

**S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI  
LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA**  
DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. CA22

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

**PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Ing. M. RASIMELLI  
Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

Ing. D. BONADIES	Ing. M. PROCACCI
Ing. P. LOSPENNATO	Ing. R. CERQUIGLINI
Ing. S. PELLEGRINI	Ing. M. CARAFFINI
Ing. A. POLLI	Geom. M. BINAGLIA
Ing. M. MARELLI	
Ing. A. LUCIA	

**IL RESPONSABILE DEL S.I.A.**

Arch. E. RASIMELLI

**IL GEOLOGO**

Dott. S. PIAZZOLI

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

Ing. L. IOVINE

**VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

Ing. F. RUGGIERI

PROTOCOLLO

DATA:

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**



MANDATARIA



**PINI SWISS ENGINEERS SA**  
SWISS  
Via Basso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



**PINI SWISS ENGINEERS Srl**  
ITALIA  
Via Cavour 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

## RELAZIONE IMPATTO ATMOSFERICO

CODICE PROGETTO

PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.
D P C A 2 2	D	2 0 0 2

NOME FILE  
T00\_IA00\_AMB\_RE05\_A

CODICE ELAB.	T 0 0	I A 0 0	A M B	R E 0 5
--------------	-------	---------	-------	---------

REVISIONE

PAG.

A

1 di 62

D					
C					
B					
A	PRIMA EMISSIONE	SETT. 2020	STRANI	LOSPENNATO	RASIMELLI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 2 di 62</p>
--	--

## *INDICE*

1. PREMESSA.....	3
2. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO .....	4
2.1 PREMESSA .....	4
2.2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	4
3. RIFERIMENTI NORMATIVI .....	7
4. ANALISI DELLO STATO ATTUALE.....	9
4.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	9
4.2 STATO ATTUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	10
4.2.1 Nozioni generali sull'inquinamento atmosferico .....	18
5. VALUTAZIONE DI IMPATTO ATMOSFERICO.....	25
5.1 PREMESSA .....	25
5.2 MODELLO DI CALCOLO .....	25
5.3 DESCRIZIONE DEL MODELLO .....	31
5.3.1 Cartografia, sorgenti emmissive e ricettori.....	31
5.3.2 Dati meteorologici .....	33
5.3.3 Flussi veicolari .....	44
5.3.4 Fattori di emissione .....	45
5.4 ANALISI PREVISIONALE .....	47
5.5 IMPATTO FASE DI CANTIERE.....	51
5.6 MITIGAZIONI FASE DI CANTIERE.....	54
6. CONCLUSIONI .....	62

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A Data: Luglio 2020 Pag. 3 di 62</p>
--	---

## 1. PREMESSA

La presente relazione si pone quale obiettivo la valutazione previsionale delle emissioni in atmosfera inerenti al progetto S.S.389 tratto Villagrande Strisaili - Arzana, relativa all'iter di assoggettabilità a VIA per l'approvazione dell'opera.

L'area interessata dal progetto è situata geograficamente nella regione dell'Ogliastra (parte centro orientale della Sardegna) e ricade nelle zone a ovest dell'alto Flumendosa, nella vallata del Rio Siccaderba. I Comuni interessati territorialmente dal progetto sono Villagrande Strisaili e Arzana, entrambi in Provincia dell'Ogliastra.

Su scala più vasta si può identificare la zona compresa tra valle del Rio Siccaderba, che rappresenta un importante punto di passaggio verso Nuoro e la SS 131 DIR, la costa ed in direzione della Strada Orientale Sarda, per le popolazioni dei paesi interni dell'Ogliastra.

Il tratto più significativo è quello che si sviluppa lungo il percorso del Rio Siccaderba andando da una quota di 852 s.l.m. a 820 s.l.m., che è compreso all'interno dell'omonimo Sito di Interesse Comunitario ITB 002215.

La valutazione di impatto atmosferico, trattata nel presente documento, prevede i seguenti passaggi:

- Caratterizzazione dello stato di qualità dell'aria ante operam;
- Individuazione e censimento dei ricettori interessati dall'intervento;
- Costruzione del modello meteorologico del sito interessato dall'opera;
- Costruzione e analisi del modello matematico di propagazione atmosferica:
  - o Inserimento del modello del terreno allo stato attuale;
  - o Costruzione del modello dello stato di progetto con definizione delle sorgenti in base ai dati di traffico di progetto;
  - o Analisi dei risultati.
- Confronto dei risultati di simulazione con i limiti di normativa e con lo stato di qualità dell'aria attuale;

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 4 di 62</p>
--	--

## 2. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

### 2.1 Premessa

Il progetto in esame consiste nella variante alla SS 389 tra gli svincoli di Villagrande Strisaili e di Arzana; si sviluppa per una lunghezza di circa 5600 m e sono previsti due svincoli per l'accesso ai due centri urbani.

La variante ha origine con lo svincolo per l'abitato di Villagrande che si innesta sulla strada comunale di collegamento alla vecchia SS 389, che a sua volta sarà oggetto di un intervento di miglioramento.

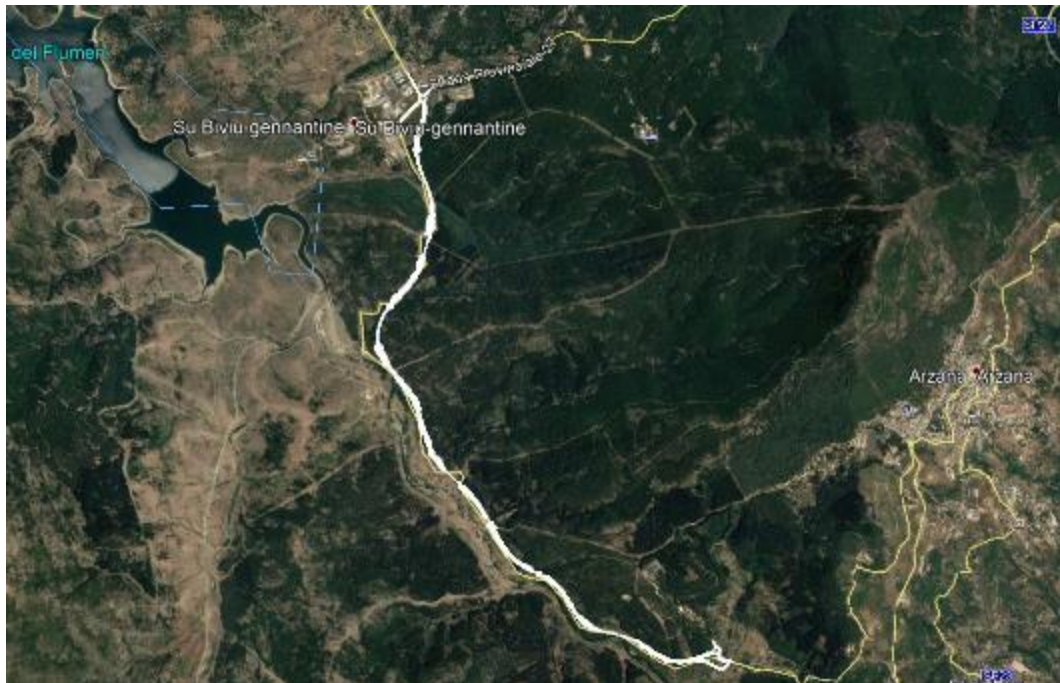


Figura 1- Tracciato di progetto su ortofoto

Il tracciato si sviluppa successivamente ad est del lago Alto del Flumendosa, fiancheggiando la vecchia SS 389. Entrata nel comune di Arzana, dopo circa 2 km, la strada si immette nella vallata del Rio Siccaderba intrecciandosi con il vecchio tracciato, che comunque rimane inalterato.

Successivamente sono previsti due svincoli: uno di raccordo con la vecchia SS 389 e per il collegamento con i centri di Arzana e Elini.

### 2.2 Descrizione del progetto

Il tratto in progettazione riprende le caratteristiche tecniche dei lotti già realizzati a nord dello stesso. La piattaforma stradale è relativa alle strade extraurbane di tipo C1, costituita da una carreggiata a due corsie di 3,75 mt per senso di marcia e due banchine laterali

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A Data: Luglio 2020 Pag. 5 di 62</p>
--	---

bitumate di 1,50 mt ciascuna, per complessivi 10,50 mt, ed in aggiunta si prevedono 2 arginelli in terra vegetale di 0,50 mt con il cordolo per l'installazione delle barriere metalliche, ad eccezione che nelle sezioni sulle opere d'arte.

La pendenza trasversale della carreggiata, comprese le banchine, è del 2.5%, sufficiente a garantire un rapido smaltimento delle acque meteoriche. Pendenza che varia nei tratti in curva fino a raggiungere il 7% per il raggio minimo adottato.

L'andamento altimetrico parte da una quota di 840 m. s.l.m. ad inizio tracciato, per arrivare ad una quota di 843 m s.l.m. a fine tracciato con un dislivello complessivo di 3 m. La pendenza longitudinale massima è del 4.55% e, per tratti inferiori a 500 m, del 5.88%, il raccordo verticale concavo e convesso minimo di 5.00 m, e il raggio di curvatura planimetrico minimo di 260 m.

Ad intervalli di 1.000 metri l'una dall'altra e per entrambi i lati, sono previste regolari piazzole di sosta, da ubicarsi in fase di esecuzione nei tratti in cui risulti minimo lo scavo o il rilevato, per contenere al massimo i movimenti di materia e quindi gli impatti e i costi.

Sono previsti lungo il tracciato:

sette viadotti, di lunghezza variabile tra 40 e 300 m, per complessivi 1080 m;

tre gallerie artificiali di lunghezza rispettivamente 420, 132 e 70 m, per complessivi 622 m;

opere d'arte minori per lo smaltimento delle acque, per attraversamenti della viabilità locale e per il contenimento delle terre;

tombini circolari di 1,50 m di diametro, scatolari 3x3, 4x4, 5x5, 9x5;

opere idrauliche di presidio: fossi di guardia, cunette a ciglio strada, cabalette sulle banchine delle trincee, cabalette di scarico sulle scarpate dei rilevati, canali rivestiti, drenaggi e briglie.

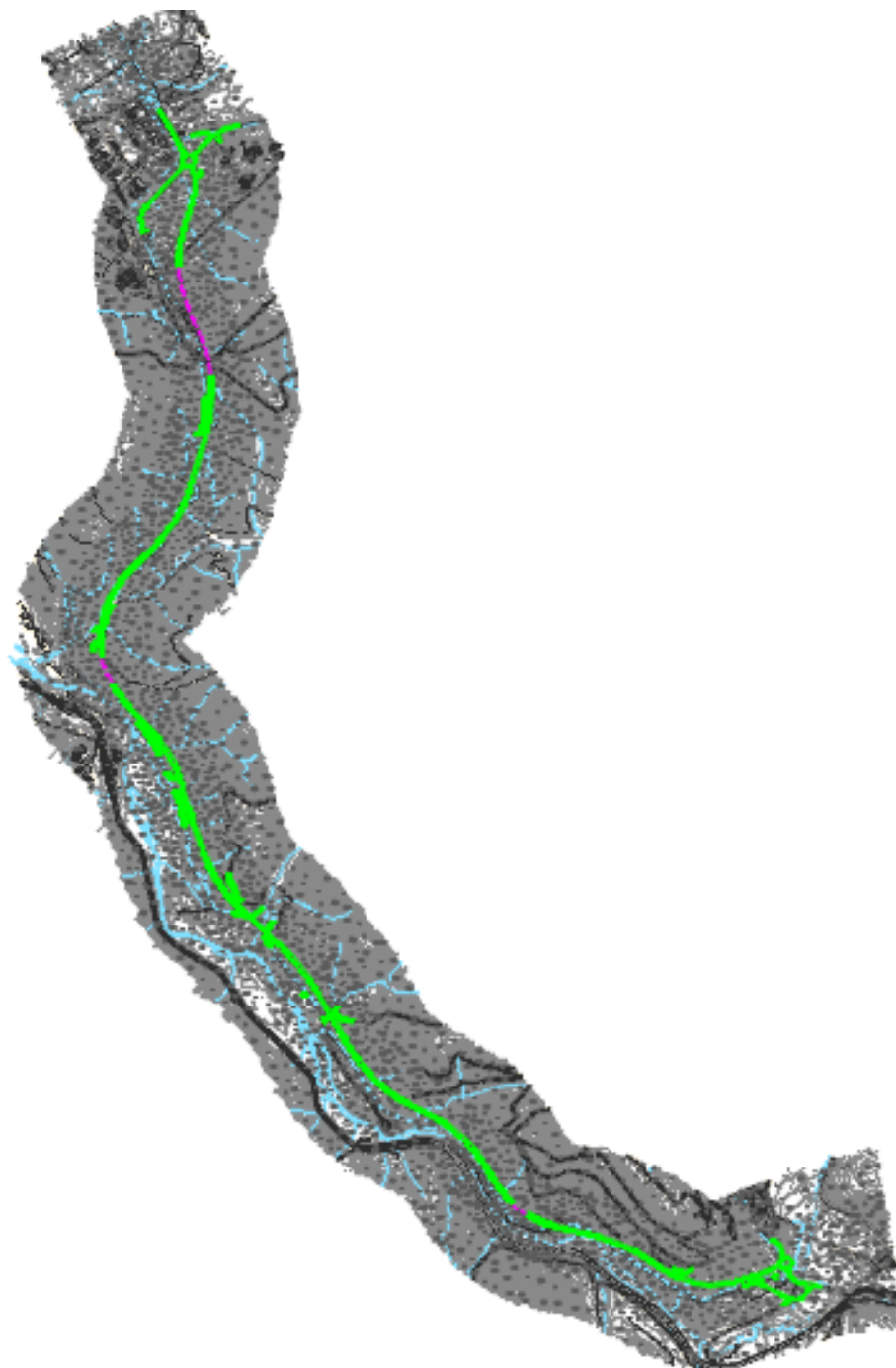


Figura 2- Tracciato di progetto su CTR

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 7 di 62</p>
--	---

### 3. RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa di riferimento in materia di tutela dell'aria ambiente è costituita da:

- D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale”, Parte V “Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera” (aggiornato al D. Lgs. 28 giugno 2010, n. 128);
- D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”.

