ulteriore incremento del traffico giornaliero pari a 10 veicoli pesanti, dovuto alla presenza del limitrofo cantiere per la soppressione di alcuni passaggi a livello da parte di Rete Ferroviaria Italiana (RFI).

L'incremento di traffico complessivo previsto, nella situazione peggiore, risulta quindi pari a 33 veicoli pesanti/giorno, i quali corrispondono a 66  $v_{eq}$ /giorno (i mezzi pesanti corrispondono a due veicoli equivalenti).

Ai fini della valutazione dell'impatto sulla matrice aria si è considerato che l'incremento di traffico stimato, pari a 33  $v_{eq}$ /ora, si verifichi nell'ora di punta e lungo il tracciato stradale della SS38 oggetto di studio. A tale conclusione si è giunti nell'ipotesi che il traffico generato dalle opere di cantierizzazione si verifichi prudenzialmente nell'ora di punta e si suddivida in maniera eguale sia in direzione Est che in direzione Ovest rispetto al cantiere stesso

In Tabella 2 si riportano i tratti stradali per i quali si evidenzia una differenza del flusso veicolare tra situazione ante-operam e fase di cantierizzazione.

ID tratto stradale	Larghezza Mixing Zone [m]	Flusso veicolare SDF [ $v_{eq}$ /ora]	Flusso veicolare Fase di cantierizzazione [ $v_{eq}$ /ora]
SS38	15,5	1712	1745
SS38	15,5	1712	1745
SS38	15,5	1537	1570
SS38	15,5	1537	1570
SS38	15,5	1537	1570
SS38	15,5	1537	1570
SS38	15,5	1537	1570
SS38	15,5	1537	1570
SS38	15,5	1200	1233
SS38	15,5	1200	1233
SS38	15,5	1922	1955
SS38	15,5	1922	1955
SS38	15,5	1128	1171
SS38	15,5	1128	1171
SS38	15,5	1356	1389
SS38	15,5	1356	1389
SS38	15,5	1356	1389
SS38	15,5	1356	1389
SS38	15,5	1356	1389
SS38	15,5	1356	1389
SS38	15,5	1356	1389

**Tabella 2 – Flussi veicolari, attuali e relativi alla fase di cantierizzazione, dei tratti stradali**

### 3.3 - FLUSSI IN EMISSIONE

Gli inquinanti oggetto di studio sono i contaminanti tipicamente caratterizzanti il traffico veicolare: il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) espressi come NO<sub>2</sub>, il particolato (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>) ed il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>). I fattori di emissione rappresentano la quantità di inquinante emessa da un singolo veicolo per ogni chilometro percorso. I fattori di emissione riportati e utilizzati nella simulazione modellistica sono stati ricavati dalla banca dati SinaNET, anche indicata come “Banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto stradale in Italia” di ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), e fanno riferimento al 2020, ultimo anno di aggiornamento. Le stime effettuate per individuare tali fattori di emissione sono state elaborate sulla base dei dati di input nazionali riguardanti il parco e la circolazione dei veicoli (numerosità del parco, percorrenze e consumi medi, velocità per categoria veicolare con riferimento ai cicli di guida urbano, extraurbano ed autostradale, altri specifici parametri nazionali).

Dal momento che i flussi veicolari utilizzati come input nel modello sono già espressi in termini di veicoli equivalenti, è stato utilizzato il fattore di emissione relativo alle sole automobili. In Tabella 3 sono riportati i fattori di emissione per gli inquinanti considerati. Il fattore di emissione di NO<sub>2</sub> è stato considerato cautelativamente pari a quello degli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>).

INQUINANTE	FATTORE DI EMISSIONE [g/km · v <sub>eq</sub> ]
Benzene	0,0022
Monossido di carbonio (CO)	0,53
Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> )	0,331
Particolato (PM <sub>10</sub> )	0,029399
Particolato (PM <sub>2,5</sub> )	0,019697

**Tabella 3 – Fattori di emissione**

Allo scopo di valutare il regime emissivo reale, è stato necessario considerare una distribuzione del traffico non uniforme nell'arco della giornata. In Tabella 4 viene dunque riportato, per ciascuna fascia oraria, il rapporto percentuale tra il flusso effettivo utilizzato nella simulazione modellistica e il flusso massimo dell'ora di punta. Tali fattori correttivi sono stati applicati a tutti gli scenari considerati e a tutti i tratti stradali.

FASCIA ORARIA	FLUSSO PERCENTUALE RISPETTO ALL'ORA DI PUNTA [%]
00:00	7

FASCIA ORARIA	FLUSSO PERCENTUALE RISPETTO ALL'ORA DI PUNTA [%]
01:00	5
02:00	5
03:00	7
04:00	15
05:00	35
06:00	95
07:00	100
08:00	85
09:00	65
10:00	57
11:00	57
12:00	65
13:00	65
14:00	65
15:00	68
16:00	70
17:00	85
18:00	90
19:00	80
20:00	45
21:00	25
22:00	20
23:00	15

**Tabella 4 – Andamento giornaliero del flusso veicolare rispetto all'ora di punta**

L'ipotesi di calcolo è che il flusso maggiore si verifichi, oltre che nell'ora di punta (07:30 – 08:30), in corrispondenza della fascia oraria compresa tra le 17:00 e le 18:00.

#### **4 - OPZIONE ZERO**

La seguente relazione non ha considerato tra le alternative per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria l'Opzione Zero, ovvero l'opzione per la quale si valutano gli effetti indotti dal traffico atteso in assenza di modifiche al tracciato stradale.

L'assenza di tale opzione è dovuta al fatto che le alternative di progetto proposte sono state oggetto di valutazione trasportistica grazie al modello di traffico; gli scenari di progetto sono derivati dallo scenario attuale mediante la modifica del grafo stradale per riprodurre la configurazione della rete attesa a seguito della realizzazione delle opere, mantenendo invariata la domanda di mobilità rappresentata dalla matrice O/D.

Il confronto tra gli scenari consente quindi di evidenziare gli effetti indotti, mediante la valutazione delle differenze nella distribuzione dei flussi di traffico sulla rete e delle statistiche espresse in termini di percorrenze, velocità medie e livelli di servizio.

## 5 - METEOROLOGIA DEL LUOGO

Le serie annuali riportate in formato MMS CALINE ed utilizzate come input al modello di calcolo, sono state ricostruite attraverso l'applicazione del modello CALMET sui dati misurati nel corso dell'anno 2022 nelle seguenti stazioni al suolo:

1. Sondrio Fond. Fojanini [46.166°N - 9.848°E]
2. Caiolo [46.155°N - 9.792°E]
3. 33-97 ERA5 (ECMWF) [46.15 °N - 9.70°E]

La stazione 33-97 ERA5 (ECMWF) è stata utilizzata per determinare i dati di pressione, copertura nuvolosa e altezza nubi.



**Figura 8 – Posizionamento stazioni meteo di riferimento**

Dall'analisi di tale serie di dati sono state estrapolate le statistiche relative ai diversi parametri meteorologici per il punto di riferimento meteo sopra individuato.

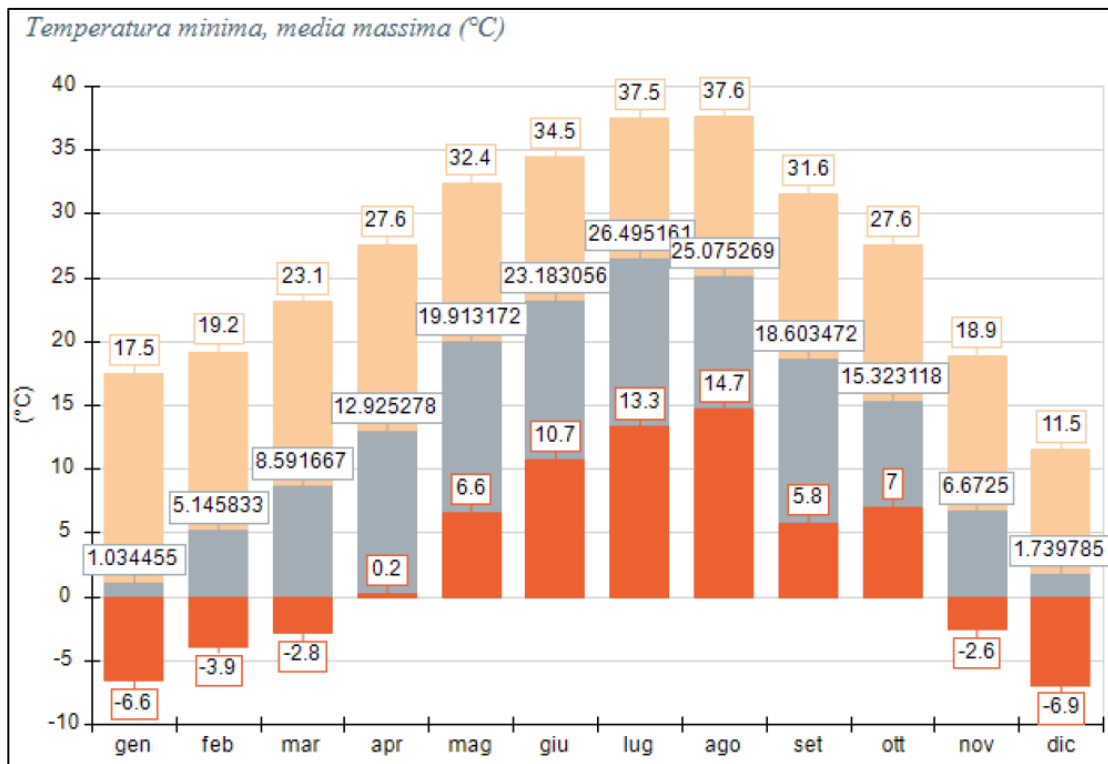
**5.1 - STAZIONE ARPA – SONDRIO FOND. FOJANINI**

**5.1.1 - Temperatura**

I valori di temperatura variano da un minimo di -6,9°C nel mese di dicembre ad un massimo di circa 37,6°C nel mese di agosto. La variazione della temperatura media tra inverno ed estate è di circa 22°C.

Periodo	Minima	Media	Massima
Anno	-6.90	13.78	37.60
Primavera	-2.80	13.82	32.40
Estate	10.70	24.94	37.60
Autunno	-2.60	13.55	31.60
Inverno	-6.90	2.56	19.20
gen	-6.60	1.03	17.50
feb	-3.90	5.15	19.20
mar	-2.80	8.59	23.10
apr	0.20	12.93	27.60
mag	6.60	19.91	32.40
giu	10.70	23.18	34.50
lug	13.30	26.50	37.50
ago	14.70	25.08	37.60
set	5.80	18.60	31.60
ott	7.00	15.32	27.60
nov	-2.60	6.67	18.90
dic	-6.90	1.74	11.50

**Figura 9 – Valori di temperatura per il sito in esame – Anno 2022**



**Figura 10 – Temperatura media, minima e massima mensile per il sito di interesse, anno 2022**



### 5.1.2 - Precipitazioni

Le precipitazioni complessive dell'anno 2022 ammontano a 622,00 mm; la stagione più piovosa è risultata l'autunno (261,20 mm) mentre quella più secca è stata l'inverno (68,20 mm).

Periodo	Media	Massima	Cumulata
Anno	0.07	11.20	622.00
Primavera	0.06	6.40	125.00
Estate	0.08	10.80	167.60
Autunno	0.12	11.20	261.20
Inverno	0.03	3.40	68.20
gen	0.01	1.00	4.80
feb	0.03	2.20	19.20
mar	0.03	6.40	19.20
apr	0.07	4.60	53.80
mag	0.07	6.40	52.00
giu	0.10	6.80	70.20
lug	0.07	10.80	53.20
ago	0.06	10.60	44.20
set	0.09	7.20	67.20
ott	0.16	11.20	122.00
nov	0.10	4.40	72.00
dic	0.06	3.40	44.20

Figura 11 – Valori di precipitazione per il sito in esame, anno 2022

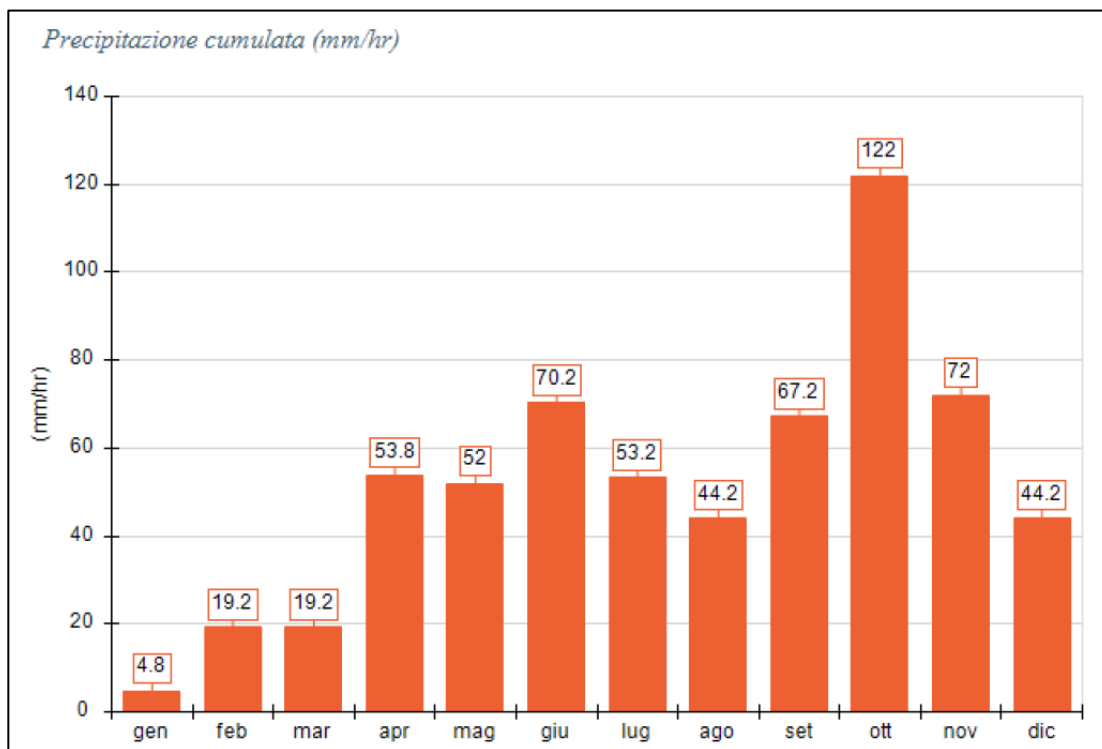


Figura 12 – Precipitazioni cumulate mensili per il sito di interesse, anno 2022

## 5.2 - STAZIONE ARPA – CAIOLO

### 5.2.1 - Temperatura

I valori di temperatura variano da un minimo di -10,9°C nel mese di dicembre ad un massimo di circa 36,9°C nel mese di agosto. La variazione della temperatura media tra inverno ed estate è di circa 24°C.

Periodo	Minima	Media	Massima
Anno	-10.90	11.74	36.90
Primavera	-5.90	12.42	30.70
Estate	7.70	23.53	36.90
Autunno	-5.50	11.41	30.70
Inverno	-10.90	-0.68	18.20
gen	-10.60	-3.44	12.80
feb	-7.10	2.62	18.20
mar	-5.90	7.06	22.90
apr	-2.90	11.63	27.60
mag	4.10	18.60	30.70
giu	7.70	21.91	34.50
lug	9.20	25.05	36.80
ago	10.80	23.57	36.90
set	2.30	17.08	30.70
ott	4.40	13.53	26.10
nov	-5.50	3.90	16.60
dic	-10.90	-0.89	7.60

Figura 13 – Valori di temperatura per il sito in esame – Anno 2022

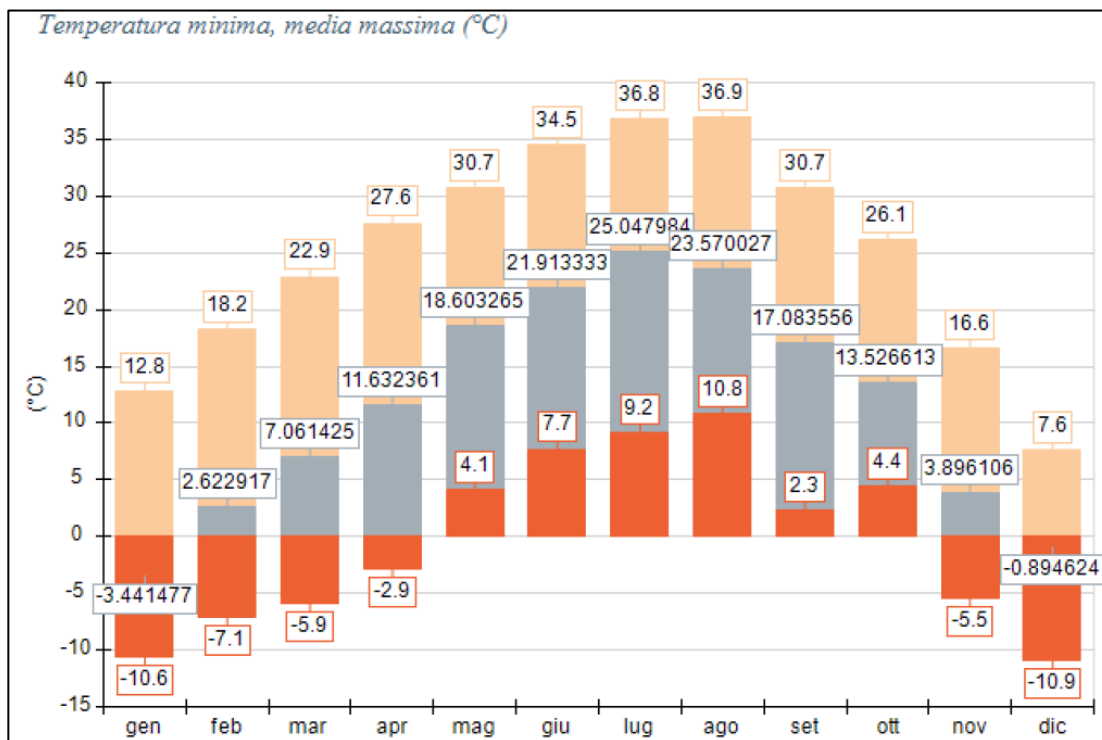


Figura 14 – Temperatura media, minima e massima mensile per il sito di interesse, anno 2022

### 5.2.2 - Precipitazioni

Le precipitazioni complessive dell'anno 2022 ammontano a 647,60 mm; la stagione più piovosa è risultata l'autunno (278,60 mm) mentre quella più secca è stata l'inverno (74,40 mm).

Periodo	Media	Massima	Cumulata
Anno	0.07	15.60	647.60
Primavera	0.05	5.60	112.20
Estate	0.08	10.60	182.40
Autunno	0.13	15.60	278.60
Inverno	0.03	4.00	74.40
gen	0.01	1.20	4.40
feb	0.03	2.20	19.00
mar	0.01	5.00	10.60
apr	0.07	4.20	48.20
mag	0.07	5.60	53.40
giu	0.12	9.40	89.00
lug	0.06	10.60	45.60
ago	0.06	9.60	47.80
set	0.09	6.60	67.80
ott	0.18	15.60	136.00
nov	0.10	5.20	74.80
dic	0.07	4.00	51.00

Figura 15 – Valori di precipitazione per il sito in esame, anno 2022

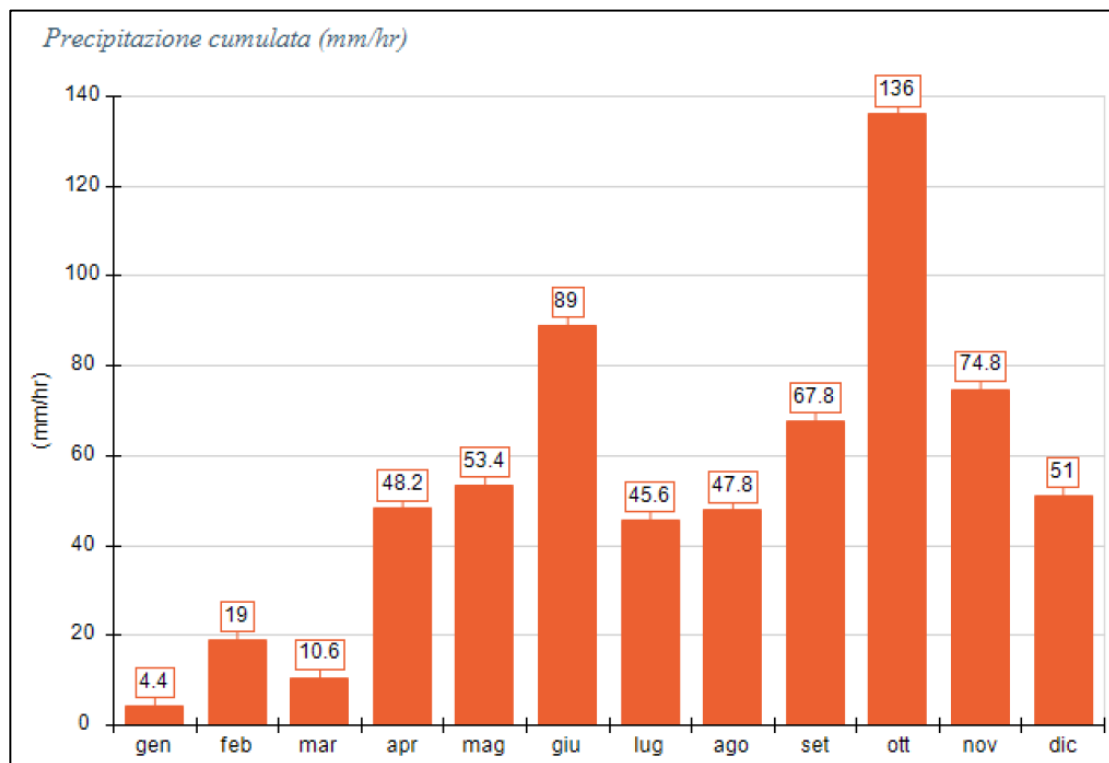


Figura 16 – Precipitazioni cumulate mensili per il sito di interesse, anno 2022

### 5.2.3 - Anemometria

L'analisi statistica sotto riportata relativa a velocità e direzione del vento evidenzia che la direzione prevalente di provenienza è quella da Ovest (circa il 21% dei venti proviene da tale direzione).

Le classi di velocità più frequenti sono V1 e V2 (rispettivamente pari al 56% e al 20% dei dati), mentre i venti con velocità > 5 m/s si verificano con maggiore frequenza lungo la direttrice Est-Ovest.

SECTORS	V1 (0.5 - 1.0)	V2 (1.0 - 2.3)	V3 (2.3 - 3.9)	V4 (3.9 - 6.5)	V5 (6.5 - 12.0)	V6 (> 12.0)	Totale	Vmed (m/s)
345.0 - 15.0	7.54	2.97	0.34	0.23	0.00	0.00	11.09	1.03
15.0 - 45.0	11.43	5.94	0.00	0.23	0.00	0.00	17.60	0.99
45.0 - 75.0	26.75	21.72	0.91	0.57	0.00	0.00	49.95	1.15
75.0 - 105.0	56.35	25.03	7.89	3.89	0.57	0.00	93.72	1.33
105.0 - 135.0	44.92	14.86	4.57	3.66	0.46	0.00	68.46	1.30
135.0 - 165.0	27.89	5.94	0.57	0.11	0.00	0.00	34.52	0.87
165.0 - 195.0	26.86	9.26	0.91	0.34	0.00	0.00	37.38	0.96
195.0 - 225.0	33.15	16.92	3.66	3.77	0.11	0.00	57.61	1.36
225.0 - 255.0	36.35	38.63	41.26	27.77	0.46	0.00	144.47	2.47
255.0 - 285.0	31.89	42.98	43.20	83.67	3.66	0.00	205.39	3.35
285.0 - 315.0	12.80	11.43	2.29	5.83	0.00	0.00	32.35	1.94
315.0 - 345.0	6.17	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	9.37	0.97
Variabili	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calme < 0.5	238.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	238.08	0.00
Totale	560.18	198.88	105.61	130.07	5.26	0.00	1000.00	0.00

Figura 17 – Classi di velocità e direzione del vento per il sito in esame, anno 2022

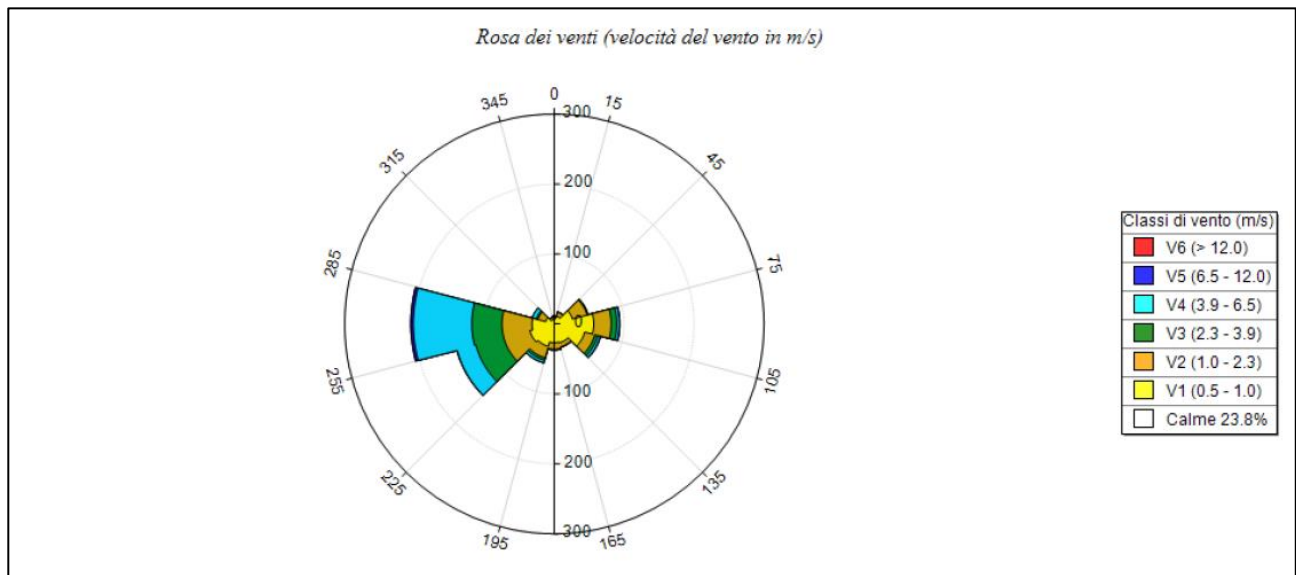


Figura 18 – Rosa dei venti caratteristici del sito (classi di velocità e direzioni di provenienza), anno 2022

## 6 - INQUADRAMENTO NORMATIVO

Negli ultimi anni il quadro normativo nazionale si è fortemente evoluto sulla base delle direttive comunitarie e ha introdotto il concetto di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico e della qualità dell'aria al fine di garantire non solo la tutela della salute della popolazione, ma anche la protezione degli ecosistemi. La legislazione italiana individua nelle Regioni le autorità competenti in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria. A questo scopo ogni Regione predispone una suddivisione del territorio in zone e agglomerati nei quali valutare il rispetto dei valori limite e definire, ove necessario, piani di risanamento e mantenimento della qualità dell'aria. Durante l'anno 2010, recependo la direttiva 2008/50/CE, è stato emanato il d.lgs. 155/10 che riorganizza ed abroga numerose disposizioni normative degli anni precedenti.

### 6.1 - *IL D.LGS. 155/2010*

Il D.lgs. 155/2010 recepisce la direttiva 2008/50/CE, istituendo un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria. In particolare il decreto è finalizzato a:

- individuare gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- valutare la qualità aria ambiente sulla base di metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale;
- mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi;
- garantire al pubblico le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente.

Il D.lgs. 155/10 stabilisce inoltre:

- i valori limite per la concentrazione nell'aria ambiente di biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM<sub>10</sub>;
- i livelli critici per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e ossidi di azoto;
- le soglie di allarme per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e biossido di azoto;
- il valore limite, il valore obiettivo, l'obbligo di concentrazione dell'esposizione e l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM<sub>2,5</sub>;
- i valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene;
- i valori obiettivo, gli obiettivi a lungo termine, le soglie di allarme e le soglie di informazione per l'ozono.

Di seguito viene riportato un quadro riassuntivo dei valori normativi di riferimento descritti nel D.lgs. 155/10 (allegato XI) per i diversi inquinanti considerati nello studio.

INQUINANTE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE LIMITE	DATA ENTRO LA QUALE IL VALORE LIMITE DEVE ESSERE RAGGIUNTO
Biossido di azoto – NO <sub>2</sub>	1h	200 µg/Nm <sup>3</sup> (da non superare più di 18 volte per anno civile)	01 gennaio 2010
	Anno civile	40 µg/Nm <sup>3</sup>	01 gennaio 2010
Benzene – C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Anno civile	5 µg/Nm <sup>3</sup>	01 gennaio 2010
Monossido di carbonio - CO	Media massima giornaliera calcolata su 8h	10 mg/Nm <sup>3</sup>	In vigore dal 01 gennaio 2005
PM <sub>10</sub>	24h	50 µg/Nm <sup>3</sup> (da non superare più di 35 volte per anno civile)	In vigore dal 01 gennaio 2005
	Anno civile	40 µg/Nm <sup>3</sup>	In vigore dal 01 gennaio 2005
PM <sub>2,5</sub>	Anno civile	25 µg/Nm <sup>3</sup>	01 gennaio 2015

**Tabella 5 - Valori limite descritti nell'allegato XI del D.Lgs. 155/10**

## 6.2 - LA NORMATIVA REGIONALE

La Regione Lombardia ha approvato nell'anno 2000 il Piano Regionale di Qualità dell'Aria (PRQA) che ha come obiettivi principali la protezione della popolazione, degli ecosistemi e del patrimonio culturale locale, nonché la protezione dell'ecosistema globale dagli effetti dell'inquinamento atmosferico.

Il PRQA ha permesso di:

- conoscere il territorio identificando i diversi bacini aerologici omogenei ai fini della valutazione della qualità dell'aria e delle caratteristiche meteo-climatiche;
- definire nel 2001 la zonizzazione del territorio lombardo attraverso la d.g.r. n. 6501 del 19/10/2001, aggiornata il 02/08/2007 con la d.g.r. n. 5290 ed in seguito il 30/11/2011 con la d.g.r. n. 2605;
- conoscere le fonti inquinanti e realizzare l'inventario regionale delle emissioni INEMAR;
- monitorare gli inquinati strutturando la rete di monitoraggio della qualità dell'aria;

- contestualizzare i riferimenti normativi integrando i diversi livelli normativi (comunitario, nazionale e regionale);
- identificare gli indicatori necessari per impostare ed attuare i piani e programmi per il miglioramento della qualità dell'aria;
- definire le priorità di intervento nei principali settori responsabili dell'inquinamento.

Con la d.g.r. n. 5547 del 10 Ottobre 2007 è stato approvato l'aggiornamento del PRQA che intende raccogliere in modo coordinato l'insieme delle nuove conoscenze acquisite dal 2000 ad oggi, configurandosi come lo strumento di programmazione, coordinamento e controllo delle politiche di gestione del territorio riguardanti le azioni di miglioramento dei livelli di inquinamento atmosferico. Il Piano permette un'azione complessiva di miglioramento della qualità dell'aria, che si orienta essenzialmente in due direzioni:

- la prima riguarda azioni di risanamento da attuare in quelle parti del territorio in cui vi sono situazioni di criticità, dove si intende mettere in atto misure volte ad ottenere il rispetto degli standard di qualità dell'aria;
- la seconda si configura come prevenzione e mantenimento dei livelli di qualità dell'aria laddove non si hanno condizioni di criticità con attuazione di misure volte ad evitare un deterioramento delle condizioni esistenti.