Ai fini della qualità dell'aria, il D. Lgs. 155/2010 pone le seguenti definizioni:

- valore limite: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato;
- livello critico: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, oltre il quale possono sussistere effetti negativi diretti su ricettori quali gli alberi, le piante o gli ecosistemi naturali, esclusi gli esseri umani;
- margine di tolleranza: percentuale del valore limite entro la quale è ammesso il superamento del valore limite alle condizioni stabilite dal Decreto;
- valore obiettivo: livello fissato al fine di evitare, pervenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita;
- soglia di allarme: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati.

Nelle Tabelle seguenti sono riportati i valori limite ed i livelli critici per i principali inquinanti, come indicati nell'Allegato XI al D. Lgs. 155/2010.

Tabella 1 - Valori limite biossido di azoto secondo D. Lgs. 155/2010

Valore limite/Livello critico	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> da non superare più di 18 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>

Tabella 2 – Valori limite di Benzene secondo D. Lgs. 155/2010

Valore limite/Livello critico	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite annuale per	Anno civile	5 µg/m <sup>3</sup> C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> da non

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione impatto atmosferico</b>	File: T00_EG00_AMB_RE05_A  Data: Luglio 2020  Pag. 8 di 62
--	---

la protezione della salute umana	superare più di 24 volte per anno civile
----------------------------------	--

Tabella 3 – Valori limite di monossido di carbonio secondo D. Lgs. 155/2010

Valore limite	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>

Tabella 4 – Valori limite di biossido di zolfo secondo D. Lgs. 155/2010

Valore limite	Periodo di mediazione	Valore limite
Soglia di allarme	Superamento per 3 ore consecutive del valore di soglia	500 mg/m <sup>3</sup>
Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media su un ora	350 mg/m <sup>3</sup>
Valore limite per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 24 ore	125 mg/m <sup>3</sup>

Tabella 5 – Valori limite per polveri secondo D. Lgs. 155/2010

Valore limite	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana PM10	1 giorno	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana PM10	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>
Valore limite annuale per la protezione della salute umana PM2,5	Anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>



## 4. ANALISI DELLO STATO ATTUALE

### 4.1 Inquadramento territoriale

L'area di studio interessa il tratto di SS 389 che va dal bivio SS389 - SP27 al bivio SS389 – SP23, ed ha una lunghezza complessiva di circa 5,5 km oltre lo sviluppo degli svincoli

Tale zona è interamente compresa nella Regione Sardegna in Provincia di Nuoro, nei Comuni di Villagrande Strisaili e Ancona (vedi Figura 3)

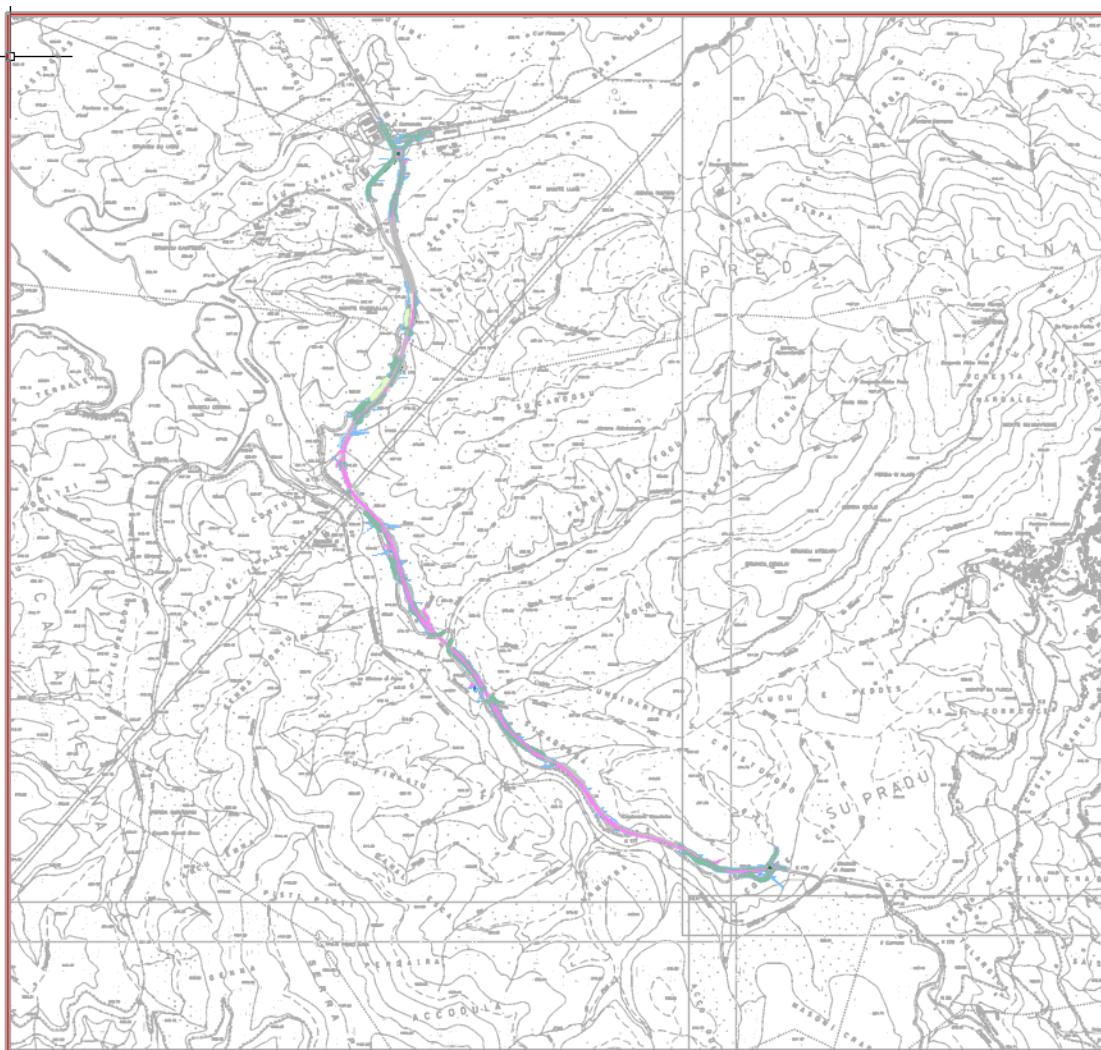


Figura 3 - Area di studio: SS389

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 10 di 62</p>
--	---

L'area che sarà interessata dai lavori è compresa tra gli 800 ed i 900 m di altitudine e mostra morfologia collinare. La maggior parte dei tipi di suolo che saranno interessati dall'infrastruttura sono gestiti ad agro ecosistemi, costituiti da alternanza di superfici a seminativo, piccole superfici a colture legnose agrarie (vite) e limitate presenze vegetazionali rappresentate soprattutto da porzioni di terreno marginali all'attività agricola (siepi, filari e fossi). Le macroaree che possiamo individuare sono fundamentalmente due, così come evidenziato di seguito:

- *Aree edificate residenziali ed industriali*: ambienti estremamente antropizzati con scarsa copertura vegetazionale. Parchi, giardini ed alberature stradali sono costituite da specie arboree di varia tipologia, molto spesso sempreverdi di origine esotica. In alcuni casi, singoli esemplari possono raggiungere età e dimensioni notevoli acquisendo valore monumentale.

- *Campi aperti ed abitato sparso*: ambiti collinari caratterizzato in prevalenza da colture, ambienti fortemente modificati per scopi agricoli, con presenza di alcuni elementi "fissi" del paesaggio (siepi, piccole aree boscate).

## 4.2 Stato attuale della qualità dell'aria

Nel presente paragrafo vengono riportati ed analizzati i dati di qualità dell'aria della zona oggetto d'indagine come riferimento per le condizioni ante operam, che saranno poi utili al confronto con i dati di output derivanti dalla modellazione atmosferica proposta.

In Sardegna l'Arpas è il soggetto competente a gestire la rete di monitoraggio della qualità dell'aria; nelle more dell'istituzione dell'Agenzia, la rete è stata gestita dalle amministrazioni provinciali di Cagliari, Sassari, Nuoro e Oristano. Il trasferimento della rete all'Arpas è avvenuto nel corso del 2008. La rete è costituita da 44 centraline automatiche di misura, di cui 4 non attive, dislocate nel territorio regionale e ubicate nei territori comunali di seguito indicati:

- provincia di Cagliari n. 9 centraline: Assemmini - Macchiareddu (3), Monserrato (1), Quartu Sant'Elena (1), Sarroch (3), Seulo (1);
- provincia di Carbonia Iglesias n. 8 centraline: Carbonia (1), Gonnese (1), Iglesias (1), Portoscuso (4), Sant'Antioco (1);
- provincia del Medio Campidano n. 4 centraline: Nuraminis (1), San Gavino (2), Villasor (1);
- provincia di Nuoro n. 5 centraline: Macomer (1), Nuoro città (2), Ottana (1), Siniscola (1);
- provincia dell'Ogliastra n. 1 centralina: Tortolì - Arbatax (1);
- provincia di Olbia Tempio n. 2 centraline: Olbia città (2);
- provincia di Oristano n. 3 centraline: Oristano città (2), Santa Giusta (1);
- provincia di Sassari n. 12 centraline: Codrongianus (1, non attiva), Porto Torres (6, di cui 1 non attiva), Sassari città (5, di cui 2 non attive).

La rete delle centraline si completa con il Centro operativo regionale (Cor) di acquisizione ed elaborazione dati, attualmente ubicato presso il Servizio tutela dell'atmosfera e del territorio dell'Assessorato Regionale della Difesa dell'ambiente e un centro operativo di acquisizione ed elaborazione dati ubicato presso la direzione tecnico-scientifica dell'ARPAS. A partire da aprile 2010 è in corso l'adeguamento funzionale della rete, sia in termini di dotazione strumentale che di riposizionamento delle centraline.

A partire dal 2011, LA Rete Regionale si è dotata, nell'ambito del piano di adeguamento, di una stazione di fondo rurale regionale. La stazione denominata CENSEO, cod. IT2010, è utilizzata per la valutazione della qualità dell'aria ed è ubicata all'interno del Complesso Forestale del Sarcidano, nella zona di Seulo, come riportato nella figura seguente.

I dati riportati in forma grafica nelle successive figure mostrano i valori di concentrazione dei principali inquinanti su base annuale, giornaliera e oraria, misurati dalle centraline gestite da ARPAS. In particolare, si evidenziano i dati di qualità dell'aria rilevati dalla stazione "CENSEO", più prossima al sito di studio, (Lat. 39.844223 N, Long. 9.217102 E) stazione di tipo rurale in area forestale, ubicata a circa 25 km dal sito di interesse, e della stazione "CENOT3" (Lat. 40.236127 N, Long. 9.031518 E) per recuperare il dato relativo al benzene, assente nella centralina "CENSEO".



Figura 4 – Postazione CENSEO monitoraggio qualità dell'aria di Seulo (IT2010)

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 12 di 62</p>
--	---

Nella tabella seguente sono riportati i superamenti annuali dei vari inquinanti nell'anno 2018 riferiti alla stazione di Seulo. (fonte ARPAS)

Tabella 6 - Superamenti annuali anno 2018

Comune	Stazione	C6H6		CO		NO2			NOx		O3			PM10				SO2			PM2,5
		MA	M8	MO	MO	MA	MA	MO	MO	M8	MG	MA	MO	MO	MG	MA	MI	MA			
		PSU	PSU	PSU	SA	PSU	PV	SI	SA	VO	PSU	PSU	PSU	SA	PSU	PV	PV	PSU			
		5	10	200	400	40	30	180	240	120	50	40	350	500	125	20	20	25			
				18						25	35		24		3						
Seulo	CENSE0									18 <sup>(8)</sup>	4										

Dall'osservazione dei grafici seguenti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- Relativamente all'inquinante PM<sub>10</sub>, le soglie limite di concentrazione per le medie annuali (40 µg/m<sup>3</sup>) non sono mai state superate dal periodo di attivazione della centralina (2011), con un andamento piuttosto costante intorno a valori di concentrazione di 12 µg/m<sup>3</sup> come mostrato in figura 5
- Relativamente ai superamenti dei valori di soglia giornalieri per il PM<sub>10</sub> (50 µg/m<sup>3</sup>) la centralina conta 3 superamenti nell'anno 2018, comunque molto al di sotto del numero di superamenti massimi, pari a 35, previsti dalla Legge (
- Figura 6);
- Per il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) il limite di 5 µg/m<sup>3</sup> sulla media annuale non è mai stati superato nel quinquennio preso in considerazione (2013-2018) (figura 7).
- Per il Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>) l'andamento medio orario delle concentrazioni rilevate per l'anno 2018 non mostra superamenti del valore limite di 200 µg/m<sup>3</sup> definito dalla Legge (Figura 8), così come per le concentrazioni medie annuali che si attestano intorno a valori di 1-2 µg/m<sup>3</sup>, notevolmente inferiori al valore limite previsto a 40 µg/m<sup>3</sup> (Figura 9);
- Per i dati relativi ai livelli di Ozono (O<sub>3</sub>), nel 2018 non si sono verificati superamenti del valore di soglia di informazione pari alla media oraria di 180 µg/m<sup>3</sup> con un picco massimo orario che ha raggiunto i 122 µg/m<sup>3</sup> ed una media annua di 80 µg/m<sup>3</sup> (Figura 10);
- Sempre per l'Ozono il valore dell'indicatore AOT40 nel quinquennio 2013-2017 pari a 22134 µg/m<sup>3</sup>h risulta superiore a quello obiettivo per la protezione della vegetazione (18000 µg/m<sup>3</sup>h), come peraltro accade in gran parte del territorio regionale; mentre per l'anno 2017 si contano un totale di 39 superamenti del limite sulla media massima giornaliera calcolata su 8 ore (120 µg/m<sup>3</sup>), al di sopra dei 25 previsti dalla legge;
- Le misurazioni della stazione "CENSE0" per le polveri sottili (PM<sub>2.5</sub>) non mostrano valori fuori norma (limite 20 µg/m<sup>3</sup>) nel quinquennio analizzato, con una media di concentrazione per il 2017 di 6,84 µg/m<sup>3</sup> (Figura 11);

- Le concentrazioni di monossido di carbonio (CO) nel 2018, misurate dalla stazione “CENSE0”, risultano di molto inferiori al valore limite per la protezione della salute umana, riferito alla massima media giornaliera su 8 ore e pari a 10 mg/m<sup>3</sup>, con il picco massimo misurato inferiore a 0,4 mg/m<sup>3</sup>;
- Per il Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) i limiti sulla media giornaliera e oraria per la protezione della salute umana di 125 e 350 µg/m<sup>3</sup> non mostrano superamenti nel 2018 (Figura 13-Figura 14).

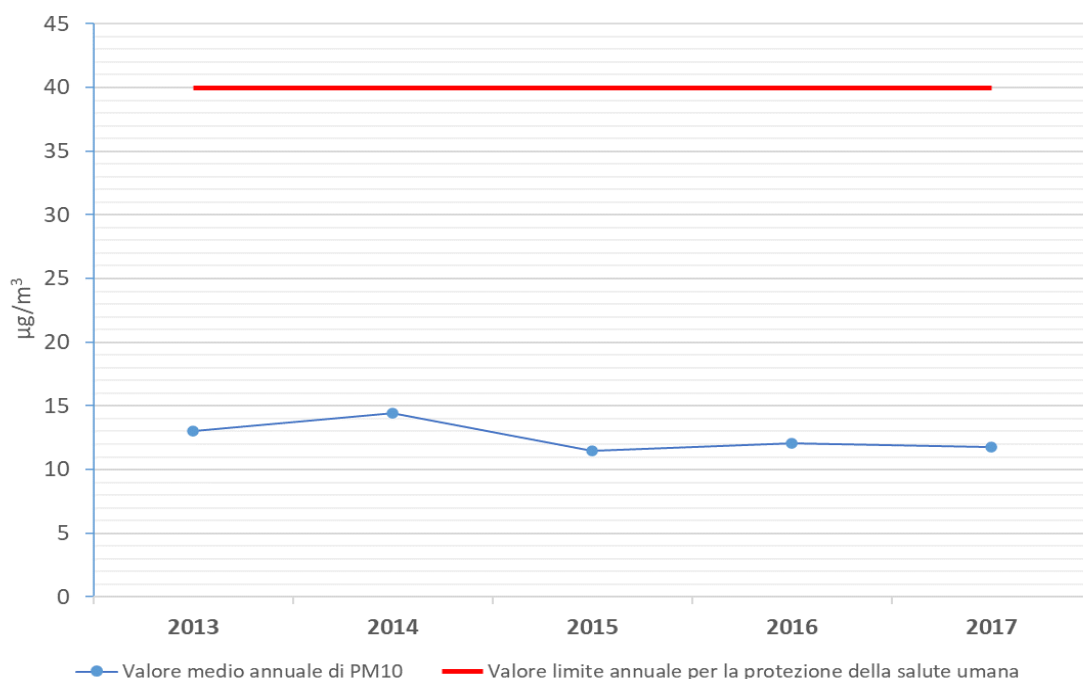


Figura 5 - Media annuale concentrazioni di PM<sub>10</sub> per la stazione “CENSE0”

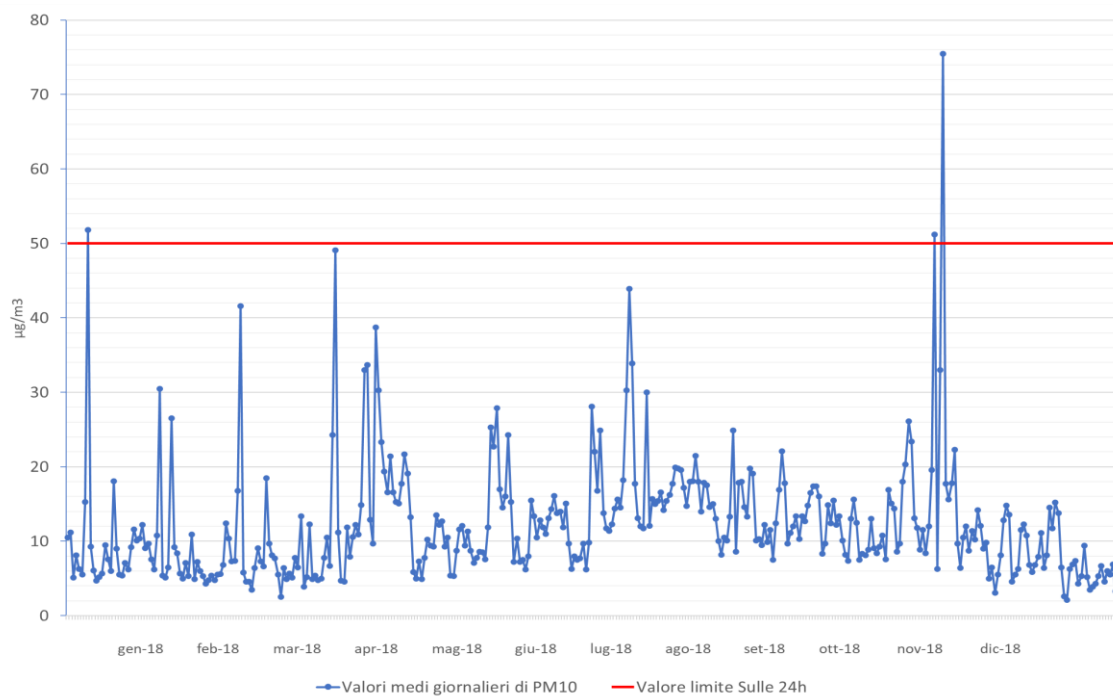


Figura 6 - Media giornaliera delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> per la stazione "CENSE0", anno 2018

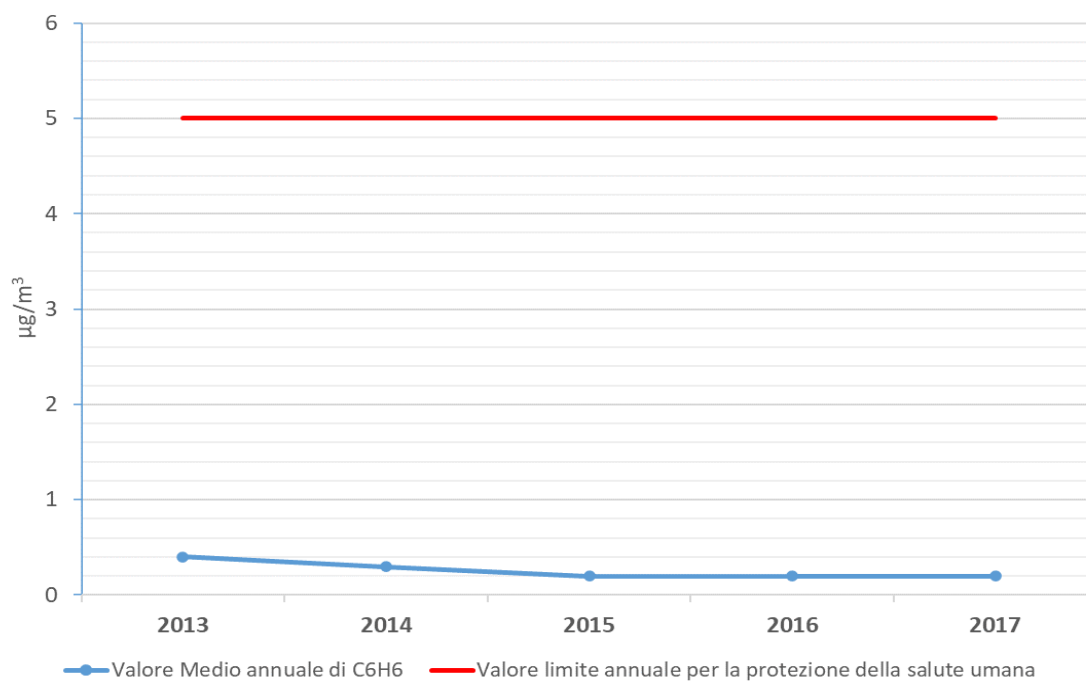


Figura 7 - Media annuale concentrazioni di C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> per la stazione "CENOT 3"

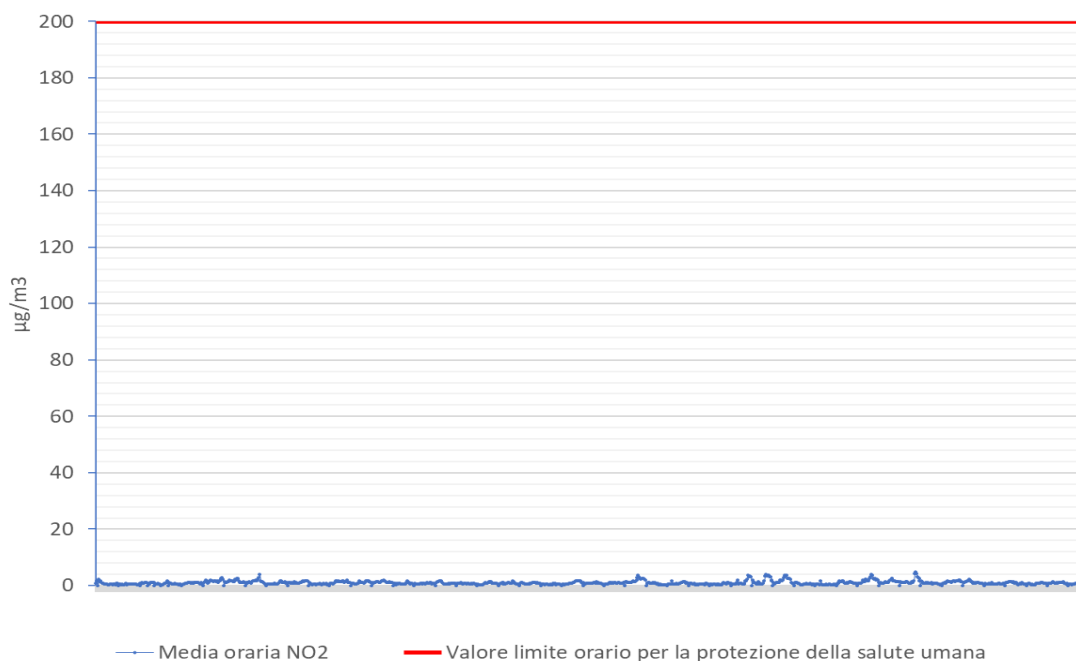


Figura 8 - Media oraria concentrazioni di NO<sub>2</sub> per la stazione "CENSE0", anno 2018