#### **6.2.1 - La zonizzazione del territorio regionale secondo la d.g.r. 2605 del 30/11/2011**

In dettaglio la d.g.r. n. 6501 del 19/10/2001 ha classificato il territorio in zone critiche, zone di risanamento e zone di mantenimento. Successivamente la d.g.r. n. 5290 del 02/08/2007 ha corretto la precedente divisione del territorio introducendo una nuova zonizzazione. Quest'ultima è stata aggiornata attraverso la d.g.r. n. 2605 del 31/11/2011 che prevede la suddivisione del territorio regionale lombardo nelle seguenti zone e agglomerati:

- **Agglomerato di Milano, Agglomerato di Bergamo e Agglomerato di Brescia** - aree caratterizzate da:
  - popolazione superiore a 250000 abitanti oppure inferiore a 250000 abitanti ma con densità di popolazione per km<sup>2</sup> superiore a 3000 abitanti;
  - più elevata densità di emissioni di PM<sub>10</sub> primario, NO<sub>x</sub> e COV;
  - situazione meteorologica avversa per la dispersione degli inquinanti (velocità del vento limitata, frequenti casi di inversione termica, lunghi periodi di stabilità atmosferica caratterizzata da alta pressione);

- alta densità abitativa, di attività industriali e di traffico.
- **Zona A - Pianura ad elevata urbanizzazione** - area caratterizzata da:
  - più elevata densità di emissioni di PM<sub>10</sub> primario, NO<sub>x</sub> e COV;
  - situazione meteorologica avversa per la dispersione degli inquinanti (velocità del vento limitata, frequenti casi di inversione termica, lunghi periodi di stabilità atmosferica caratterizzata da alta pressione);
  - alta densità abitativa, di attività industriali e di traffico.
- **Zona B - Pianura** - area caratterizzata da:
  - alta densità di emissioni di PM<sub>10</sub> primario, NO<sub>x</sub>, sebbene inferiori a quella della Zona A,
  - alta densità di emissioni di NH<sub>3</sub> (di origine agricola e da allevamento);
  - situazione meteorologica avversa per la dispersione degli inquinanti (velocità del vento limitata, frequenti casi di inversione termica, lunghi periodi di stabilità atmosferica caratterizzata da alta pressione);
  - densità abitativa intermedia, con elevata presenza di attività agricole e di allevamento.
- **Zona C - Montagna** - area caratterizzata da:
  - minore densità di emissioni di PM<sub>10</sub> primario, NO<sub>x</sub>, COV antropico e NH<sub>3</sub>;
  - importanti emissioni di COV biogeniche;
  - situazione meteorologica più favorevole alla dispersione degli inquinanti;
  - orografia montana;
  - bassa densità abitativa.
- **Zona D - Fondovalle** - area caratterizzata da:
  - Porzioni di territorio dei Comuni ricadenti nelle principali vallate delle Zone C ad A poste ad una quota sul livello del mare inferiore a 500 m (Valtellina, Val Chiavenna, Val Camonica Val Seriana e Val Brembana);
  - situazione meteorologica avversa per la dispersione degli inquinanti (frequenti casi di inversione termica).

Tale ripartizione è valida per tutti gli inquinanti ai fini della valutazione della qualità dell'aria, ad eccezione dell'Ozono, per cui vale un'ulteriore suddivisione della Zona C:



- **Zona C1 - Zona prealpina e appenninica** (fascia prealpina ed appenninica dell'Oltrepò pavese, più esposta al trasporto degli inquinanti provenienti dalla pianura, in particolare dei precursori dell'Ozono);
- **Zona C2 - Zona alpina** (fascia alpina, meno esposta al trasporto di inquinanti provenienti dalla pianura).

La d.g.r. n. 2605 del 30/11/2011 ha inoltre specificato che, in riferimento alla d.g.r. n. 6501 del 19/10/2001, devono intendersi per:

- **Zone critiche:** porzione del territorio regionale, corrispondente agli agglomerati di Milano, Brescia e Bergamo, con l'aggiunta dei capoluoghi di provincia della bassa pianura (Pavia, Lodi, Cremona e Mantova) e relativi comuni di cintura appartenenti alla Zona A;
- **Zone di risanamento:** porzione del territorio regionale corrispondente alla Zona A residua e alle Zone C1 e D (Val Seriana, Val Brembana e Val Camonica);
- **Zone di mantenimento:** porzione del territorio regionale corrispondente alle Zone B, C2 e D (Val Chiavenna e Valtellina).

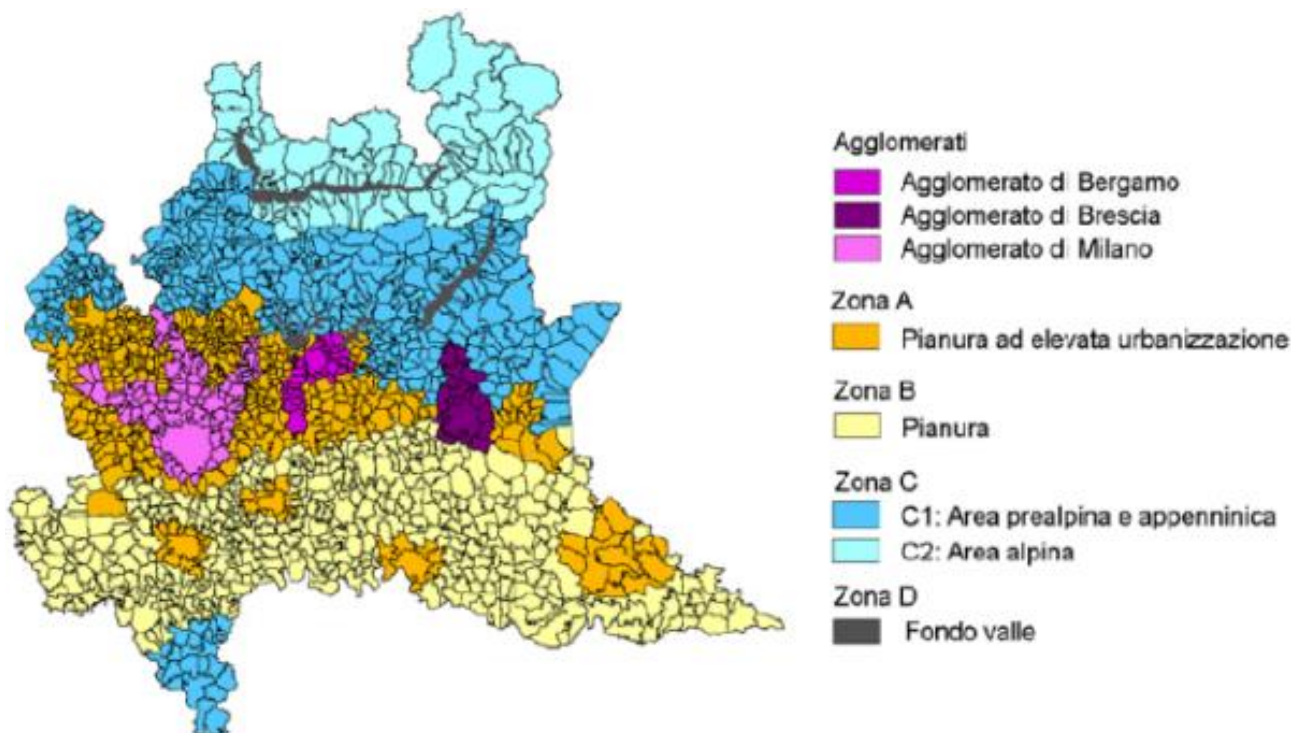


Figura 19 - Zonizzazione del territorio regionale Lombardo secondo la d.g.r. 2605 del 2011

Come evidenziato in Figura 20, l'intera provincia di Sondrio risulta inserita in Zona C "Montagna"; alcuni comuni presentano porzioni di territorio inserite in Zona D "Fondovalle".

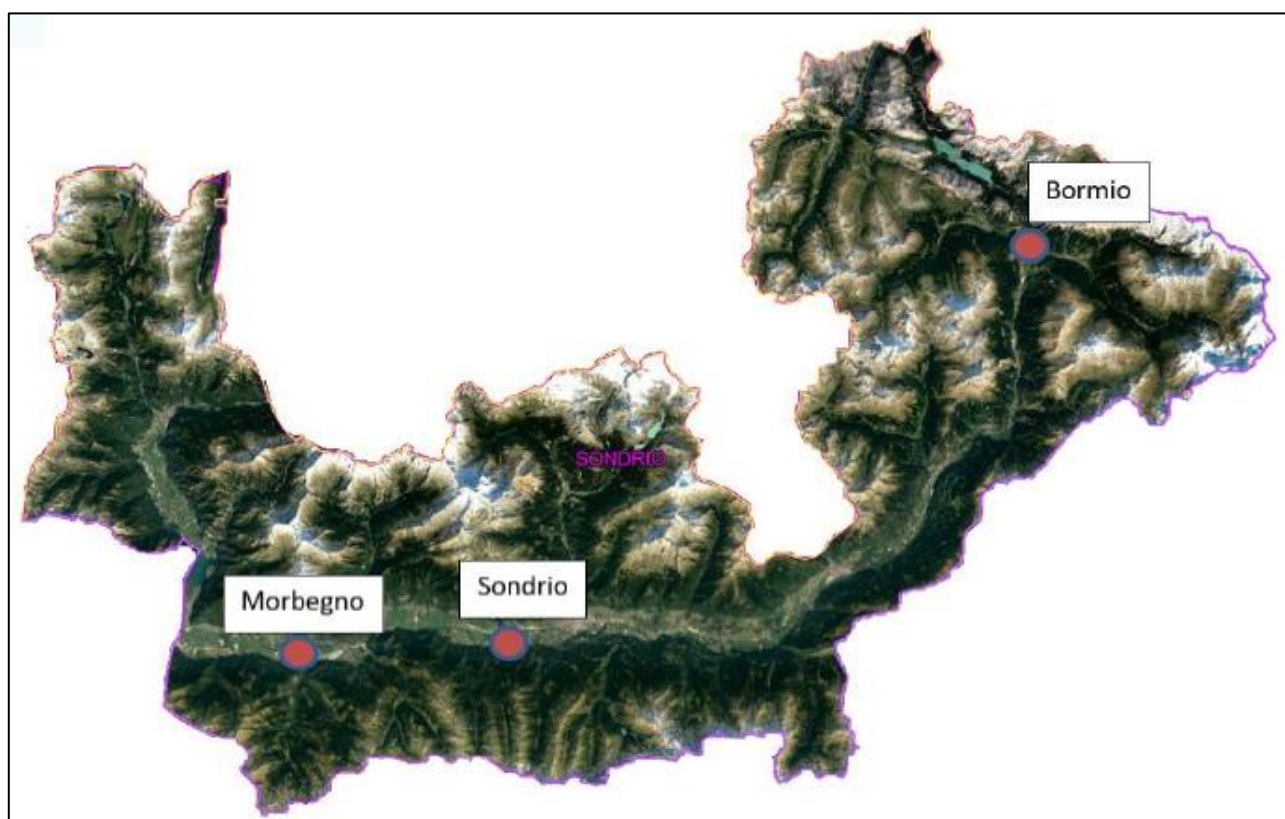


**Figura 20 - Zonizzazione della provincia di Sondrio secondo la d.g.r. 2605 del 2011**

## 7 - QUALITÀ DELL'ARIA ANTE-OPERAM

Per la caratterizzazione della qualità dell'aria nella situazione ante-operam si fa riferimento ai contenuti del documento redatto da ARPA LOMBARDIA “Rapporto sulla qualità dell'aria della provincia di Sondrio – Anno 2021”, limitatamente agli inquinanti studiati con la simulazione modellistica ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ , CO, e  $\text{C}_6\text{H}_6$ )

Nel territorio della provincia di Sondrio è presente una rete pubblica di monitoraggio della qualità dell'aria composta da 4 centraline fisse, come illustrato in Figura 21. La rete è integrata dalle informazioni raccolte da postazioni mobili e campionatori gravimetrici per la misura delle polveri.



**Figura 21 – Posizione centraline fisse di ARPA nella provincia di Sondrio**

Per gli inquinanti oggetto di studio, sono stati utilizzati come riferimento i valori misurati presso le centraline di “Sondrio – Paribelli” e “Sondrio – Mazzini”, in quanto rappresentative dell'area oggetto di indagine. Nella Tabella 6 è fornita una descrizione delle sopracitate postazioni in termini di localizzazione e tipologia di destinazione considerando la classificazione più recente proposta dalla normativa italiana con il D. Lgs. 155/2010.

### TIPO DI ZONA (ai sensi del D. Lgs. 155/2010)

- Urbana: area edificata in continuo o almeno in modo predominante.
- Suburbana: area largamente edificata in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate.
- Rurale: tutte le aree diverse da quelle urbane e suburbane. Il sito fisso si definisce rurale remoto se è localizzato ad una distanza maggiore di 50 km dalle fonti di emissione.

### TIPO DI STAZIONE (ai sensi del D. Lgs. 155/2010)

- Traffico: stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico media alta.
- Industriale: stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe.
- Fondo: stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento, residenziale, etc.), ma dal contenuto integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito.

NOME STAZIONE	RETE	TIPO ZONA	TIPO STAZIONE	ALTITUDINE [m s.l.m.]	COORDINATA UTM EST [m]	COORDINATA UTM NORD [m]
Sondrio - Mazzini	PUB	Urbana	Traffico	298	567.181	5.113.059
Sondrio - Paribelli	PUB	Urbana	Fondo	290	567.870	5.113.082

**Tabella 6 – Stazioni fisse di misura poste nella Provincia di Sondrio (Anno 2021)**

## 7.1 - PARTICOLATO ATMOSFERICO

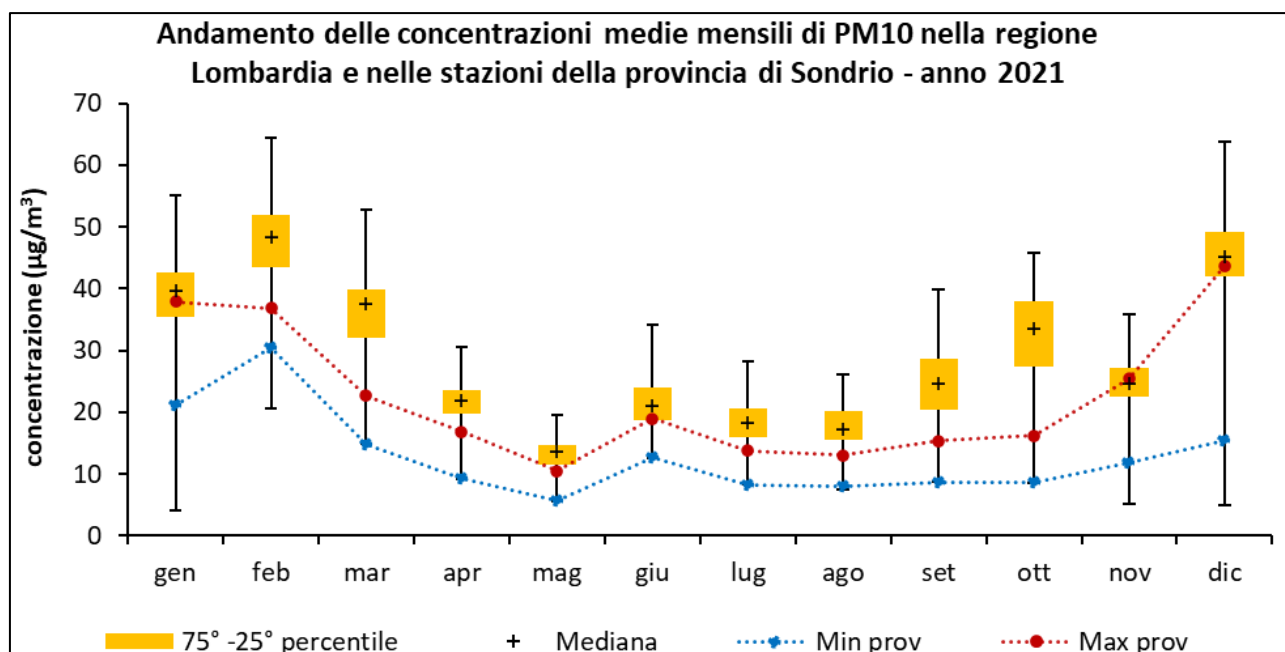
### 7.1.1 - Polveri PM<sub>10</sub>

In Tabella 7 si confrontano i livelli di PM<sub>10</sub> rilevati dalla rete ARPA di Sondrio con i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs. 155/2010.

STAZIONE	D.LGS. 155/2010 PROTEZIONE SALUTE UMANA		
	RENDIMENTO [%]	MEDIA ANNUALE [µg/m <sup>3</sup> ] (LIMITE: 40 µg/m <sup>3</sup> )	N° SUPERAMENTI DEL LIMITE GIORNALIERO (50 µg/m <sup>3</sup> DA NON SUPERARE PIÙ DI 35 VOLTE/ANNO]
Sondrio - Mazzini	98	21	12
Sondrio - Paribelli	98	22	19
Morbegno	99	18	6
Bormio	100	13	4

**Tabella 7 – Valori medi annui di PM<sub>10</sub> rilevati nelle centraline ARPA della provincia di Sondrio**

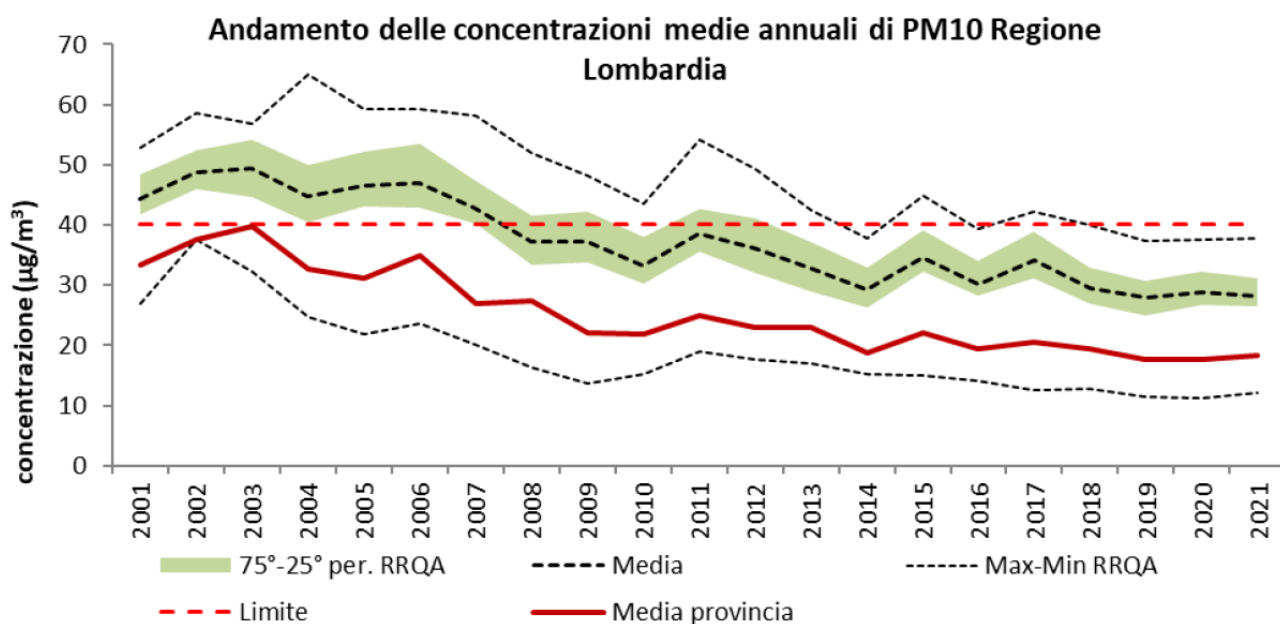
Il valore limite della concentrazione media annuale del PM<sub>10</sub> non è stato superato, nel corso del 2021, per nessuna delle centraline installate. In tutte le stazioni è stato superato in diversi giorni il limite giornaliero per la protezione salute, senza però raggiungere i 35 giorni previsti dalla normativa. Gli sforamenti del limite per la media giornaliera non rappresentano una criticità univoca della provincia di Sondrio, ma più in generale di tutta la Pianura Padana.



**Figura 22 – Valori PM<sub>10</sub> anno 2021 (medie mensili delle stazioni ARPA della provincia di Sondrio)**

La Figura 22 rappresenta l'andamento delle concentrazioni medie mensili di PM<sub>10</sub> registrate nel corso del 2021 nelle stazioni ARPA della provincia di Sondrio. I rettangoli arancio rappresentano l'insieme dei valori compresi fra il 25° e il 75° percentile della distribuzione dei valori di concentrazione, considerando le medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio. Le barre verticali individuano i valori minimi e massimi delle medie mensili di tutte le stazioni della rete.

L'andamento annuale delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>, al pari degli altri inquinanti, mostra una marcata dipendenza stagionale, con valori più alti nel periodo invernale, a causa sia della peggiore capacità dispersiva dell'atmosfera nei mesi più freddi sia della presenza di sorgenti aggiuntive come, ad esempio, il riscaldamento domestico. Il valore massimo mensile misurato nella provincia di Sondrio si attesta sostanzialmente in prossimità del 50° percentile delle medie regionali, non evidenziando quindi alcuna criticità specifica per questo inquinante.



**Figura 23 – Andamento delle concentrazioni medie annuali di PM<sub>10</sub> della regione confrontato con il trend della provincia di Sondrio**

La Figura 23 riporta il trend annuale della concentrazione di PM<sub>10</sub> relativo alla provincia di Sondrio: si nota una certa stazionarietà del valore della media annuale negli ultimi anni.

### 7.1.2 - Polveri PM<sub>2,5</sub>

In Tabella 8 si confrontano i livelli di PM<sub>2,5</sub> rilevati dalla rete ARPA di Sondrio con i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs. 155/2010; in grassetto sono indicati i casi di non rispetto del limite.

STAZIONE	D.LGS. 155/2010 PROTEZIONE SALUTE UMANA	
	RENDIMENTO [%]	MEDIA ANNUALE [µg/m <sup>3</sup> ] (LIMITE: 25 µg/m <sup>3</sup> )
Sondrio - Paribelli	98	17
Bormio	95	10

**Tabella 8 – Valori medi annui di PM<sub>2,5</sub> rilevati nelle centraline ARPA della provincia di Sondrio**

Si riporta di seguito, in Figura 24, l'andamento dei valori minimi e massimi e del 25°, 50° (mediana) e 75° percentile, relativi alle medie mensili per il PM<sub>2,5</sub>, ottenuti per la rete di monitoraggio della regione Lombardia, nel corso del 2021, confrontati con i massimi e minimi tra i valori medi mensili registrati tra le stazioni della provincia. L'andamento dei percentili fornisce indicazioni sull'effettiva distribuzione dei valori delle concentrazioni nell'arco di ogni mese. In provincia di Sondrio i valori

sono bassi e vengono spesso rilevate le minime medie regionali. In nessuna stazione è stato superato il limite annuale.

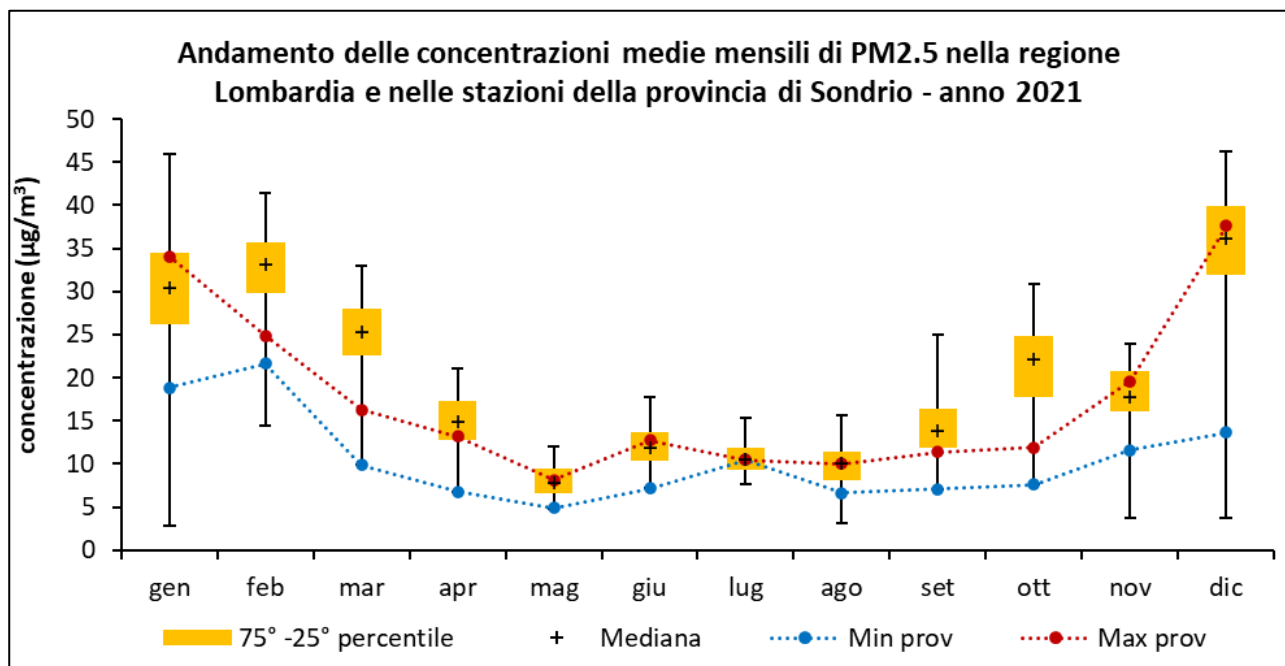


Figura 24 – Valori PM<sub>2.5</sub> anno 2021 (medie mensili delle stazioni ARPA della provincia di Sondrio)

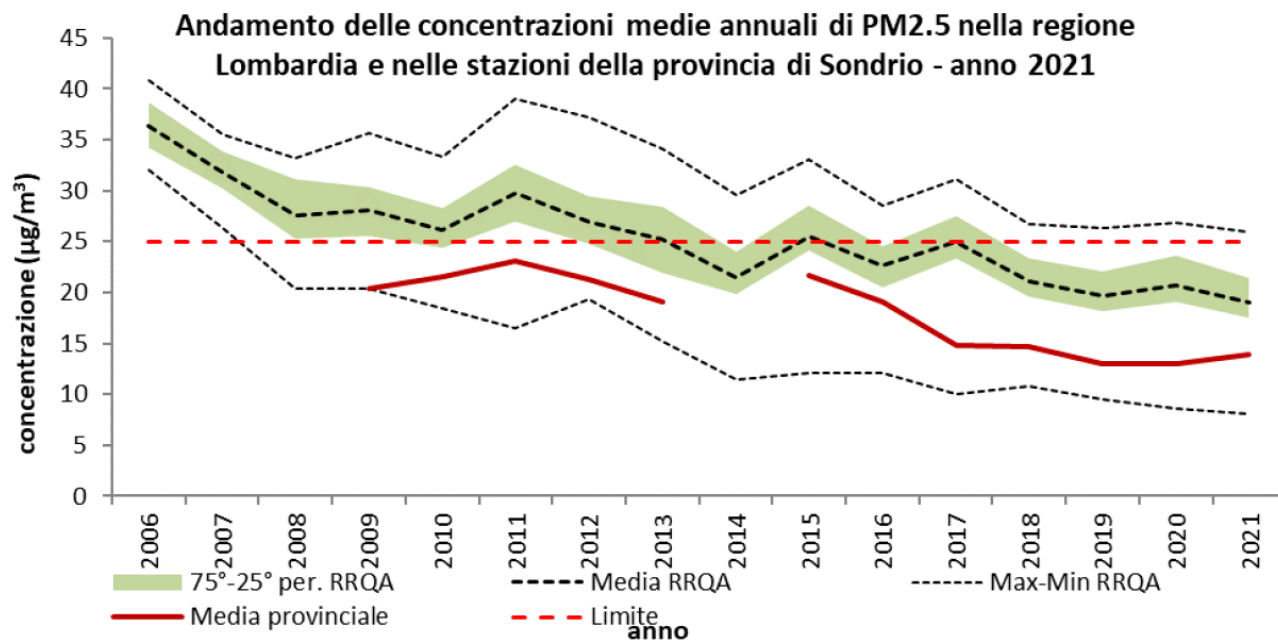


Figura 25 – Andamento delle concentrazioni medie annuali di PM<sub>2.5</sub> della regione confrontato con il trend della provincia di Sondrio

La Figura 25 riporta il trend annuale della concentrazione di PM<sub>2.5</sub> relativo alla provincia di Sondrio: si nota una certa stazionarietà del valore della media annuale negli ultimi anni.



## 7.2 - OSSIDI DI AZOTO (NO<sub>x</sub>)

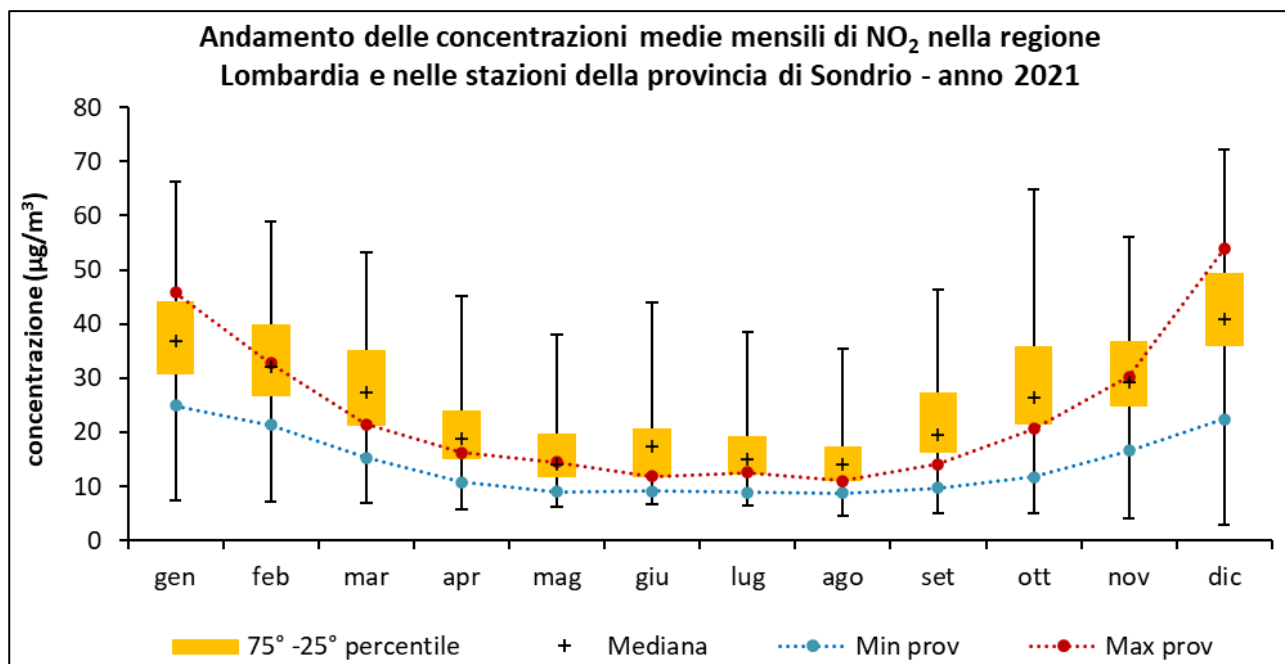
In Tabella 9 si confrontano i livelli di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) rilevati dalla rete ARPA di Sondrio con i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs. 155/2010.