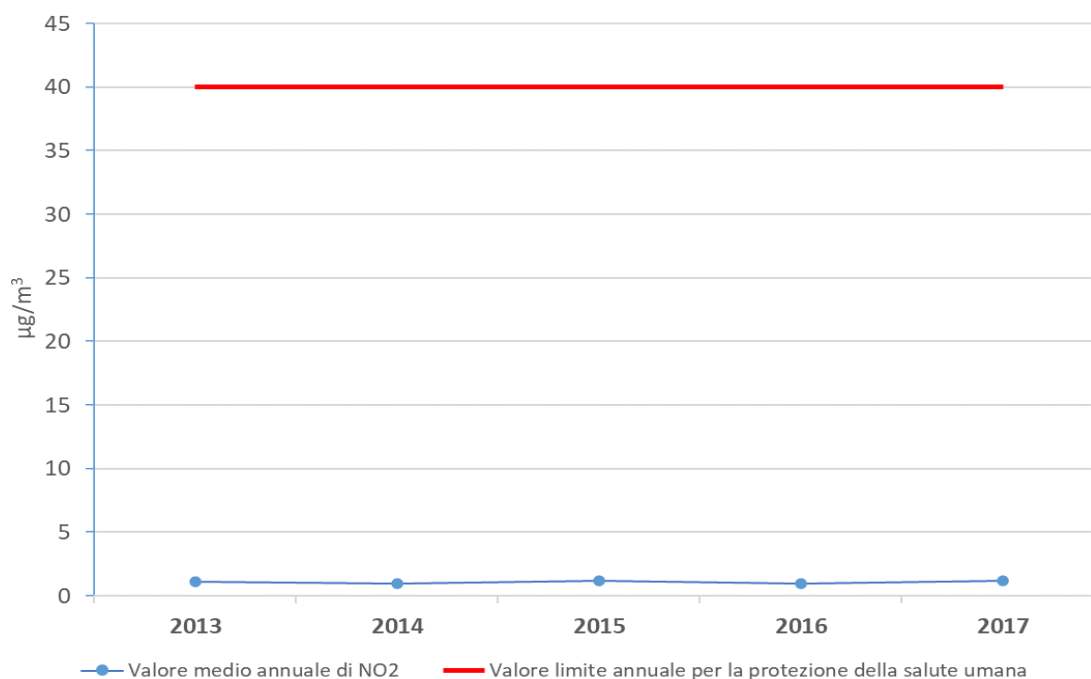


Figura 9 - Media annuale concentrazioni di NO<sub>2</sub> per la stazione "CENSE0"

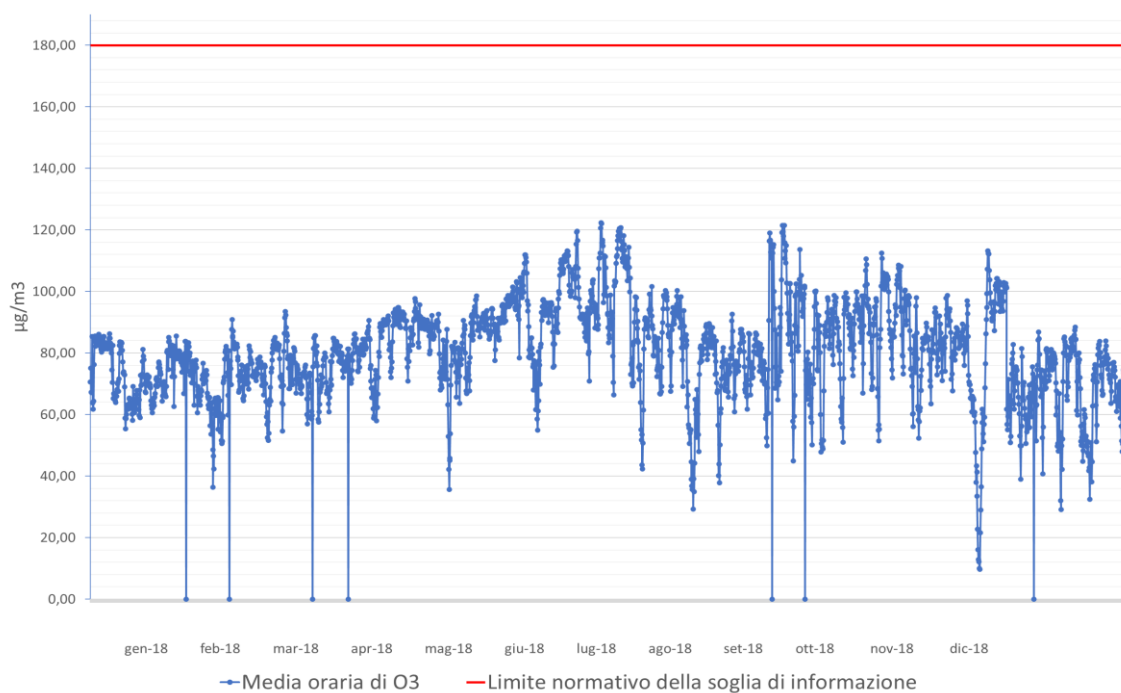


Figura 10 - Media oraria concentrazioni di O<sub>3</sub> per la stazione "CENSE0", anno 2018

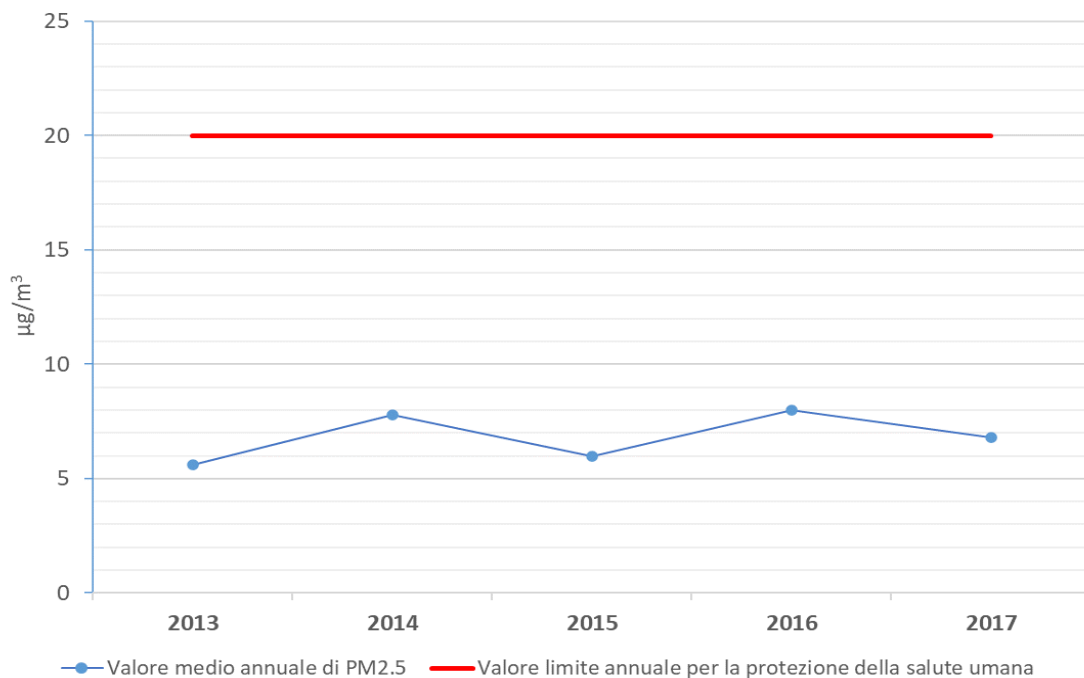


Figura 11 - Media annuale concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> per la stazione "CENSE0"



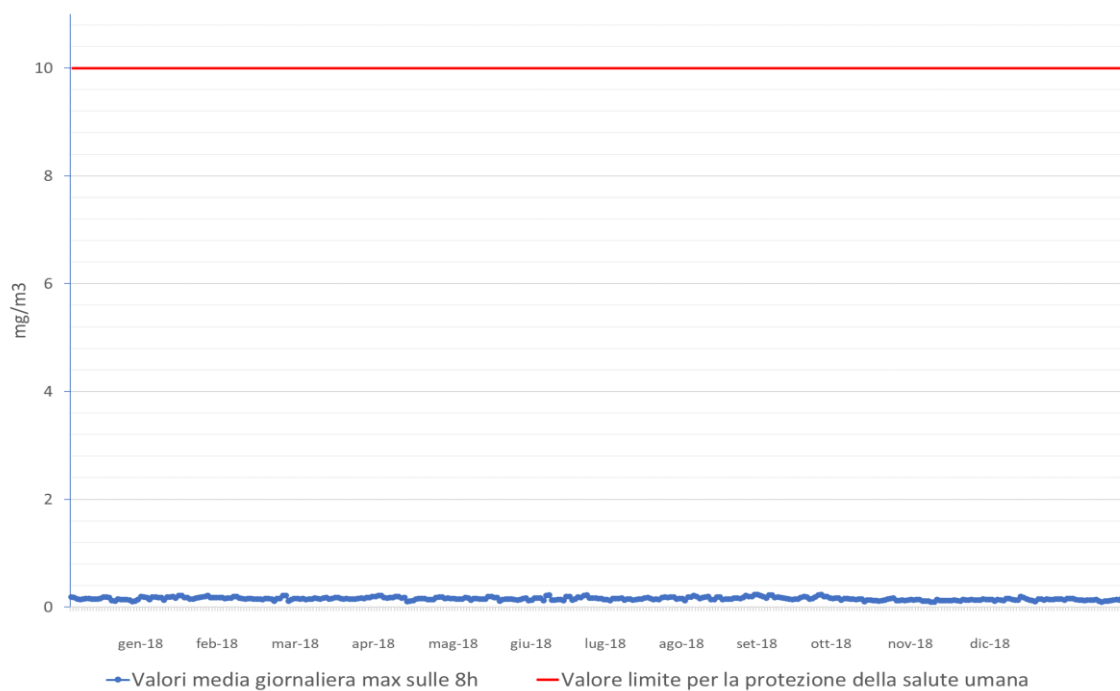


Figura 12 – Media giornaliera massima su 8 h delle concentrazioni di CO per la stazione “CENSE0”, anno 2018

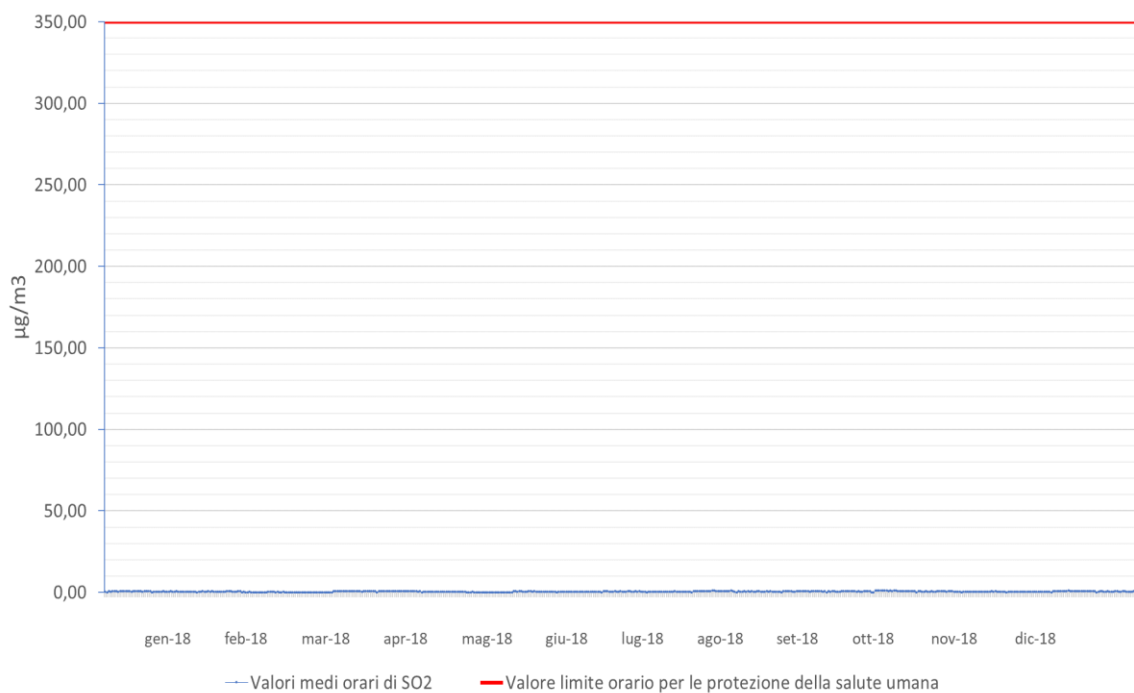


Figura 13 - Media oraria concentrazioni di SO<sub>2</sub> per la stazione “CENSE0”, anno 2018