STAZIONE	D.LGS. 155/2010		
	PROTEZIONE SALUTE UMANA		
	RENDIMENTO [%]	MEDIA ANNUALE [µg/m <sup>3</sup> ] (LIMITE: 40 µg/m <sup>3</sup> )	N° SUPERAMENTI DEL LIMITE ORARIO (200 µg/m <sup>3</sup> DA NON SUPERARE PIÙ DI 18 VOLTE/ANNO]
Sondrio - Mazzini	99	23	0
Sondrio - Paribelli	98	20	0
Morbegno	98	18	0
Bormio	99	15	0

**Tabella 9 – Valori medi annui di NO<sub>2</sub> rilevati nelle centraline ARPA della provincia di Sondrio**

In nessuna delle centraline in esame sono stati superati, per l'anno 2021, né il valore limite della concentrazione media annua di 40 µg/m<sup>3</sup>, né il limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup>.

Non sono presenti valori relativi alla concentrazione di NO<sub>x</sub> in quanto le stazioni non sono idonee alla valutazione della protezione della vegetazione secondo le prescrizioni dell'allegato III, paragrafo 3, punto 2 del D.Lgs. 155/2010.



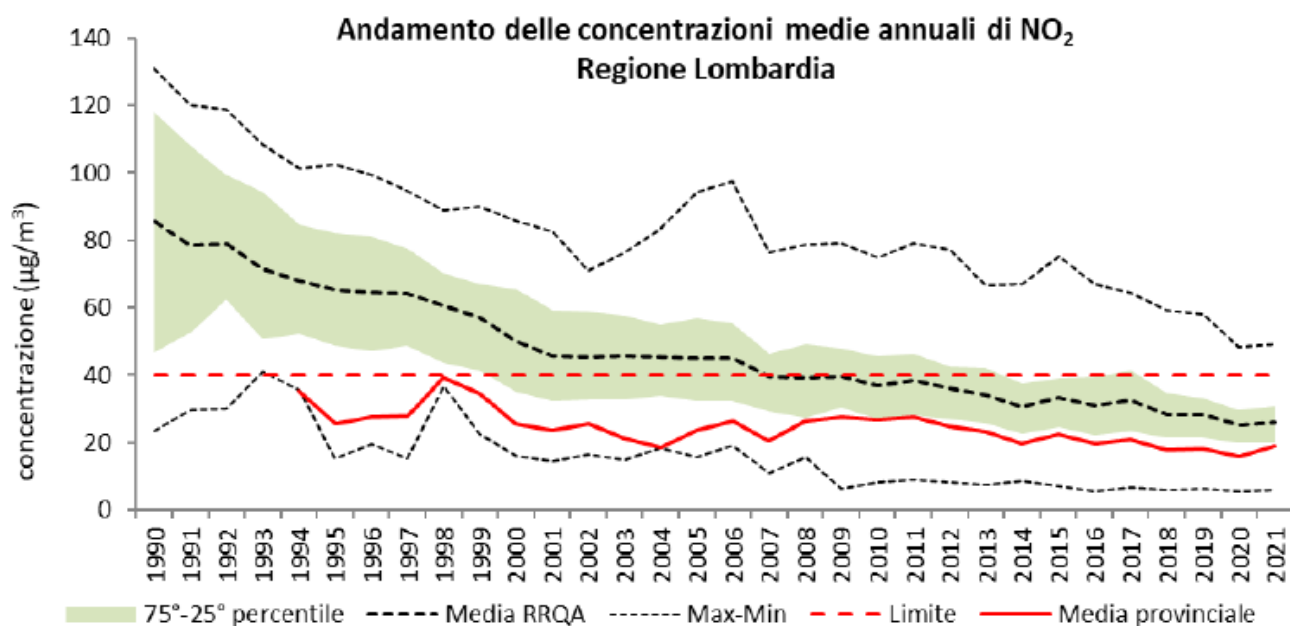
**Figura 26 – Valori NO<sub>2</sub> anno 2021 (medie mensili delle stazioni ARPA della provincia di Sondrio)**

La Figura 26 rappresenta l'andamento delle concentrazioni medie mensili di NO<sub>2</sub> registrate nel corso del 2021 nelle stazioni ARPA della provincia di Sondrio. L'andamento delle concentrazioni mostra una marcata dipendenza stagionale, con valori più alti nel periodo invernale.

I valori misurati nella provincia di Sondrio rientrano nella variabilità regionale. I valori massimi delle medie provinciali si attestano quasi spesso al di sotto del 25° percentile delle medie di tutte le stazioni; solo a gennaio e dicembre, è stato superato il 75° percentile.

In primavera-estate sono state registrate medie tra le più basse di tutta la regione.

Sulla base dei valori rilevati non si evidenzia nessuna specifica criticità legata a questo inquinante.



**Figura 27 – Andamento delle concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> della regione confrontato con il trend della provincia di Sondrio**

In Figura 27 è riportato il trend delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> delle stazioni del Programma di valutazione della Regione confrontato con il trend della provincia di Sondrio.

### 7.3 - MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

In Tabella 10 si confrontano i livelli di monossido di carbonio (CO) rilevati dalla rete ARPA di Sondrio con i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs. 155/2010.

STAZIONE	D.LGS. 155/2010			
	PROTEZIONE SALUTE UMANA			
	RENDIMENTO [%]	MEDIA ANNUALE [mg/m <sup>3</sup> ]	N° SUPERAMENTI DEL LIMITE GIORNALIERO (10 mg/m <sup>3</sup> DA NON SUPERARE PIÙ DI 18 VOLTE/ANNO)	MASSIMA MEDIA SU 8 ORE [mg/m <sup>3</sup> ]
Sondrio - Mazzini	88	0,5	0	1,7
Morbegno	98	0,4	0	1,8
Bormio	99	0,4	0	2,1

Tabella 10 – Valori medi annui di CO rilevati nelle centraline ARPA della provincia di Sondrio

Si osserva che le concentrazioni medie annue del CO rilevate in tutte le stazioni della provincia sono risultate inferiori ad 1 mg/m<sup>3</sup>. Le concentrazioni medie massime sulle 8 ore non hanno mai superato il valore limite stabilito per la protezione della salute umana pari a 10 mg/m<sup>3</sup>.

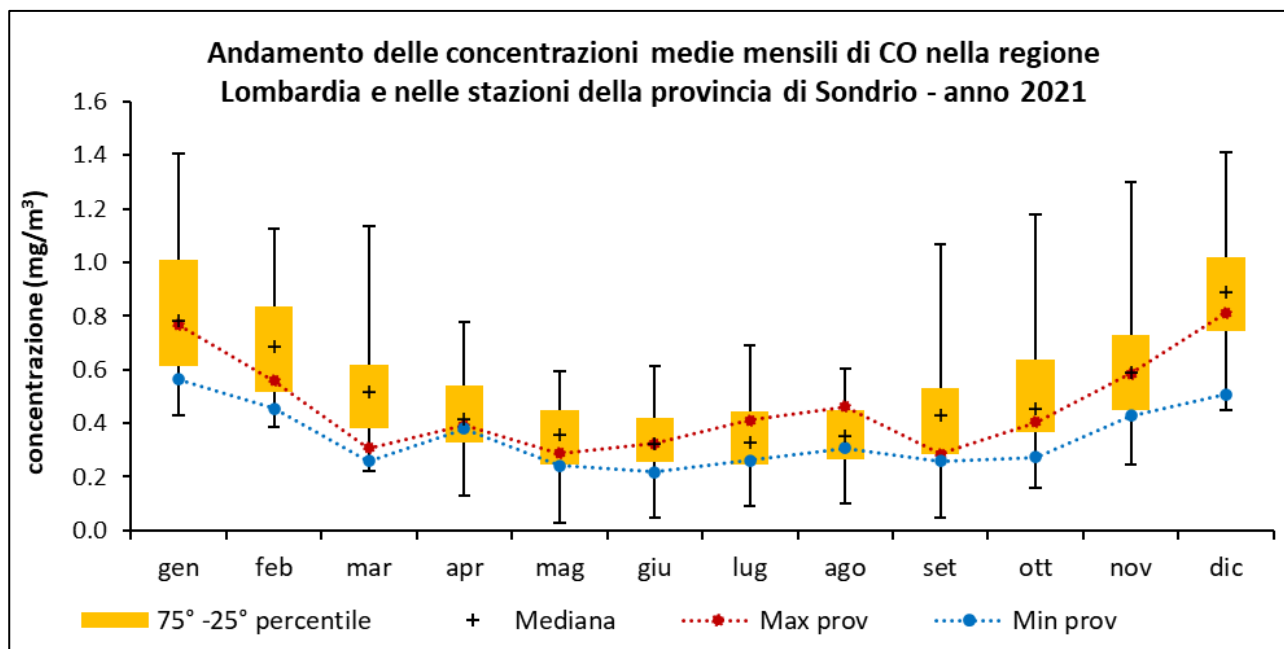


Figura 28 – Valori CO anno 2021 (medie mensili delle stazioni ARPA della provincia di Sondrio)

La Figura 28 rappresenta l'andamento delle concentrazioni medie mensili di CO registrate nell'anno di riferimento presso le stazioni ARPA della provincia di Sondrio. Le concentrazioni rilevate sono risultate ben al di sotto del limite normativo di riferimento per tutto il 2021.

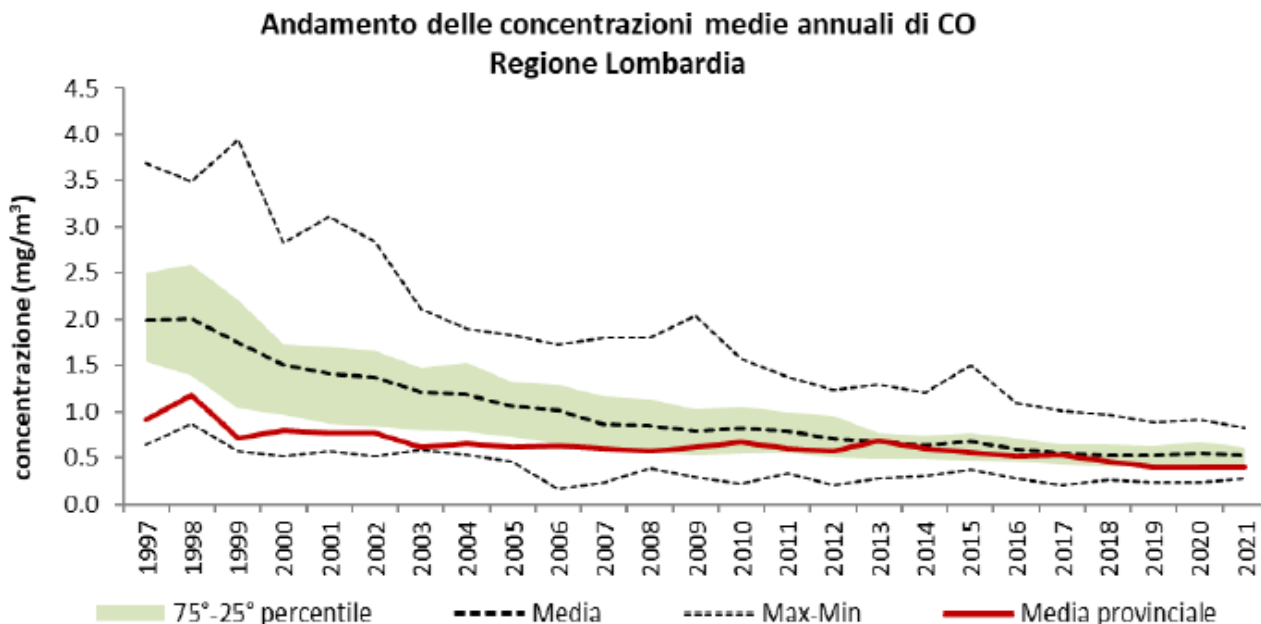


Figura 29 – Andamento delle concentrazioni medie annuali di CO della regione confrontato con il trend della provincia di Sondrio

In Figura 29 è riportato il trend annuale delle concentrazioni di monossido di carbonio delle stazioni del Programma di Valutazione della Regione confrontato con il trend della provincia di Sondrio.

#### 7.4 - BENZENE (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

In Tabella 11 si confrontano i livelli di benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) rilevati dalla rete ARPA di Sondrio con i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs. 155/2010; in grassetto sono indicati i casi di non rispetto del limite.

STAZIONE	D.LGS. 155/2010 PROTEZIONE SALUTE UMANA	
	RENDIMENTO [%]	MEDIA ANNUALE [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] (LIMITE: 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Sondrio - Mazzini	100	0,6
Bormio	98	0,8

Tabella 11 – Valori medi annui di C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> rilevati nelle centraline ARPA della provincia di Sondrio

Dal prospetto si osserva che non è mai stata superata la concentrazione media annua di 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nelle postazioni considerate.

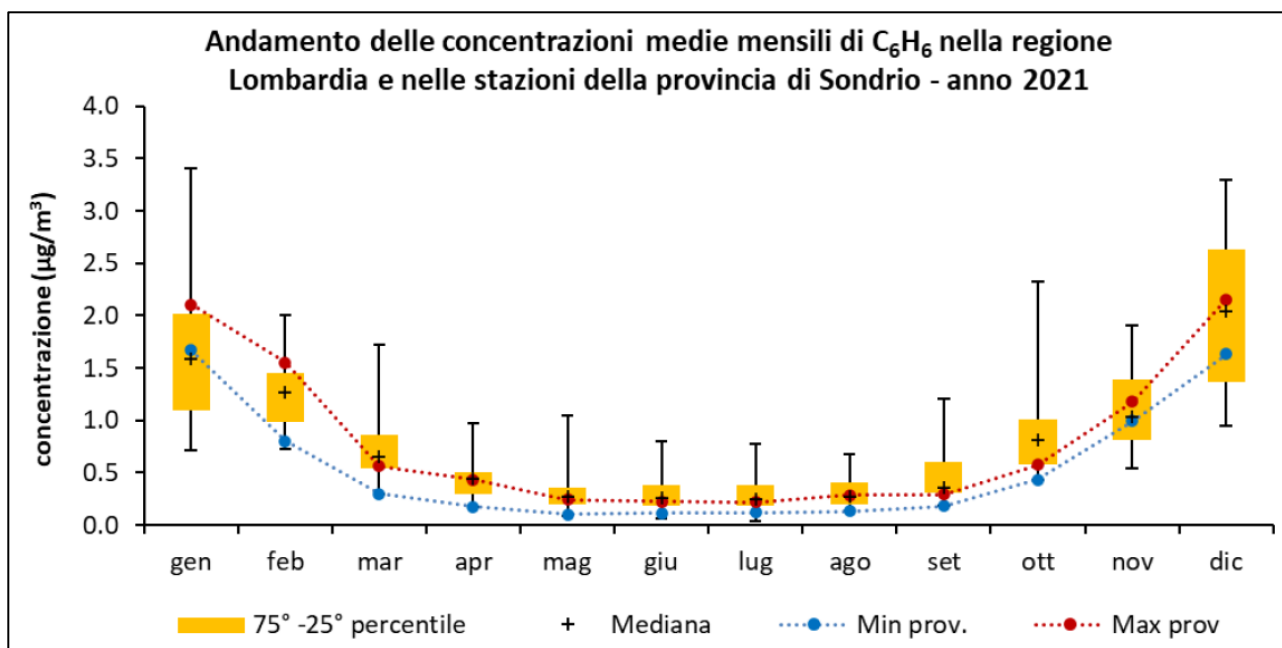


Figura 30 – Valori C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> anno 2021 (medie mensili delle stazioni ARPA della provincia di Sondrio)

La Figura 30 rappresenta l'andamento delle concentrazioni medie mensili di benzene registrate nell'anno 2021 presso le stazioni ARPA della provincia di Sondrio. Le concentrazioni rilevate mostrano una certa stagionalità, con valori più alti nei mesi freddi. In nessuna stazione della regione Lombardia è stato superato il limite legislativo sulla concentrazione media annuale.

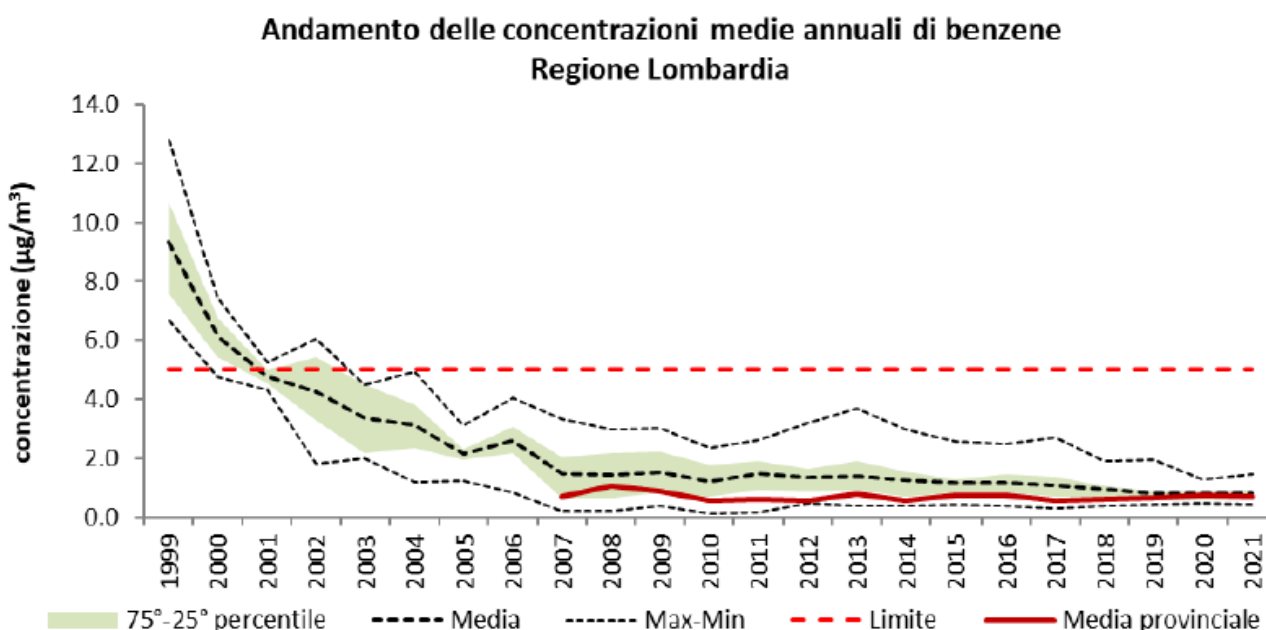


Figura 31 – Andamento delle concentrazioni medie annuali di C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> della regione confrontato con il trend della provincia di Sondrio

In Figura 31 è riportato il trend annuale delle concentrazioni di  $C_6H_6$  delle stazioni del Programma di valutazione della Regione confrontato con il trend della provincia di Sondrio.

## 8 - INQUADRAMENTO RISPETTO AL PRIA

Il Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria (PRIA) è predisposto ai sensi della normativa nazionale e regionale:

- il D.Lgs n. 155 del 13.08.2010, che ne delinea la struttura e i contenuti,
- la legge regionale n. 24 dell'11.12.2006 "Norme per la prevenzione e la riduzione delle emissioni in atmosfera a tutela della salute e dell'ambiente" e la delibera del Consiglio Regionale n. 891 del 6.10.2009 "Indirizzi per la programmazione regionale di risanamento della qualità dell'aria", che ne individuano gli ambiti specifici di applicazione.

L'obiettivo strategico è raggiungere livelli di qualità dell'aria che non comportino rischi o impatti negativi significativi per la salute umana e per l'ambiente.

In particolare gli obiettivi della pianificazione e programmazione regionale per la qualità dell'aria sono:

- rientrare nei valori limite nelle zone e negli agglomerati ove il livello di uno o più inquinanti superi tali riferimenti,
- preservare da peggioramenti nelle zone e negli agglomerati in cui i livelli degli inquinanti siano stabilmente al di sotto dei valori limite.

Il Piano si articola in una componente di inquadramento normativo, territoriale e conoscitivo e in una componente di individuazione dei settori di intervento e delle relative misure da attuarsi secondo una declinazione temporale di breve, medio e lungo periodo. Si tratta di 91 misure strutturali che agiscono su tutte le numerose fonti emissive nei tre grandi settori della produzione di inquinanti atmosferici. Le misure previste sono 40 per il settore dei trasporti, 37 per l'energia e il riscaldamento, 14 per le attività agricole. Ciascuna è corredata da indicatori e analizzata sotto il profilo dei risultati attesi in termini di miglioramento della qualità dell'aria e di riduzione delle emissioni, e sotto il profilo dei costi associati, dell'impatto sociale, dei tempi di attuazione e della fattibilità tecnico-economica.

Nella seduta del 6 settembre 2013, con Delibera n. 593, la Giunta ha approvato definitivamente il PRIA

La maggiore scorrevolezza del traffico prevista con la nuova soluzione di progetto persegue senza dubbio il target definito dal PRIA come **SOSTENIBILITÀ DEL SISTEMA INFRASTRUTTURALE REGIONALE PER I TRASPORTI E LA MOBILITÀ**

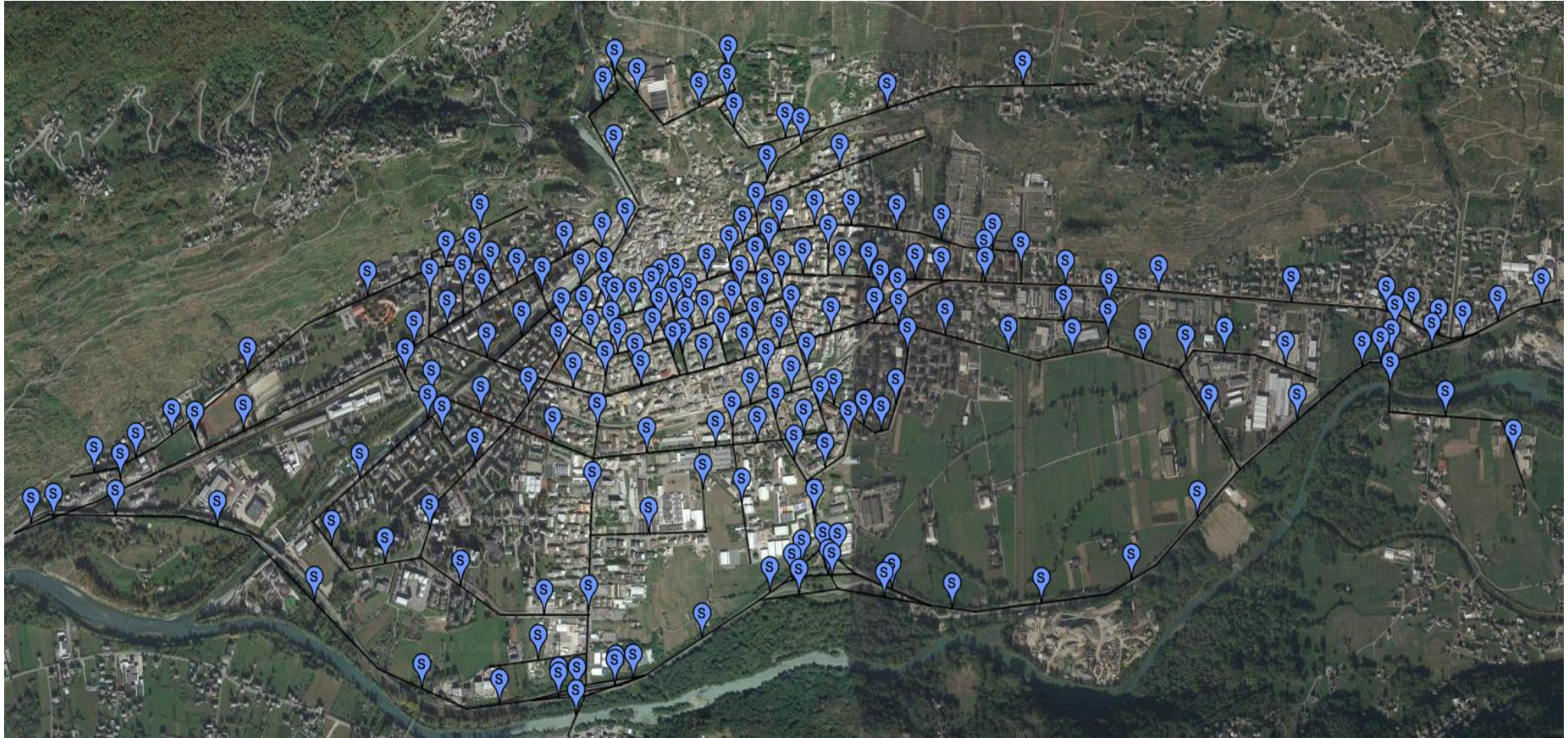
## **9 - IMPATTO DELLE EMISSIONI GENERATE**

### **9.1 - IL MODELLO MMS CALINE**

La stima della ricaduta degli inquinanti generati da traffico veicolare nello scenario attuale ed in quelli di progetto è stata condotta applicando il Modello Caline nella Maind Model Suite (MMS Caline). Il modello diffusivo è stato sviluppato dal CALTRANS (Californian Institute of Transportation) ed è stato inserito nei modelli consigliati da APAT (Agenzia Italiana per la protezione dell'ambiente e per servizi tecnici) per la valutazione e la gestione della qualità dell'aria negli scenari di emissione da traffico urbano. Il programma permette di calcolare il valore di concentrazione degli inquinanti in punti recettori vicini alla sede stradale specificata, permettendo di ottenere diversi tipi di output (concentrazioni medie orarie, medie su n ore, ecc.). Ogni sorgente stradale è inserita nel modello attraverso la specificazione geometrica dei suoi tratti rettilinei (links), per ognuno dei quali viene richiesto il volume veicolare di transito ed il fattore di emissione medio. Il programma permette di scegliere tra diverse tipologie di strade (normali, strade in avvallamenti, ponti, parcheggi ecc.) e di inserire un regime emissivo non uniforme nell'arco della giornata. Per quanto riguarda i recettori è possibile collocarli ai vertici di un reticolo cartesiano o in alternativa in una qualunque posizione del dominio di calcolo. Il modello di simulazione richiede inoltre l'inserimento di una serie di dati meteorologici orari caratteristici della zona di interesse.

Per la simulazione modellistica in esame è stata utilizzato un dominio di 5.500 m x 2.250 m, avente origine nel punto di coordinate UTM X = 564.932 e Y = 5.111.914, e con una maglia di 110 m x 45 m per un totale di 2.500 punti recettori (50 x 50).





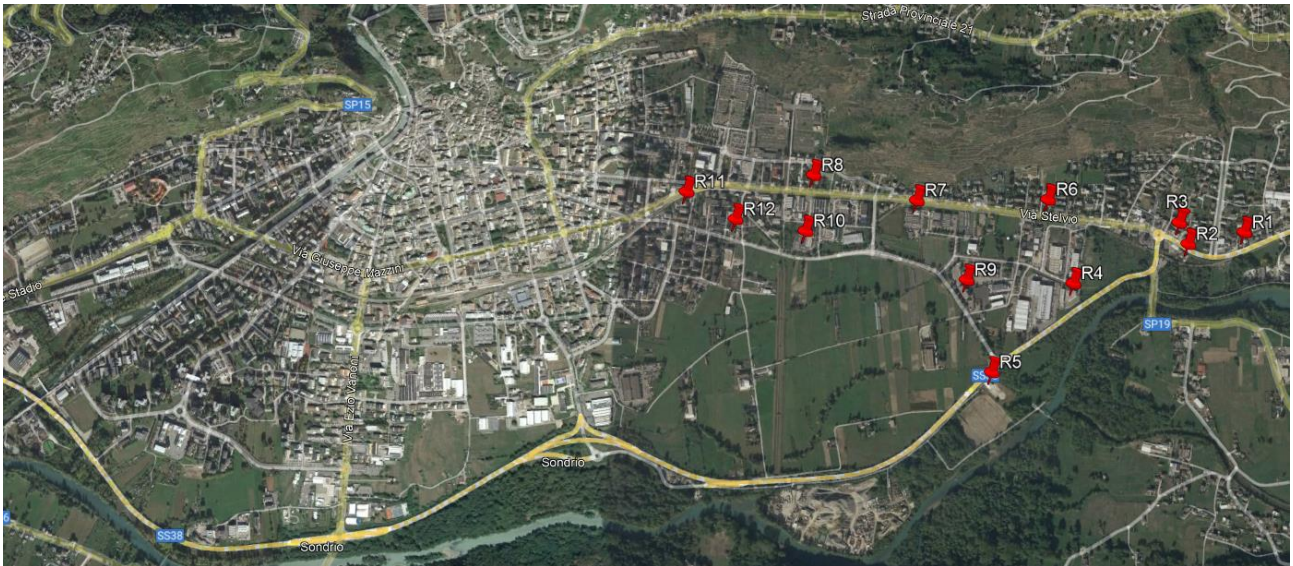
**Figura 32 – Area oggetto di simulazione modellistica tramite MMS Caline con individuazione delle sorgenti**

Oltre ai recettori propri del dominio di calcolo, sono stati scelti 12 recettori discreti collocati in corrispondenza di abitazioni private ed aziende dislocate nelle vicinanze dell'area oggetto di intervento e lungo i tracciati stradali lungo i quali si stima avere la maggiore variazione del flusso veicolare (via Stelvio e via Europa).

La concentrazione degli inquinanti è stata stimata ad un'altezza dal suolo pari a 2 m per tutti i recettori.

IDENTIFICATIVO RECETTORE	COORDINATA UTM EST [m]	COORDINATA UTM NORD [m]	POSIZIONE RECETTORE
R1	570.073	5.113.280	Abitazione privata
R2	569.882	5.113.230	Abitazione privata
R3	569.849	5.113.301	Abitazione privata
R4	569.489	5.113.073	Sacchi Elettroforniture
R5	569.226	5.112.756	Elitellina SRL
R6	569.395	5.113.357	Abitazione privata
R7	568.944	5.113.332	Carrozzeria Inferno Sondrio
R8	568.586	5.113.401	Abitazione privata
R9	569.128	5.113.068	Ufficio provinciale della motorizzazione e dei trasporti
R10	568.566	5.113.208	Lavanderia industriale Bertini e Pisetta
R11	568.153	5.113.319	Abitazione privata
R12	568.324	5.113.234	Abitazione privata

**Tabella 12 – Collocazione dei recettori discreti**



**Figura 33 – Collocazione dei recettori discreti**

Oltre alle informazioni già citate, il modello Caline richiede l'inserimento di un valore di quota media sul livello del mare e di un valore di rugosità del sito di interesse. Per il primo è stato inserito un valore di 300 m sul livello del mare. Il secondo parametro, espresso in cm e scelto da una libreria di valori presenti all'interno del modello: tale parametro può variare da 2 cm per aree industriali, a 100 cm per aree urbanizzate, fino a 200 cm per le zone boschive. Il valore scelto per il caso in esame, trattandosi di area urbanizzata è di 100 cm.