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 18 di 62</p>
--	--

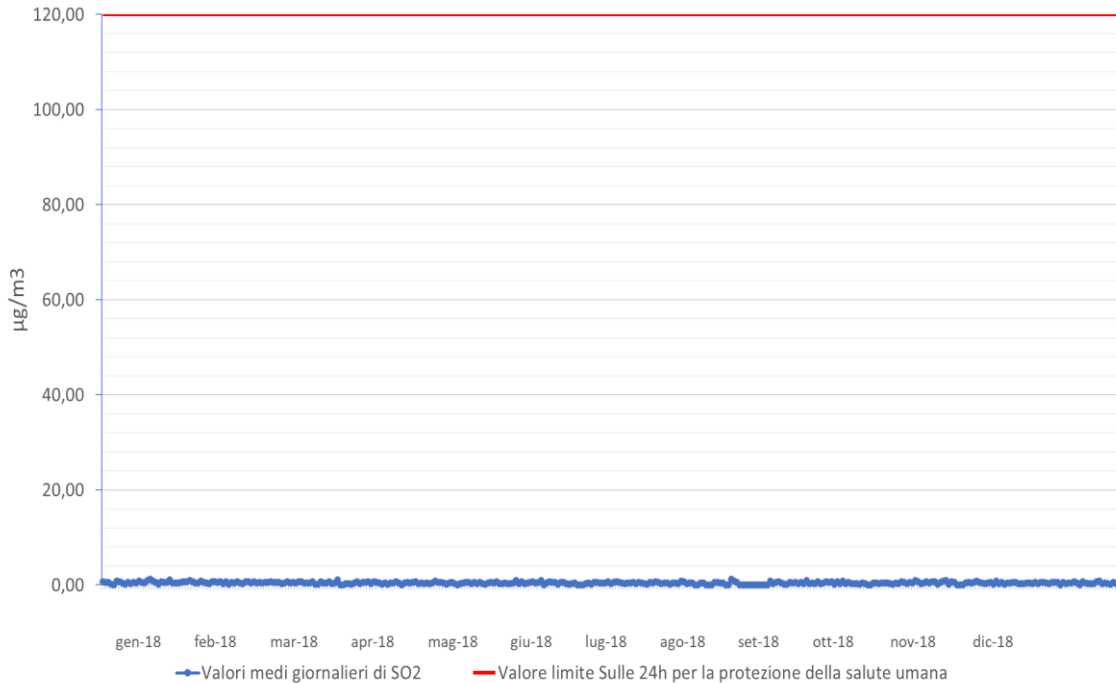


Figura 14 - Media giornaliera delle concentrazioni di SO<sub>2</sub> per la stazione "CENSE0", anno 2018

#### 4.2.1 Nozioni generali sull'inquinamento atmosferico

Per *inquinante*, si intende una sostanza estranea all'ambiente, riversata in atmosfera attraverso processi di origine antropica; il termine è però stato esteso a composti che, seppur normalmente presenti, assumono livelli di concentrazione rilevanti o comunque difforni dalle normali distribuzioni naturali.

Nel complesso, i trasporti sono responsabili di una quota rilevante di alcune delle principali sostanze inquinanti di origine antropica.

Gli inquinanti prodotti dal sistema dei trasporti possono essere classificati secondo molteplici criteri: con il termine inquinanti *primari* si intendono tutti gli inquinanti emessi direttamente in atmosfera; con il termine inquinanti *secondari* si intendono invece i prodotti di reazione tra gli inquinanti primari ed altri componenti dell'atmosfera.

Tra i principali processi di trasformazione di inquinanti primari in inquinanti secondari assumono un ruolo rilevante le reazioni fotochimiche che portano alla formazione del cosiddetto *smog fotochimico*. Gli inquinanti secondari prodotti attraverso reazioni chimiche innescate dalla radiazione solare vanno a costituire questo tipo di inquinamento caratteristico dei mesi estivi, durante le ore diurne.

I veicoli utilizzati per il trasporto stradale sono pressoché totalmente azionati da motori termici alimentati principalmente con benzina e con gasolio. Si descrivono di seguito i principali inquinanti primari e secondari connessi al traffico veicolare:

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 19 di 62</p>
--	--

### Ossido di carbonio (CO)

Inquinante primario.

L'ossido di carbonio è un gas incolore e inodore che si forma dalla combustione incompleta del carburante, sia per difetto di ossigeno, sia per le modalità della combustione. Le sue concentrazioni possono essere ben correlate all'intensità del traffico in vicinanza del punto di rilevamento; in particolare in una strada isolata la sua concentrazione mostra di solito valori massimi nell'intorno dell'asse stradale e decresce molto rapidamente fino a diventare trascurabile a una distanza di alcune decine di metri (Figura 15).

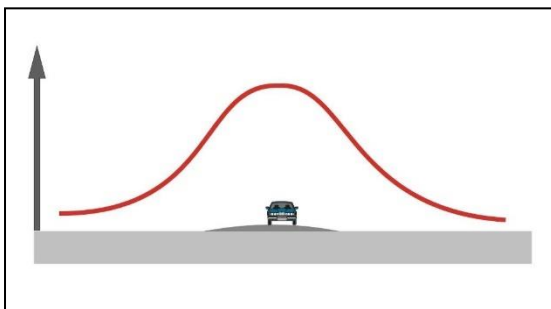


Figura 15 - Andamento qualitativo della concentrazione di CO nella sezione di una strada

### Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

Inquinanti primari.

I composti dell'azoto maggiormente presenti in atmosfera sono l'ammoniaca, diversi tipi di sali di NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, ed NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e diversi tipi di ossidi tra i più importanti l'ossido di azoto (NO), l'ossido di diazoto (N<sub>2</sub>O), il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e altri presenti in quantità molto piccole. Sono prodotti durante la combustione poiché l'azoto presente nell'aria e, sotto forma di composti azotati, nel combustibile, si combina con l'ossigeno presente nell'aria.

### Ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>)

Inquinanti primari.

I principali ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono SO<sub>2</sub> e SO<sub>3</sub>; provengono in generale dall'ossidazione dello zolfo contenuto nei combustibili; la reattività dell'SO<sub>2</sub> con l'umidità dell'aria porta alla formazione di acido solforico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), presente nelle piogge acide. L'emissione di ossidi di zolfo dovuta al traffico veicolare è trascurabile in rapporto al totale delle emissioni nazionali in quanto lo zolfo nelle benzine è pressoché assente e nel gasolio è presente in tracce.

### Piombo (Pb)

Inquinante primario.

È un metallo pesante tossico per l'uomo soprattutto nella sua forma ionizzata (Pb<sup>++</sup>). Le emissioni di piombo sono caratteristiche dei motori a scoppio, in quanto composti di piombo

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 20 di 62</p>
--	---

sono aggiunti alla benzina per migliorarne le capacità antidetonanti. Le emissioni di piombo risultano proporzionali al consumo di benzina; l'utilizzo della benzina "verde" (0.013 g/l di Pb) sta portando la quasi totale eliminazione del contributo alle emissioni di piombo da parte della circolazione veicolare.

### Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)

Inquinante primario.

L'anidride carbonica è uno dei gas normalmente presenti nell'atmosfera. Fra le cause antropiche di emissione della CO<sub>2</sub> nell'atmosfera sono predominanti tutti i processi di combustione e quindi anche tutti quelli che avvengono nei motori dei veicoli stradali.

### Composti Organici Volatili diversi dal metano (COVNM)

Inquinanti primari.

Costituiscono un insieme di specie e di classi di natura organica, presenti in atmosfera in fase gassosa. Sono costituiti da idrocarburi (contenenti solo carbonio e idrogeno) e da sostanze ossigenate. Sono contenuti nei gas di scarico, in conseguenza della combustione incompleta del carburante; hanno un ruolo molto importante nei processi di formazione di inquinanti secondari attraverso reazioni fotochimiche.

I veicoli stradali sono considerati tra le sorgenti più importanti di IPA (idrocarburi policiclici aromatici) in quanto nel recente passato il contenuto di idrocarburi aromatici nelle benzine è stato incrementato, in sostituzione del piombo, per migliorare il potere antidetonante. Tra gli IPA viene considerato separatamente il *benzene*.

### Particolato (PTS)

Inquinante primario e secondario.

Il particolato è costituito da un complesso di particelle di dimensioni microscopiche sia solide che liquide: particelle carboniche incombuste, idrocarburi, sali di vario tipo. Le emissioni di particolato dovute a cause antropiche sono principalmente dovute ad attività industriali e al traffico veicolare; l'emissione di particolato è tipica dei motori diesel e viene esaltata dalla scarsa efficienza del sistema di iniezione; nei motori a benzina l'emissione è trascurabile.

La frazione di particolato che più facilmente può essere trattenuta dai polmoni è quella costituita da particelle di diametro inferiore a 10 µm (indicata con la sigla PM10).

### Ozono (O<sub>3</sub>)

Inquinante secondario.

È un gas incolore dal forte potere ossidante e dall'odore pungente; è un normale componente delle zone più elevate dell'atmosfera ma i problemi di inquinamento dell'aria da ozono sono legati al significativo incremento che questo gas subisce nelle zone prossime al suolo a causa di una complessa catena di reazioni fotochimiche favorite da un

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 21 di 62</p>
--	--

elevato irraggiamento solare. Le reazioni fotochimiche che portano ad un aumento della concentrazione di ozono a bassa quota sono legate alla presenza di ossidi di azoto e di idrocarburi volatili.

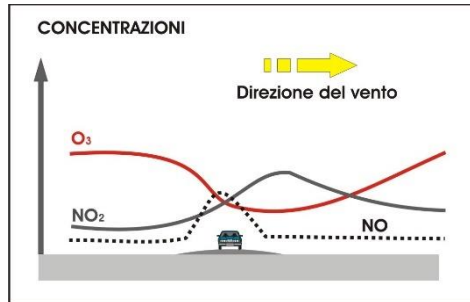


Figura 16 - Andamento qualitativo della concentrazione di NO, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> nella sezione di una strada

L'emissione di inquinanti e quindi la variazione della composizione chimica dell'atmosfera possono provocare delle variazioni del clima su piccola e vasta scala. Si considerano di seguito i principali effetti su vasta scala prodotti dall'emissione di inquinanti.

### Effetto serra

L'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) ed altri gas come il metano (CH<sub>4</sub>) e i fluorocarboni (F-11 e F-12) sono capaci di alterare l'equilibrio termico della terra fungendo da schermo unidirezionale alle radiazioni termiche, cioè intrappolando l'energia a piccola lunghezza d'onda inviata dal sole e rinviata dalla terra a lunghezza d'onda superiore; l'equilibrio tra questi fenomeni consente di mantenere, alla temperatura media attuale della terra (15°C), la matrice acquosa presente sulla terra allo stato liquido. Un aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera, dovuto alle combustioni e quindi in maniera rilevante anche al traffico veicolare, porterebbe alla formazione di un sistema più efficace nel trattenere le radiazioni infrarosse rimandate dalla superficie terrestre, portando in modo irreversibile ad un aumento della temperatura media della terra.

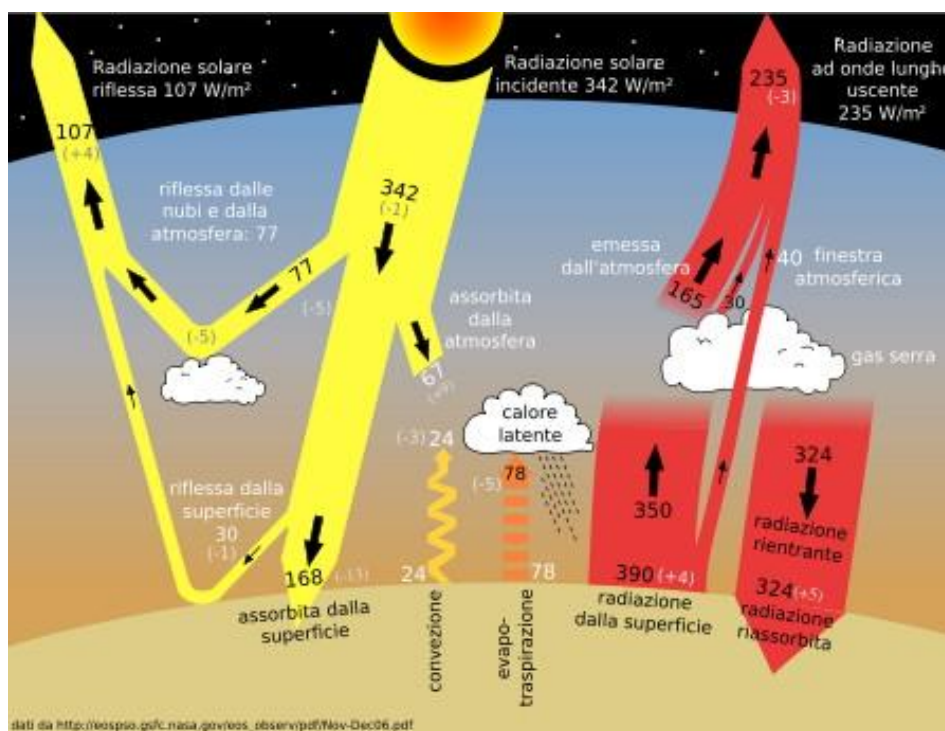


Figura 17 – Schema contributi per l'effetto serra

### Effetto frigorifero

Questo tipo di effetto si manifesta con una diminuzione della temperatura media terrestre; esso sembra legato all'aumento dell'inquinamento da particelle sospese in atmosfera: il particolato, infatti potrebbe agire direttamente sulla temperatura assorbendo, disperdendo e deviando la radiazione solare o la radiazione infrarossa proveniente dalla terra. In particolare il particolato agirebbe come nucleo di condensazione nella formazione di nuvole che aumentano la riflessione della radiazione solare nello spazio (diminuzione di temperatura).

### Diminuzione dello strato di ozono nella stratosfera

L'ozono (O<sub>3</sub>), forma allotropica dell'ossigeno molecolare, forma uno strato all'interno della stratosfera, ad un'altezza di circa 18-60 km. Questo strato funge da filtro alla radiazione solare bloccando la maggior parte della radiazione ultravioletta tra 240 e 320 nm, che a queste lunghezze d'onda è mutagena e cancerogena a livello cutaneo. Lo strato di ozono è il risultato di processi di formazione e distruzione dello stesso; alcuni NO<sub>x</sub>, sfuggendo ai processi di trasformazione e di rimozione che avvengono nella troposfera, possono arrivare fino alla stratosfera ed inserirsi in questo ciclo impedendo la formazione dell'ozono dissociato; analogamente i cloro-fluorocarburi poiché sono molto stabili vengono trasportati fino all'ozonosfera e si inseriscono nel processo.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 23 di 62</p>
--	---

### Emissioni da traffico veicolare

Per emissione, si intende l'introduzione di sostanze nocive nell'atmosfera da parte di sorgenti di inquinamento in un intervallo di tempo determinato; il traffico veicolare è una sorgente di emissione di tipo lineare costituita da un insieme di sorgenti puntiformi (veicoli) che si muovono lungo una linea.

I motori attualmente in uso nei veicoli stradali possono essere classificati, a seconda del tipo di combustione in due categorie: motori ad accensione comandata (detti anche motori a benzina, anche se possono essere usati altri tipi di combustibile) e motori ad accensione spontanea (o motori Diesel). La progettazione e l'esercizio dei motori, da alcuni anni è condizionata da due aspetti molto importanti: la necessità di limitare il contributo all'inquinamento delle aree urbane e l'esigenza di migliorare significativamente l'economia dei consumi di combustibile. Le principali fonti di emissione di un veicolo sono localizzate nell'apparato di propulsione: serbatoio, sistema di alimentazione, motore, tubo di scappamento. Le emissioni da veicoli su strada si possono esprimere come la somma di tre tipologie di contributi:

$$E = E_{hot} + E_{cold} + E_{evap}$$

$E_{hot}$  sono le emissioni a caldo, ovvero le emissioni da veicoli i cui motori hanno raggiunto la loro temperatura d'esercizio;

$E_{cold}$  è il termine che tiene conto dell'effetto delle emissioni a freddo, ovvero delle emissioni durante il riscaldamento del veicolo (convenzionalmente sono le emissioni che si verificano quando la temperatura dell'acqua di raffreddamento è inferiore a 70°C);

$E_{evap}$  sono le emissioni evaporative costituite dai soli COVNM (composti organici volatili non metanici); queste emissioni sono rilevanti solo per i veicoli a benzina.

Alla somma delle emissioni a caldo e a freddo, viene dato il nome di emissioni allo scarico.

La produzione di una vasta gamma di inquinanti da parte di un veicolo dotato di motore a combustione interna è determinata dal fatto che le reazioni di ossidazione del combustibile in presenza di aria non avvengono in condizioni ideali (una combustione completa e in condizioni ideali darebbe come unici prodotti di reazione acqua H<sub>2</sub>O e anidride carbonica CO<sub>2</sub>). I fattori che influenzano le emissioni sono molteplici e reciprocamente correlati:

- caratteristiche del veicolo;
- caratteristiche del tracciato stradale.

L'intensità dell'emissione di inquinanti da parte del traffico stradale può essere espressa per mezzo di diversi parametri; in generale la misura delle emissioni viene riferita a condizioni medie durante un intervallo di tempo fissato e relativamente ad un veicolo si esprime come massa di inquinante emesso per unità di distanza percorsa (esempio: g/km).

Le emissioni non hanno alcun legame diretto con gli effetti (sanitari ed ambientali) dell'inquinamento atmosferico. E', infatti, la dispersione atmosferica che determina quanta parte delle emissioni rimane in aria (la concentrazione).

Nel caso del traffico, dato che l'emissione avviene a pochi centimetri dal suolo, quest'ultima può essere considerata in prima approssimazione una variabile proxy

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A Data: Luglio 2020 Pag. 24 di 62</p>
--	--

(Indicatore statistico che descrive il comportamento di un determinato fenomeno non osservabile direttamente) delle concentrazioni. Pertanto, ad esempio, l'emissione lineare può essere utilizzata come primo indice grossolano di criticità ambientale. L'applicazione più classica delle emissioni rimane, anche nel traffico, quella di individuare la causa principale di inquinamento (auto o mezzi pesanti; auto catalitiche o auto più vecchie) e proporre gli interventi di abbattimento (modifiche alle velocità di percorrenza, limitazione a particolari mezzi o in particolari orari).

Tra i possibili inquinanti emessi in atmosfera, il traffico veicolare ha un peso preponderante, rispetto al totale delle emissioni nazionali, per le emissioni di monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), composti organici volatili diversi dal metano (COVNM), benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>); ha un peso considerevole per le emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), mentre ha un peso relativamente minore per gli ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>) a causa della progressiva riduzione del tenore di zolfo nei carburanti.



<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A Data: Luglio 2020 Pag. 25 di 62</p>
--	--

## 5. VALUTAZIONE DI IMPATTO ATMOSFERICO

### 5.1 Premessa

Nel presente paragrafo si analizza l'impatto sull'atmosfera generato in fase di esercizio per l'opera SS 389.

L'analisi della dispersione di inquinanti in atmosfera è stata condotta mediante l'ausilio della modellazione matematica per una parte di territorio ritenuta più significativa.

L'analisi, condotta in accordo con quanto prescritto al Decreto n.46/VAA, è riferita agli inquinanti PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, CO e NO<sub>x</sub>, generati dal traffico veicolare di mezzi leggeri e pesanti transitanti lungo il tracciato di progetto.

Gli elementi modellati della viabilità di progetto, possono identificarsi come segue:

- Carreggiata principale (progressiva da 0+000 km a 5+533 Km);
- Svincolo Villagrande Strisaili (nuova rotatoria);
- Svincolo di Arzana stazione (nuova rotatoria).

### 5.2 Modello di calcolo

Per l'elaborazione del modello descrittivo dell'area oggetto di studio, in termini di diffusione e dispersione degli inquinanti in atmosfera, è stato adottato un modello di distribuzione gaussiana delle principali sostanze derivanti da processi di combustione.

Il software utilizzato è AERMOD View nella versione 9.9.0 che supporta il codice di calcolo AERMOD dell'US-EPA n. 18081; in base alle linee guida degli enti internazionali per la protezione dell'ambiente (EPA Environmental Protection Agency e EEA European Environment Agency), AERMOD è riconosciuto tra gli strumenti modellistici raccomandati per le analisi di qualità dell'aria.

AERMOD si presta ad essere usato per lo studio di qualsiasi sorgente di emissione; il software dà la possibilità di ricostruire geometrie complesse ben rappresentative delle reali aree di studio, di considerare gli effetti dell'orografia del territorio, di calcolare le condizioni meteorologiche come variabili spazio-temporali.

Il software si configura come sistema di modellazione con tre distinte componenti: AERMOD, AERMAP e AERMET. Il modulo AERMOD, come finora espresso, calcola la dispersione degli inquinanti in atmosfera in funzione dei dati territoriali di natura orografica e meteorologica; i dati gestiti dal modulo derivano dalle elaborazioni dei pre-processor AERMAP e AERMET: il primo è dedicato alla ricostruzione del modello tridimensionale del terreno, il secondo alla creazione del modello spaziale e temporale dell'atmosfera.

Al momento della creazione di un nuovo progetto in AERMOD, si specifica il sistema di coordinate di riferimento (sistema di proiezione e datum) e si definisce l'area di studio (coordinate del punto di riferimento ed estensione dell'area), come mostrato a titolo di esempio in Figura 18; la definizione geografica del progetto è di fondamentale importanza per tutte le successive elaborazioni.

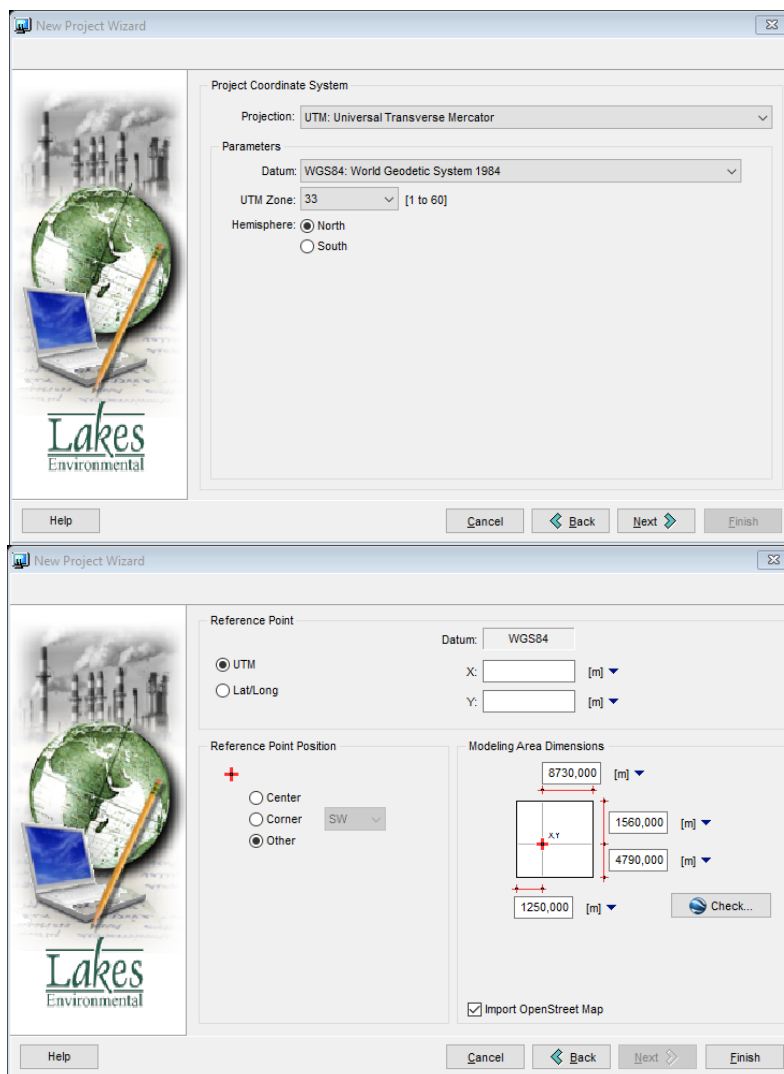


Figura 18 - Esempio di definizione geografica del progetto.

Successivamente viene importata la mappa dell'area di studio, come riportato in Figura 19. È possibile inserire files in formato raster (ad esempio \*.jpeg) o vettoriale (ad esempio \*.dxf); per le ragioni sopra indicate, è necessario che i files vengano preventivamente georeferenziati.

La mappa caricata costituisce un utile sfondo grazie al quale l'utente riesce ad orientarsi rapidamente nell'identificazione e nella modellazione degli elementi dell'area di studio.

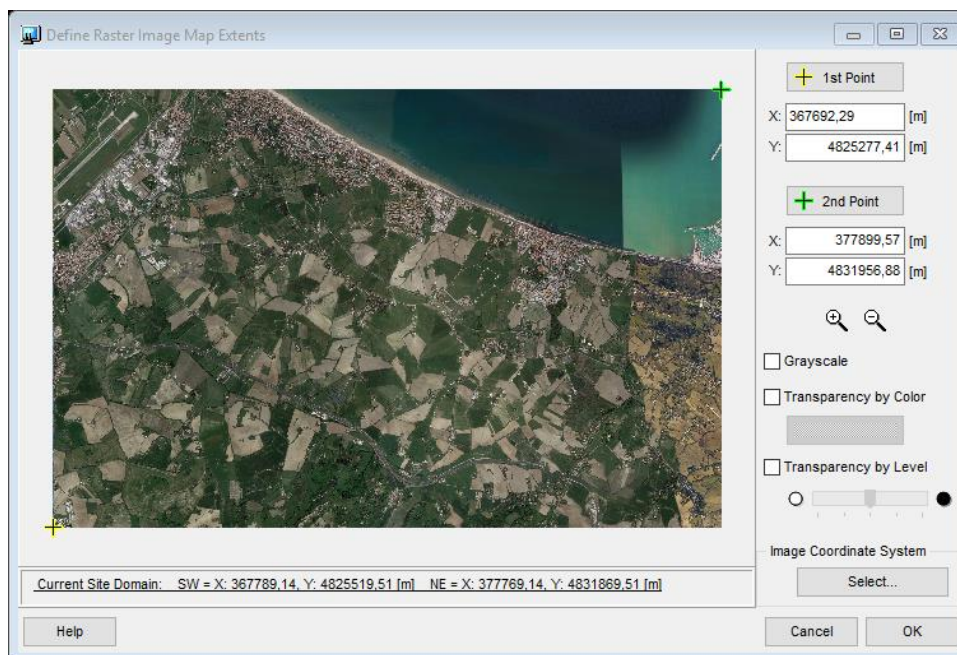


Figura 19 - Esempio di importazione della mappa in formato \*.jpeg.