**9.2 - IMPATTO DELLE EMISSIONI GENERATE (ALTERNATIVA PROGETTUALE B1)**

Nel caso oggetto di studio il modello ha fornito come output i dati di concentrazione oraria media e massima in ogni singolo recettore. I risultati sono stati successivamente processati con il programma di elaborazione dati RunAnalyzer, al fine di ottenere valori di concentrazione per diversi tempi di campionamento (1 ora, 8 ore, 24 ore e/o un anno in relazione alla tipologia di inquinante).

Per la distribuzione spaziale delle concentrazioni sull'intera maglia di calcolo si rimanda agli elaborati grafici allegati alla presente.

In Tabella 13 si riportano i valori massimi delle concentrazioni stimate nei recettori discreti, per i diversi tempi di campionamento ( $T_c$ ) e per le due situazioni considerate (stato di fatto e alternativa progettuale B1).

INQUINANTE	$T_c$ [h]	R1		R2		R3		LQA
		SDF	B1	SDF	B1	SDF	B1	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	2,460	2,630	1,640	1,940	2,840	1,540	50
	8.760	1,060	1,050	0,538	0,712	1,250	0,630	40
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,675	0,573	0,351	0,391	0,793	0,345	25
NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1	5,240	5,040	4,490	4,380	6,880	3,770	200
	8.760	0,850	0,838	0,442	0,571	0,998	0,504	40
CO [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	8	0,068	0,071	0,059	0,050	0,096	0,041	10
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,754	0,743	0,392	0,506	0,885	0,447	5
INQUINANTE	$T_c$ [h]	R4		R5		R6		LQA
		SDF	B1	SDF	B1	SDF	B1	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	1,300	1,500	1,800	1,700	2,480	1,830	50
	8.760	0,462	0,544	0,587	0,556	0,952	0,712	40
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,295	0,299	0,377	0,308	0,602	0,388	25
NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1	2,620	3,170	4,570	4,320	5,230	4,320	200
	8.760	0,372	0,437	0,475	0,451	0,758	0,567	40
CO [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	8	0,048	0,054	0,071	0,067	0,091	0,065	10
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,330	0,388	0,421	0,400	0,672	0,503	5

INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R7		R8		R9		LQA
		SDF	B1	SDF	B1	SDF	B1	
PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	24	0,927	0,919	2,360	2,170	0,690	1,020	50
	8.760	0,338	0,345	0,917	0,834	0,269	0,431	40
PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	8.760	0,221	0,193	0,580	0,455	0,174	0,238	25
NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	1	2,450	2,520	4,960	4,690	2,010	2,750	200
	8.760	0,277	0,282	0,731	0,664	0,218	0,348	40
CO [mg/m <sup>3</sup> ]	8	0,025	0,025	0,089	0,079	0,021	0,026	10
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	8.760	0,246	0,250	0,648	0,589	0,194	0,309	5
Inquinante	T <sub>c</sub> [h]	R10		R11		R12		LQA
		SDF	B1	SDF	B1	SDF	B1	
PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	24	0,780	0,959	1,060	1,150	0,993	1,240	50
	8.760	0,253	0,362	0,400	0,436	0,325	0,480	40
PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	8.760	0,163	0,199	0,258	0,241	0,209	0,264	25
NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	1	2,270	2,790	3,470	3,620	2,790	3,600	200
	8.760	0,205	0,291	0,325	0,352	0,262	0,385	40
CO [mg/m <sup>3</sup> ]	8	0,023	0,041	0,033	0,035	0,025	0,037	10
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	8.760	0,182	0,258	0,289	0,312	0,233	0,342	5

**Tabella 13 – Concentrazioni massime stimate nei recettori per diversi tempi di campionamento**

Dall'analisi di Tabella 13 emerge come, per tutti gli inquinanti e per tutti i tempi di riferimento considerati, vengano ampiamente rispettati i valori limite previsti dal D.Lgs. 155/2010.

In Tabella 14 vengono invece riportati i limiti di legge per i diversi tempi di campionamento, la differenza ( $\Delta$ ) tra le concentrazioni stimate tra la situazione post-operam e ante-operam, nonché gli impatti percentuali (I), calcolati come rapporto tra la differenza delle concentrazioni e il limite di riferimento. In verde sono evidenziati i  $\Delta$  negativi, in cui si denota una diminuzione delle concentrazioni nella situazione post-operam rispetto a quella ante-operam; viceversa sono evidenziati in rosso i valori per cui si è riscontrato un aumento delle concentrazioni rispetto alla situazione iniziale.

INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R1		R2		R3		LQA
		$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	0,170	0,340	0,300	0,600	-1,300	-2,600	50
	8.760	-0,010	-0,025	0,174	0,435	-0,620	-1,550	40
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	-0,102	-0,408	0,040	0,160	-0,448	-1,792	25
NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1	-0,200	-0,100	-0,110	-0,055	-3,110	-1,555	200
	8.760	-0,012	-0,030	0,129	0,323	-0,494	-1,235	40
CO [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	8	0,003	0,030	-0,009	-0,090	-0,055	-0,550	10
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	-0,011	-0,220	0,114	2,280	-0,438	-8,760	5
INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R4		R5		R6		LQA
		$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	0,200	0,400	-0,100	-0,200	-0,650	-1,300	50
	8.760	0,082	0,205	-0,031	-0,077	-0,240	-0,600	40
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,004	0,016	-0,069	-0,276	-0,214	-0,856	25
NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1	0,550	0,275	-0,250	-0,125	-0,910	-0,455	200
	8.760	0,065	0,163	-0,024	-0,060	-0,191	-0,478	40
CO [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	8	0,006	0,060	-0,004	-0,040	-0,026	-0,260	10
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,058	1,160	-0,021	-0,420	-0,169	-3,380	5
INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R7		R8		R9		LQA
		$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	-0,008	-0,016	-0,190	-0,380	0,330	0,660	50
	8.760	0,007	0,017	-0,083	-0,208	0,162	0,405	40
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	-0,028	-0,112	-0,125	-0,500	0,064	0,256	25
NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1	0,070	0,035	-0,270	-0,135	0,740	0,370	200
	8.760	0,005	0,012	-0,067	-0,168	0,130	0,325	40
CO [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	8	0,00	0,00	-0,010	-0,100	0,005	0,050	10
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,004	0,080	-0,059	-1,180	0,115	2,300	5

INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R10		R11		R12		LQA
		Δ	I [%]	Δ	I [%]	Δ	I [%]	
PM <sub>10</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	24	0,179	0,358	0,090	0,180	0,247	0,494	50
	8.760	0,109	0,273	0,036	0,090	0,155	0,388	40
PM <sub>2,5</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	8.760	0,036	0,144	-0,017	-0,068	0,055	0,220	25
NO <sub>2</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	1	0,520	0,260	0,150	0,075	0,810	0,405	200
	8.760	0,086	0,215	0,027	0,067	0,123	0,308	40
CO [mg/m <sup>3</sup> ]	8	0,018	0,180	0,002	0,020	0,012	0,120	10
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	8.760	0,076	1,520	0,023	0,460	0,109	2,180	5

**Tabella 14 – Differenze di concentrazione tra i valori P.O. e A.O. e confronto con i limiti di qualità dell'aria**

Per quanto riguarda la variazione delle concentrazioni, nei recettori R4, R9, R10 ed R12 sono previsti aumenti per tutti gli inquinanti considerati. Ciò è dovuto al maggior afflusso di traffico lungo via Europa in quanto via preferenziale di accesso alla SS38 dal centro di Sondrio, a seguito delle modifiche in progetto.

L'inquinante la cui concentrazione subisce il maggiore incremento è l'NO<sub>2</sub>. L'incremento della concentrazione oraria è pari a 0,81 μg/m<sup>3</sup> e 0,74 μg/m<sup>3</sup> rispettivamente per i recettori R12 e R9.

Nei ricettori R3, R5, R6 ed R8 si riscontra una diminuzione delle concentrazioni per tutti gli inquinanti considerati dovuta alla riduzione del traffico veicolare lungo via Stelvio; in particolare, la maggiore riduzione si avrà nel recettore R3 per l'inquinante NO<sub>2</sub> (riduzione della concentrazione massima oraria pari a 3,11 μg/m<sup>3</sup>). A seguito della realizzazione dell'uscita denominata "Trippi", via Stelvio rimarrà la via preferenziale per l'accesso alla città di Sondrio per i veicoli provenienti da Tirano, ma non si avrà più una connessione diretta tra via Stelvio e la SS38.

L'incidenza sui limiti della qualità dell'aria rimane comunque trascurabile e non significativa: nella situazione più sfavorevole (recettore R10) si evidenzia al più un aumento del 0,18% della concentrazione massima giornaliera di CO e un aumento del 1,6% della concentrazione massima giornaliera del C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, rispetto ai limiti normativi di riferimento.

### 9.3 - CONFRONTO CON I VALORI RILEVATI NELL'INTORNO (ALTERNATIVA PROGETTUALE B1)

Per la caratterizzazione della situazione stimata nella situazione post-operam rispetto alle zone limitrofe, vengono presi in considerazione i dati di qualità dell'aria registrati presso le stazioni di ARPA Lombardia, riassunti nel documento "Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Sondrio – Anno 2021", ad eccezione della concentrazione giornaliera di PM<sub>10</sub> e della concentrazione massima oraria di NO<sub>2</sub>, le quali sono ottenute mediante stime modellistiche effettuate da ARPA per il comune di Montagna in Valtellina e relative all'anno 2022 (periodo 01/01/2022 a 31/12/2022). In Tabella 15 vengono riportate le differenze tra i valori di concentrazione stimate tra la situazione post-operam e ante-operam nei recettori ( $\Delta$ ) e le concentrazioni ( $C_c$ ) di inquinanti rilevati nelle stazioni ARPA più significative per l'area oggetto di studio, ed in particolare "Sondrio – Paribelli" per il particolato (media annuale della concentrazione di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>) e "Sondrio – Mazzini" per il CO, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> e NO<sub>2</sub> (media annuale). Viene inoltre riportato il rapporto percentuale tra i valori  $\Delta$  e  $C_c$ , al fine di quantificare le variazioni rispetto alla qualità dell'aria rilevata dalle stazioni o ottenuta mediante stime modellistiche.

INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R1		R2		R3		C <sub>c</sub>
		$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	
PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	24	0,170	0,425	0,300	0,750	-1,300	-3,250	40
	8.760	-0,010	-0,045	0,174	0,791	-0,620	-2,818	22
PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	8.760	-0,102	-0,600	0,040	0,235	-0,448	-2,635	17
NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	1	-0,200	-0,847	-0,110	-0,466	-3,110	-13,178	23,6
	8.760	-0,012	-0,052	0,129	0,561	-0,494	-2,148	23
CO [mg/m <sup>3</sup> ]	8	0,003	0,176	-0,009	-0,529	-0,055	-3,235	1,7
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	8.760	-0,011	-1,833	0,114	19,000	-0,438	-73,000	0,6
INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R4		R5		R6		C <sub>c</sub>
		$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	
PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	24	0,200	0,500	-0,100	-0,250	-0,650	-1,625	40
	8.760	0,082	0,373	-0,031	-0,141	-0,240	-1,091	22
PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	8.760	0,004	0,024	-0,069	-0,406	-0,214	-1,259	17
NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	1	0,550	2,331	-0,250	-1,059	-0,910	-3,856	23,6
	8.760	0,065	0,283	-0,024	-0,104	-0,191	-0,830	23
CO [mg/m <sup>3</sup> ]	8	0,006	0,353	-0,004	-0,235	-0,026	-1,529	1,7
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	8.760	0,058	9,667	-0,021	-3,500	-0,169	-28,167	0,6



INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R7		R8		R9		C <sub>c</sub>
		Δ	I [%]	Δ	I [%]	Δ	I [%]	
PM <sub>10</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	24	-0,008	-0,020	-0,190	-0,475	0,330	0,825	40
	8.760	0,007	0,032	-0,083	-0,377	0,162	0,736	22
PM <sub>2,5</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	8.760	-0,028	-0,165	-0,125	-0,735	0,064	0,376	17
NO <sub>2</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	1	0,070	0,297	-0,270	-1,144	0,740	3,136	23,6
	8.760	0,005	0,022	-0,067	-0,291	0,130	0,565	23
CO [mg/m <sup>3</sup> ]	8	0,00	0,000	-0,010	-0,588	0,005	0,294	1,7
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	8.760	0,004	0,667	-0,059	-9,833	0,115	19,167	0,6
INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R10		R11		R12		C <sub>c</sub>
		Δ	I [%]	Δ	I [%]	Δ	I [%]	
PM <sub>10</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	24	0,179	0,448	0,090	0,225	0,247	0,618	40
	8.760	0,109	0,495	0,036	0,164	0,155	0,705	22
PM <sub>2,5</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	8.760	0,036	0,212	-0,017	-0,100	0,055	0,324	17
NO <sub>2</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	1	0,520	2,203	0,150	0,636	0,810	3,432	23,6
	8.760	0,086	0,374	0,027	0,117	0,123	0,535	23
CO [mg/m <sup>3</sup> ]	8	0,018	1,059	0,002	0,118	0,012	0,706	1,7
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	8.760	0,076	12,667	0,023	3,833	0,109	18,167	0,6

Tabella 15 – Confronto con i valori rilevati presso le stazioni ARPA nell'anno 2021

Dall'analisi dei dati in Tabella 15 emerge come siano previsti mutamenti della qualità dell'aria del sito di interesse. In particolare, gli incrementi delle concentrazioni di inquinanti rispetto alla qualità dell'aria, incideranno:

- per circa il 1,06% relativamente all'incremento della concentrazione del CO per il recettore R4;
- per il 19,17% relativamente all'incremento della concentrazione di C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> per il recettore R9.

Si evidenziano incrementi della concentrazione di inquinanti generali della qualità dell'aria anche per i recettori R10 ed R12.

È invece previsto un miglioramento della qualità dell'aria per i recettori R3 ed R6, dove si avrà una riduzione della concentrazione del C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> pari rispettivamente al 73% e al 28,2%. Si evidenzia inoltre una riduzione rispetto alla qualità dell'aria determinata mediante stime modellistiche da ARPA della concentrazione massima oraria di NO<sub>2</sub>, pari al 13,2% per il recettore R3.

**9.4 - IMPATTO DELLE EMISSIONI GENERATE (FASE DI CANTIERIZZAZIONE)**

Anche per la fase di cantierizzazione (CA), nel caso oggetto di studio, il modello ha fornito come output i dati di concentrazione oraria media e massima in ogni singolo recettore. I risultati sono stati successivamente processati con il programma di elaborazione dati RunAnalyzer, al fine di ottenere valori di concentrazione per diversi tempi di campionamento (24 ore e un anno).

Per la distribuzione spaziale delle concentrazioni sull'intera maglia di calcolo si rimanda agli elaborati grafici allegati alla presente.

In Tabella 16 si riportano i valori massimi delle concentrazioni stimate nei recettori discreti, per i diversi tempi di campionamento ( $T_c$ ) e per le due situazioni considerate (stato di fatto e fase di cantierizzazione).

INQUINANTE	$T_c$ [h]	R1		R2		R3		LQA
		SDF	CA	SDF	CA	SDF	CA	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	2,460	2,490	1,640	1,670	2,840	2,890	50
	8.760	1,060	1,080	0,538	0,546	1,250	1,270	40
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,675	0,685	0,351	0,356	0,793	0,805	25
INQUINANTE	$T_c$ [h]	R4		R5		R6		LQA
		SDF	CA	SDF	CA	SDF	CA	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	1,300	1,320	1,800	1,840	2,480	2,490	50
	8.760	0,462	0,468	0,587	0,598	0,952	0,954	40
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,295	0,299	0,377	0,384	0,602	0,604	25
INQUINANTE	$T_c$ [h]	R7		R8		R9		LQA
		SDF	CA	SDF	CA	SDF	CA	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	0,927	0,929	2,360	2,360	0,690	0,697	50
	8.760	0,338	0,339	0,917	0,918	0,269	0,272	40
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,221	0,222	0,580	0,581	0,174	0,175	25
INQUINANTE	$T_c$ [h]	R10		R11		R12		LQA
		SDF	CA	SDF	CA	SDF	CA	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	0,780	0,785	1,060	1,060	0,993	0,997	50
	8.760	0,253	0,255	0,400	0,401	0,325	0,326	40
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,163	0,164	0,258	0,259	0,209	0,209	25

**Tabella 16 – Concentrazioni massime PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> stimate nei recettori per diversi tempi di campionamento**

Dall'analisi di Tabella 16 emerge come, per tutti gli inquinanti e per tutti i tempi di riferimento considerati, vengano ampiamente rispettati i valori limite previsti dal D.Lgs. 155/2010.