Dopo aver definito il progetto, si procede all'inserimento dei dati di input del modello attraverso le sezioni descritte nel seguito.

Nella sezione "control pathway" (Figura 20) è possibile definire opzioni di modellazione quali processo di dispersione e grandezza restituita, tipo di inquinante e intervallo temporale di restituzione dei risultati, andamento del terreno.

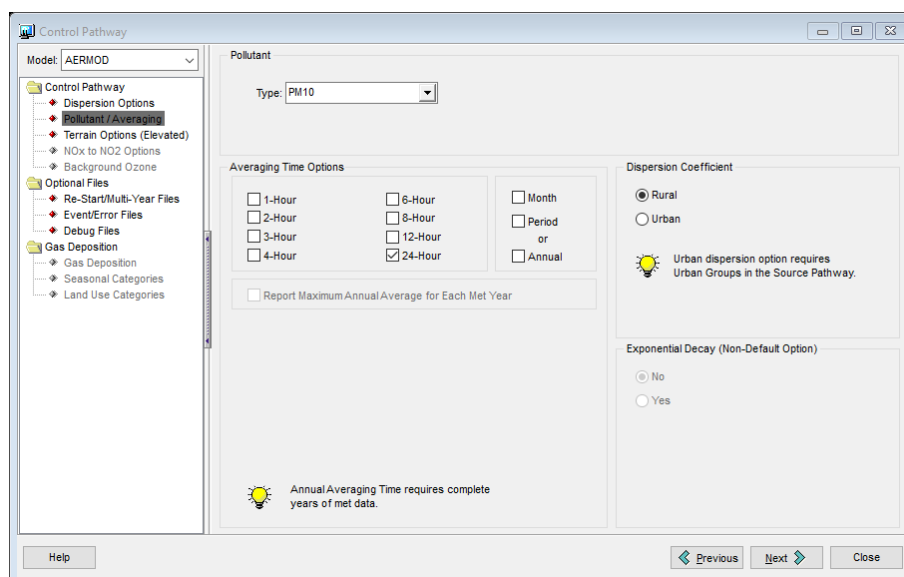


Figura 20 - Sezione "control pathway": esempio di definizione dell'inquinante.

Attraverso la sezione “source pathway” si accede finestra di definizione delle sorgenti emissive oggetto di studio, nella suddetta sezione è possibile visualizzare un riepilogo delle sorgenti imputate ed impostare opzioni di modellazioni avanzate.

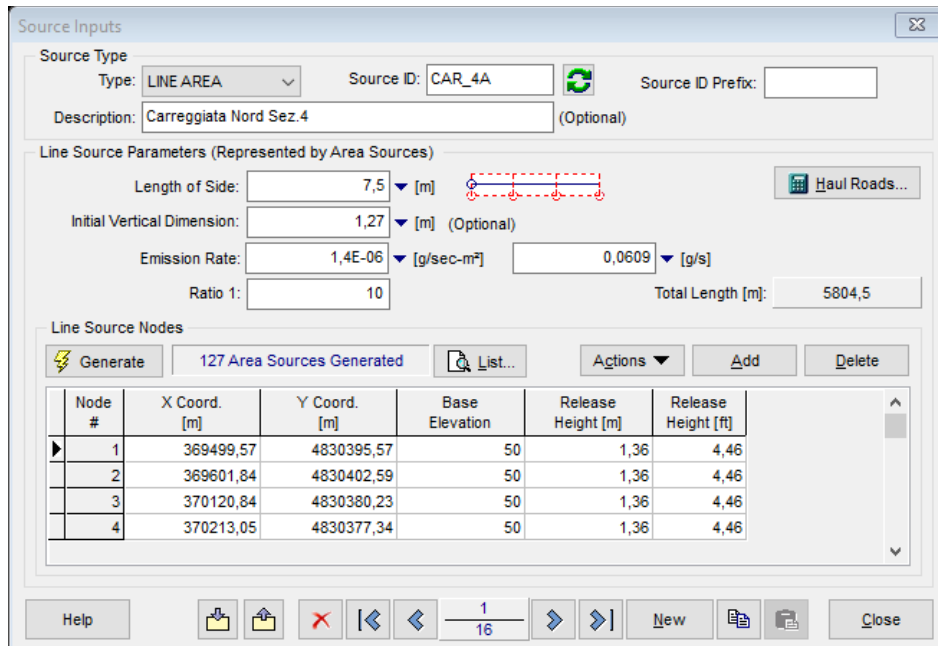


Figura 21 - Esempio di definizione delle sorgenti lineari.

Nel particolare caso delle sorgenti lineari tipo strade, il software tiene conto della zona di miscelamento, sia orizzontale che verticale, così come definita nella figura seguente:

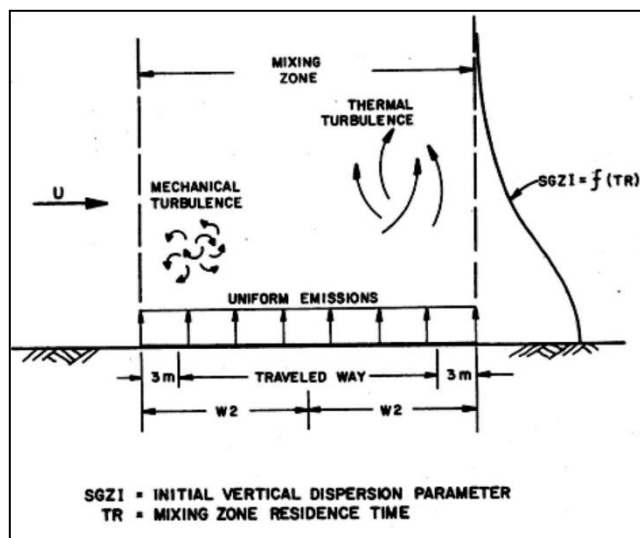


Figura 22 – Definizione delle zone di miscelamento

Il software permette inoltre la definizione dell'altezza di rilascio dell'inquinante scelto (Release Height) tramite l'inserimento delle caratteristiche geometriche dei veicoli coinvolti, come visibile dalla successiva Figura 23.

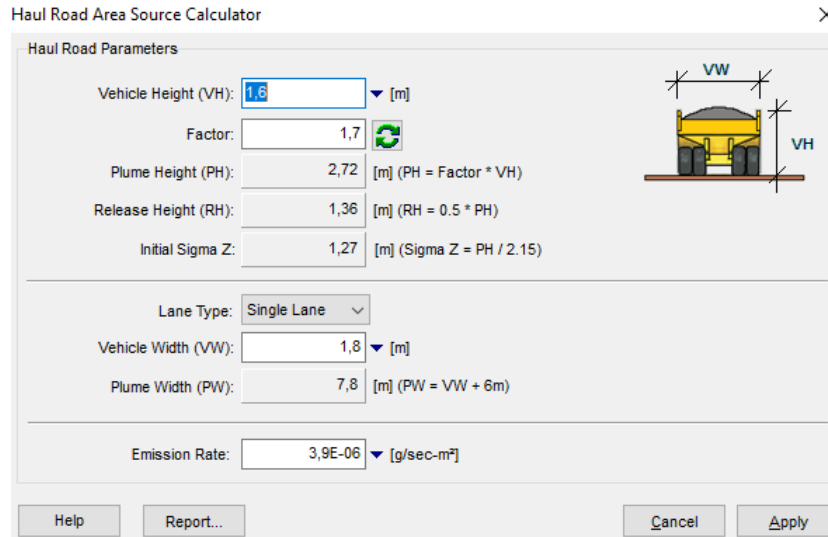


Figura 23 – Esempio definizione delle caratteristiche geometriche sorgenti lineari

Dalla sezione “receptor pathway” si perviene alla definizione dei ricettori interessati dal processo emissivo oggetto di studio; all’interno dello stesso progetto possono essere inseriti ricettori distribuiti su una griglia (Figura 24) o localizzati in specifiche posizioni di interesse. Le griglie possono essere sia rettangolari che polari, collocate a diverse altezze da terra.

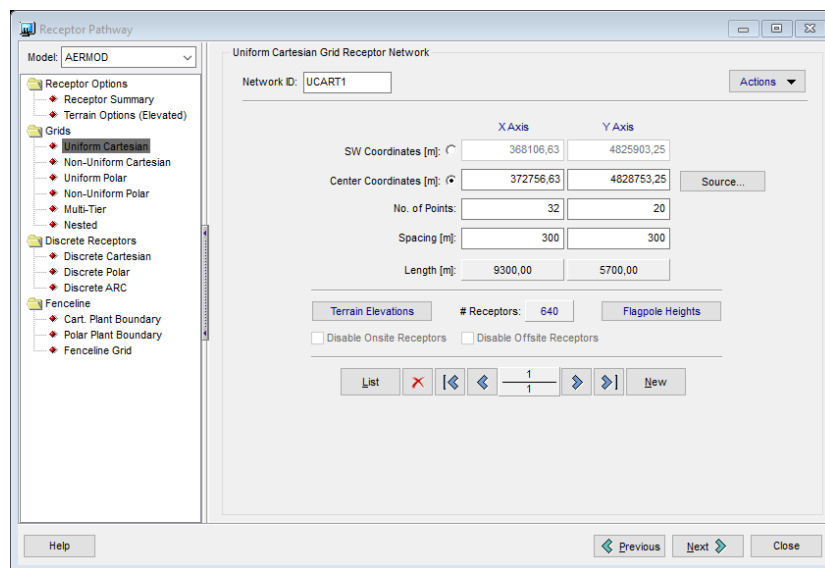


Figura 24 – Esempio di definizione della griglia di ricettori.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 30 di 62</p>
--	--

Nella successiva sezione “meteorology pathway” (Figura 25) vengono caricati i files di dati meteorologici \*.sfc e \*.pfl, contenenti rispettivamente i parametri atmosferici orari sulla superficie terrestre e lungo il profilo verticale, elaborati in precedenza mediante il modulo AERMET.

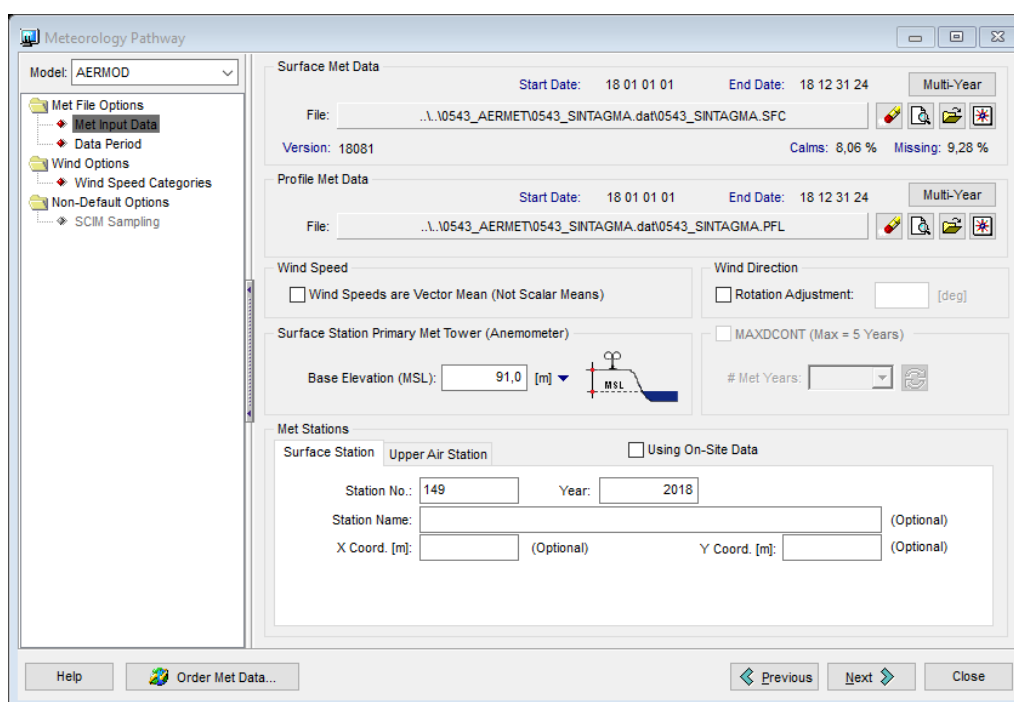


Figura 25 – Esempio di definizione dei files di dati meteorologici elaborati da AERMET.

Nell’ultima sezione “output pathway” vengono scelte le impostazioni di output per la simulazione di interesse, riguardanti ad esempio le linee di isolivello delle concentrazioni inquinanti o le informazioni da includere nei files di report.