In Tabella 17 vengono invece riportati i limiti di legge per i diversi tempi di campionamento, la differenza ( $\Delta$ ) tra le concentrazioni stimate tra la fase di cantierizzazione e situazione ante-operam, nonché gli impatti percentuali (I), calcolati come rapporto tra la differenza delle concentrazioni e il limite di riferimento. Durante la fase di cantierizzazione sono previsti incrementi della concentrazione degli inquinanti in tutti i recettori (ad eccezione di alcuni casi dove tali concentrazioni rimangono invariate rispetto a quelle valutate nella situazione ante-operam): in questa fase il traffico veicolare considerato è il medesimo valutato per la situazione ante-operam, al quale si aggiungono i veicoli destinati alla realizzazione delle opere previste dal progetto.

INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R1		R2		R3		LQA
		$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	0,030	0,060	0,030	0,060	0,050	0,100	50
	8.760	0,020	0,050	0,008	0,020	0,020	0,050	40
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,010	0,040	0,005	0,020	0,012	0,048	25
INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R4		R5		R6		LQA
		$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	0,020	0,040	0,040	0,080	0,010	0,020	50
	8.760	0,006	0,015	0,011	0,028	0,002	0,005	40
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,004	0,016	0,007	0,028	0,002	0,008	25
INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R7		R8		R9		LQA
		$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	0,002	0,004	0,000	0,000	0,007	0,014	50
	8.760	0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,008	40
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,001	0,004	0,001	0,004	0,001	0,004	25
INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R10		R11		R12		LQA
		$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	0,005	0,010	0,000	0,000	0,004	0,008	50
	8.760	0,002	0,005	0,001	0,003	0,001	0,003	40
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,001	0,004	0,001	0,004	0,000	0,000	25

**Tabella 17 – Differenze di concentrazione tra i valori CA e A.O. e confronto con i limiti di qualità dell'aria**

Dall'analisi dei dati in Tabella 17 si denota:

- un incremento massimo della concentrazione giornaliera di  $PM_{10}$  pari a  $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel recettore R3;
- un incremento massimo della concentrazione media annua di  $PM_{10}$  pari a  $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nei recettori R1 ed R3;
- un incremento massimo della concentrazione media annua di  $PM_{2,5}$  pari a  $0,012 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel recettore R3.

L'incremento maggiore della concentrazione di inquinanti si verifica per tali recettori in quanto prossimi all'area in cui verrà realizzato il cantiere.

L'incidenza sui limiti della qualità dell'aria rimane comunque trascurabile e non significativa nella situazione più sfavorevole (recettore R3). La concentrazione di  $PM_{10}$  subisce un incremento dello 0,1% della concentrazione giornaliera e un aumento dello 0,05% della concentrazione media annua rispetto ai limiti normativi di riferimento.

L'incremento della concentrazione media annua del  $PM_{2,5}$  risulta invece inferiore allo 0,048% rispetto ai limiti normativi.

### 9.5 - CONFRONTO CON I VALORI RILEVATI NELL'INTORNO (FASE DI CANTIERIZZAZIONE)

Anche per la caratterizzazione della situazione stimata nella fase di cantierizzazione rispetto alle zone limitrofe sono stati considerati i dati di qualità dell'aria registrati presso le centraline dell'ARPA Lombardia e riassunti nel documento "Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Sondrio - Anno 2021", ad eccezione della concentrazione giornaliera di PM<sub>10</sub>, ottenuta mediante stime modellistiche effettuate da ARPA per il comune di Montagna in Valtellina e relative all'anno 2022. In Tabella 18 vengono riportate le differenze tra i valori di concentrazione stimate tra fase di cantierizzazione e situazione ante-operam nei recettori ( $\Delta$ ) e le concentrazioni ( $C_c$ ) di inquinanti rilevati nella centralina ARPA di "Sondrio - Paribelli" per il particolato (media annuale PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>) e fornite mediante stime modellistiche effettuate da ARPA per il valore di concentrazione giornaliera di PM<sub>10</sub>. Viene inoltre riportato il rapporto percentuale tra i valori  $\Delta$  e  $C_c$  (I) al fine di quantificare le variazioni rispetto alla qualità dell'aria rilevata dalle stazioni o ottenuta mediante stime modellistiche.

Come detto nel paragrafo precedente, non sono previsti miglioramenti della qualità dell'aria rispetto alla situazione ante-operam essendo stato considerato, nell'ipotesi peggiore, il solo incremento di traffico veicolare dovuto alla movimentazione dei mezzi pesanti destinati alla realizzazione delle opere previste dal progetto.

INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R1		R2		R3		C <sub>c</sub>
		$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	0,030	0,075	0,030	0,075	0,050	0,125	40
	8.760	0,020	0,091	0,008	0,036	0,020	0,091	22
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,010	0,059	0,005	0,029	0,012	0,071	17
INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R4		R5		R6		C <sub>c</sub>
		$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	0,020	0,050	0,040	0,100	0,010	0,025	40
	8.760	0,006	0,027	0,011	0,050	0,002	0,009	22
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,004	0,024	0,007	0,041	0,002	0,012	17
INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R7		R8		R9		C <sub>c</sub>
		$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	$\Delta$	I [%]	
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24	0,002	0,005	0,000	0,000	0,007	0,018	40
	8.760	0,001	0,005	0,001	0,005	0,003	0,014	22
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	8.760	0,001	0,006	0,001	0,006	0,001	0,006	17

INQUINANTE	T <sub>c</sub> [h]	R10		R11		R12		C <sub>c</sub>
		Δ	I [%]	Δ	I [%]	Δ	I [%]	
PM <sub>10</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	24	0,005	0,013	0,000	0,000	0,004	0,010	40
	8.760	0,002	0,009	0,001	0,005	0,001	0,005	22
PM <sub>2,5</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	8.760	0,001	0,006	0,001	0,006	0,000	0,000	17

**Tabella 18 – Confronto con i valori rilevati presso le stazioni ARPA nell'anno 2021**

Dall'analisi dei dati in Tabella 18 emerge come siano previsti mutamenti esigui della qualità dell'aria del sito di interesse durante la fase di cantierizzazione. Tali incrementi, valutati rispetto alla qualità dell'aria, saranno nella situazione più critica (recettore R3):

- pari a 0,125% per la concentrazione giornaliera di PM<sub>10</sub>;
- pari a 0,091% per la concentrazione media annua di PM<sub>10</sub>;
- pari a 0,071% per la concentrazione media annua di PM<sub>2,5</sub>.

## 10 - CONCLUSIONI

Per valutare l'impatto delle emissioni generate dal traffico veicolare a seguito delle modifiche previste dall'alternativa progettuale B1 (quali il prolungamento della Tangenziale di Sondrio in continuità con la SS38, la realizzazione di uno svincolo a livelli sfalsati nei pressi dell'intersezione con la provinciale SP19 e la realizzazione di una rotatoria in corrispondenza dell'intersezione con via Europa), è stato applicato il modello matematico MMS Caline. Come valori di input al modello sono stati utilizzati:

- una serie annuale di dati meteorologici orari per il sito in esame, stimati con modello matematico WRF a partire dai dati delle stazioni meteorologiche collocate in prossimità del sito in esame;
- i flussi veicolari e le caratteristiche dei tratti stradali interessati dal traffico indotto;
- i fattori di emissione veicolari per gli inquinanti PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, CO e C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.

Per ogni recettore del dominio di calcolo considerato (5.500 m x 2.250 m) e per ogni ora dell'intervallo temporale (1 anno) sono state stimate le concentrazioni per gli inquinanti in emissione. Queste sono state elaborate attraverso specifico programma RunAnalyzer, al fine di ottenere le concentrazioni per diversi tempi di campionamento.

La valutazione è stata condotta in termini di impatto percentuale, confrontando la differenza tra valori post-operam (alternativa progettuale B1) e ante-operam (Stato di fatto), sia con i limiti imposti per la qualità dell'aria, sia con i valori misurati dalle stazioni ARPA nelle zone limitrofe all'area oggetto di studio. In generale si riscontra che le concentrazioni massime, per tutti i tempi di campionamento e per entrambi gli scenari, si osservano lungo la Strada Statale SS38, in quanto caratterizzate da un traffico veicolare più intenso rispetto agli altri tratti stradali considerati nello studio. Tutti i valori riscontrati (anche nei recettori discreti) si mantengono ampiamente al di sotto dei limiti previsti dalla normativa vigente. Di seguito è riportata una sintesi dei risultati ottenuti per i diversi inquinanti considerati.

La medesima valutazione è stata condotta anche per la fase di cantierizzazione, limitatamente agli inquinanti PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>. In generale si riscontra che le concentrazioni massime, per tutti i tempi di campionamento e per entrambi gli scenari, si osservano nelle aree destinate al cantiere e alla movimentazione dei mezzi pesanti.

PM<sub>10</sub> – È il parametro più critico per quanto riguarda la qualità dell'aria ed è all'origine dei provvedimenti di blocco del traffico adottati nelle aree critiche della Lombardia. Nel 2021 il valore limite della concentrazione media annua non è mai stato superato nelle stazioni della Provincia di Sondrio, mentre il limite dei 50 µg/m<sup>3</sup> è stato superato in tutte le stazioni di misura provinciale senza però mai raggiungere i 35 giorni all'anno.

Nel caso in esame e nei recettori considerati è atteso per l'inquinante PM<sub>10</sub> rispetto ai valori rilevati nell'intorno:

- un aumento, nel caso peggiore, delle concentrazioni massime orarie di 0,33 µg/m<sup>3</sup>, con un'incidenza sul valore della qualità dell'aria dello 0,825% (recettore R9);
- un aumento massimo delle concentrazioni medie annuali di 0,174 µg/m<sup>3</sup>, con un'incidenza sul valore della qualità dell'aria dello 0,791% (recettore R2).

PM<sub>2,5</sub> – Il PM<sub>2,5</sub> costituisce una frazione del particolato atmosferico; in particolare, con PM<sub>2,5</sub> si identificano le particelle di diametro aerodinamico inferiore o uguale ai 2,5 µm. Nel 2021 il valore limite della concentrazione media annua non è mai stato superato nelle stazioni della Provincia di Sondrio.

Nel caso in esame, nei recettori considerati è atteso per l'inquinante PM<sub>2,5</sub> rispetto ai valori rilevati nell'intorno, un aumento delle concentrazioni medie annuali di 0,064 µg/m<sup>3</sup> con un'incidenza sul valore della qualità dell'aria dello 0,376% (recettore R9).

NO<sub>2</sub> – Il biossido di azoto svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto è l'intermediario per la produzione di pericolosi inquinanti secondari come l'ozono, l'acido nitrico e l'acido nitroso. Presso le stazioni di riferimento della Provincia di Sondrio il limite orario imposto (200 µg/m<sup>3</sup>) non è mai stato superato nel corso del 2021.

Nel caso in esame, nei recettori considerati è atteso per l'inquinante NO<sub>2</sub>, rispetto ai valori rilevati nell'intorno:

- un aumento, nel caso peggiore, delle concentrazioni massime orarie di 0,81 µg/m<sup>3</sup>, con un'incidenza sul valore della qualità dell'aria del 3,432% (recettore R12);
- un aumento massimo delle concentrazioni medie annuali di 0,13 µg/m<sup>3</sup>, con un'incidenza sul valore della qualità dell'aria dello 0,565% (recettore R9).

CO – La concentrazione in aria del monossido di carbonio, soprattutto nelle aree urbane, è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare, soprattutto ai veicoli a benzina. Le emissioni di CO dai veicoli sono maggiori in fase di accelerazione e di traffico congestionato. Essendo un inquinante primario le sue concentrazioni sono strettamente legate ai flussi di traffico locali: gli andamenti giornalieri rispecchiano quelli del traffico, raggiungendo i massimi valori in concomitanza delle ore di punta a inizio e fine giornata, soprattutto nei giorni feriali. Durante le ore centrali della giornata i valori tendono a calare, grazie anche a una migliore capacità dispersiva dell'atmosfera. È da sottolineare che



le concentrazioni di CO sono in calo, soprattutto grazie al progressivo miglioramento della tecnologia dei motori a combustione.

Nel caso in esame, nei recettori considerati è atteso per l'inquinante CO rispetto ai valori rilevati nell'intorno, un aumento massimo della concentrazione di  $0,018 \text{ mg/m}^3$ , con un'incidenza sul valore di qualità dell'aria pari al 1,06% (recettore R10).

$\text{C}_6\text{H}_6$  – Il benzene è un idrocarburo aromatico monociclico, il quale viene utilizzato come materia prima per produrre plastiche, resine sintetiche, pesticidi e come antidetonante nelle benzine.

A seguito dello studio effettuato, le concentrazioni di benzene presentano un aumento massimo pari a  $0,115 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ , con un incremento percentuale rispetto alla qualità dell'aria del 19,167% (recettore R9). La situazione migliore si evidenzia nel recettore R3, con un incremento del valore di qualità dell'aria pari al 73%.

Per la situazione post-operam, dall'analisi dei dati riportati nei paragrafi 8.2 e 8.3 emerge come siano previsti mutamenti della qualità dell'aria con variazioni negative nei recettori R4, R9, R10, R11 e R12. L'incremento delle concentrazioni di inquinanti, tuttavia, è sempre inferiore al 5% rispetto ai valori limite di qualità dell'aria definiti dal D.Lgs. 155/2010, risultando pertanto trascurabile.

Sono previsti, invece, miglioramenti delle concentrazioni per tutti gli inquinanti considerati nei recettori R3, R5, R6 ed R8.

Per la fase di cantierizzazione, dall'analisi dei dati riportati nei paragrafi 8.4 e 8.5 si evince come i mutamenti previsti per la qualità dell'aria siano esigui, con variazioni previste sempre inferiori allo 0,1%.

Per tutti gli inquinanti oggetti di studio e per tutti i tempi di riferimento considerati, vengono sempre rispettati i valori limite previsti dal D. Lgs. 155/2010.

Il rispetto dei valori limite previsti dal D. Lgs. 155/2010 è stato inoltre valutato per tutte le situazioni (stato di fatto, stato di progetto e fase di cantierizzazione) considerando delle concentrazioni di fondo:

- pari a quelle misurate dalla stazione ARPA di Sondrio – Via Paribelli (stazione di tipo “Fondo”) per le concentrazioni medie annue di  $\text{PM}_{10}$  ( $10 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ) e  $\text{NO}_2$  ( $20 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ );
- pari a quelle misurate dalla stazione ARPA di Sondrio – Via Mazzini (stazione di tipo “Traffico”) per le concentrazioni medie annue di  $\text{PM}_{2,5}$  ( $17 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ) e  $\text{C}_6\text{H}_6$  ( $0,6 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ );
- pari a quella misurata dalla stazione ARPA di Sondrio – Via Mazzini (stazione di tipo “Traffico”) per la concentrazione massima media su 8 ore per il CO ( $1,7 \text{ mg/m}^3$ ).

L'impatto sulla qualità dell'aria generato sia dalla fase di cantierizzazione che dalla differente distribuzione del traffico veicolare a seguito delle modifiche previste dall'alternativa progettuale B1 può quindi ritenersi trascurabile.

Bergamo (BG), agosto 2023

Ing. Alberto Bonaldi