Per migliorare la modellazione con AERMOD, è possibile inserire nel progetto altri dati di input, quali altimetria del terreno e presenza di edifici.

Attraverso la sezione “terrain options” viene attivato un processore che elabora e gestisce il modello tridimensionale del terreno, per consentire al programma di considerare gli effetti dell’orografia sulla propagazione degli inquinanti.

Nella sezione “building options” possono essere ricostruiti gli edifici reali, nell’ottica di valutare l’interazione che i più vicini alla sorgente potrebbero avere con la propagazione degli inquinanti.

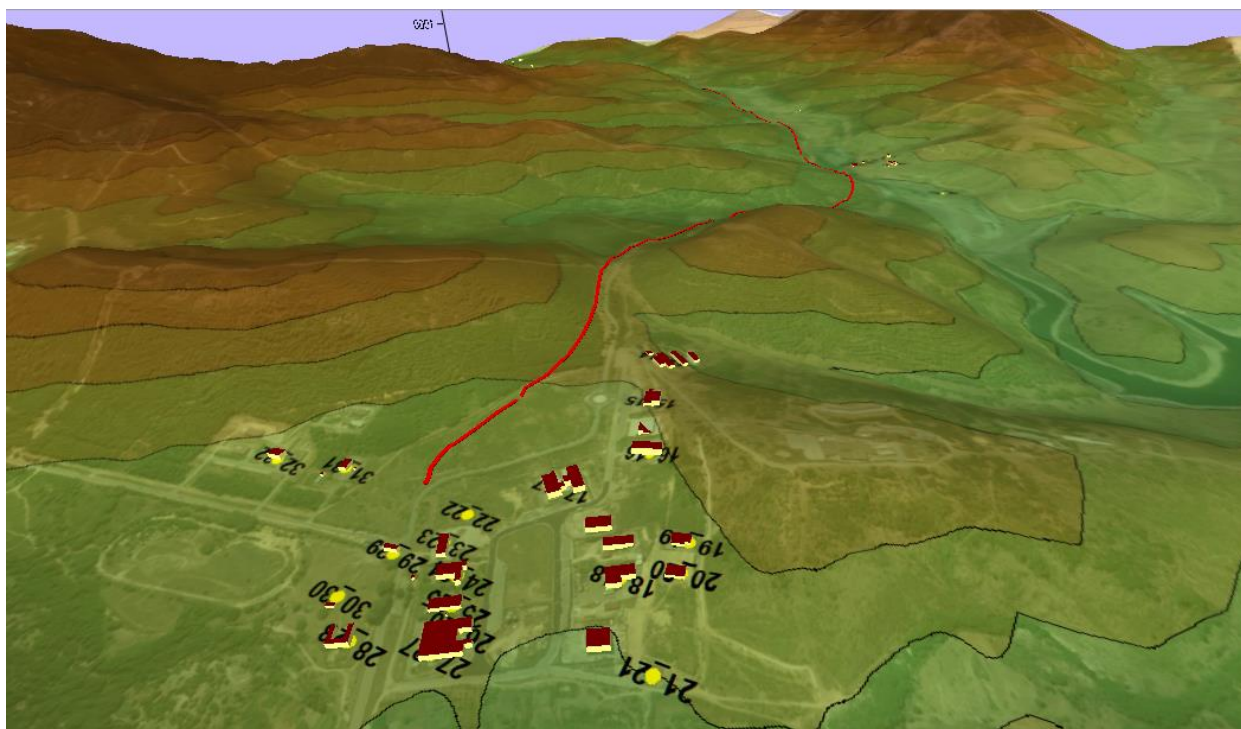
È infine possibile lanciare il “run” del programma, per ottenere le concentrazioni degli inquinanti nell’area di indagine, espresse come valori puntuali e come andamento di curve di isolivello.

## 5.3 Descrizione del modello

### 5.3.1 Cartografia, sorgenti emmissive e ricettori

Definiti i contorni dell'area oggetto di studio sulla planimetria del tracciato di progetto, è stata creata una mappa georeferenziata ed inserita come base cartografica nel software AERMOD.

Su tale base è stata tracciata la viabilità di progetto, così come descritta al par. 5.1, corrispondente alla sorgente emmissiva del modello di propagazione atmosferica; la medesima base cartografica, inserita nel pre-processore AERMAP, ha inoltre consentito la modellazione dell'orografia locale e la creazione del modello tridimensionale dell'area di studio (Figura 26).



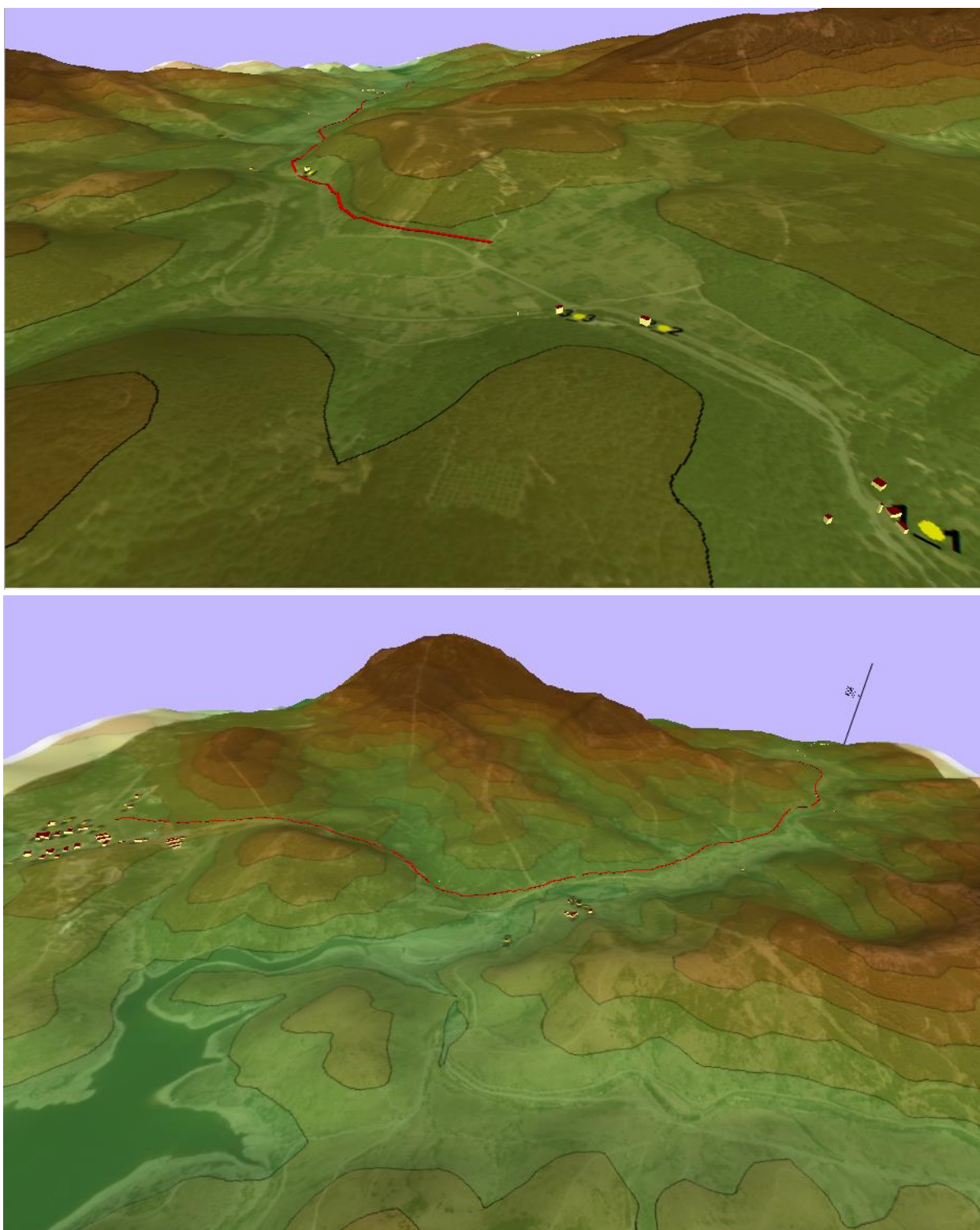


Figura 26 – Vista del modello 3D del terreno area nord, sud e ovest.



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 33 di 62</p>
--	--

L'area di studio considerata ha ampiezza 6000 x 6000 m, comprendente il tracciato stradale di progetto, le zone di raccordo stradale gli ambiti circostanti.

All'interno dell'area di studio sono stati impostati dei ricettori secondo una griglia cartesiana uniforme 20x20 e passo pari a 300 m, alle altezze di 1,5 m da terra (corrispondente alle condizioni di propagazione al suolo. In accordo con la valutazione di impatto acustico sono stati individuati 32 ricettori corrispondenti alle strutture e alle aree in generale più esposte.

### 5.3.2 Dati meteorologici

L'utilizzo del modello gaussiano per l'analisi atmosferica richiede di immettere dati meteorologici caratteristici della zona, determinanti per la propagazione degli inquinanti.

I dati sono stati ricavati da diverse fonti:

- per quanto attiene l'anemometria sono stati considerati i dati ricavati dal sito internet [www.eurometeo.com](http://www.eurometeo.com) della stazione Capo Bellavista che si riferiscono al trentennio 1961 – 1990. Inoltre sono riportati i dati della stazione di controllo dell'Aeronautica Militare di Capo Bellavista (Lat 39,56 Lon 9,43 Alt 138) relativi al periodo 01/51 09/77;
- per la pluviometria, la termometria ed l'umidità, sono stati consultati i dati forniti dal sito internet [www.eurometeo.com](http://www.eurometeo.com) della stazione di Capo Bellavista relativi al trentennio 1961 – 1990.

In Sardegna il clima è influenzato da vari fattori, che hanno portato (Arrigoni 1968) a definire il regime irregolare delle precipitazioni come "infedeltà pluviometrica". Questa definizione trova la sua origine dall'azione delle forme del rilievo e dalle traiettorie delle masse cicloniche sotto cui la Sardegna viene a trovarsi; questa irregolarità è particolarmente pronunciata nelle zone più elevate e piovose. La particolare posizione occupata dall'isola nel Mediterraneo, in una zona in cui dominano le correnti occidentali nella circolazione atmosferica, causa una diversità di clima tra la parte occidentale (sopravento) più ventilata e piovosa, e quella orientale (sottovento) meno piovosa. Il tipo di clima che meglio definisce le caratteristiche del settore sommitale del Gennargentu, ossia la fascia altimetrica superiore alla isoipsa dei 1.500 metri, è conosciuto con il nome di mediterraneo montano<sup>4</sup> ed è particolarmente indicato per descrivere le condizioni del versante, compreso tra i 1.500 ed i 1.800 metri di quota. Gli elementi principali mostrano una decisa tendenza alla riduzione del lungo periodo caldo, tipico delle zone costiere e di pianura, ed un sensibile aumento dei valori medi di precipitazione. Ne risulta un tipo di clima caratterizzato da un periodo "freddo", che generalmente inizia nel mese di novembre e si protrae sino alla prima metà del mese di maggio e da un periodo "caldo" comprendente i mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.

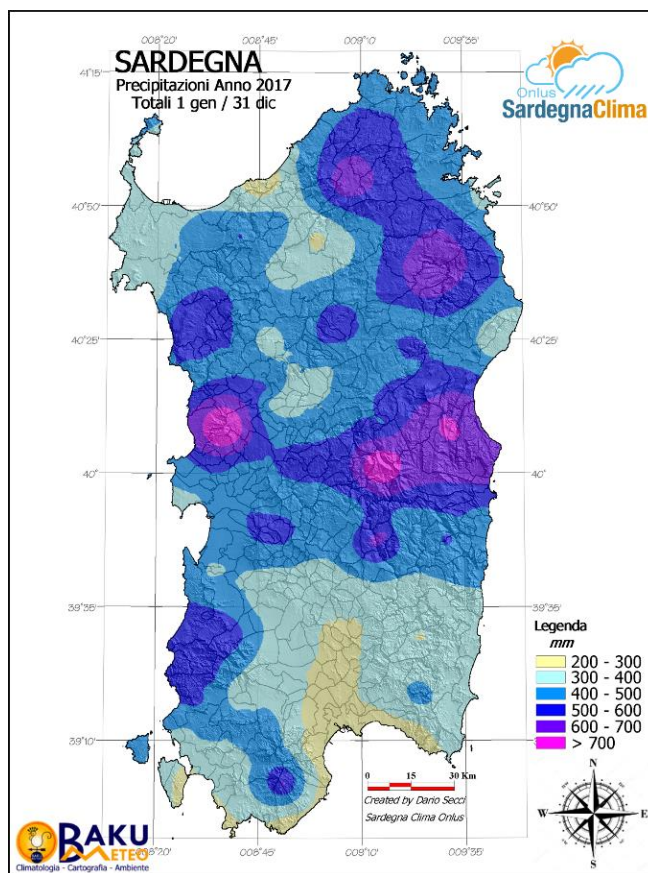


Figura 27 - Carta delle precipitazioni annuali della Sardegna

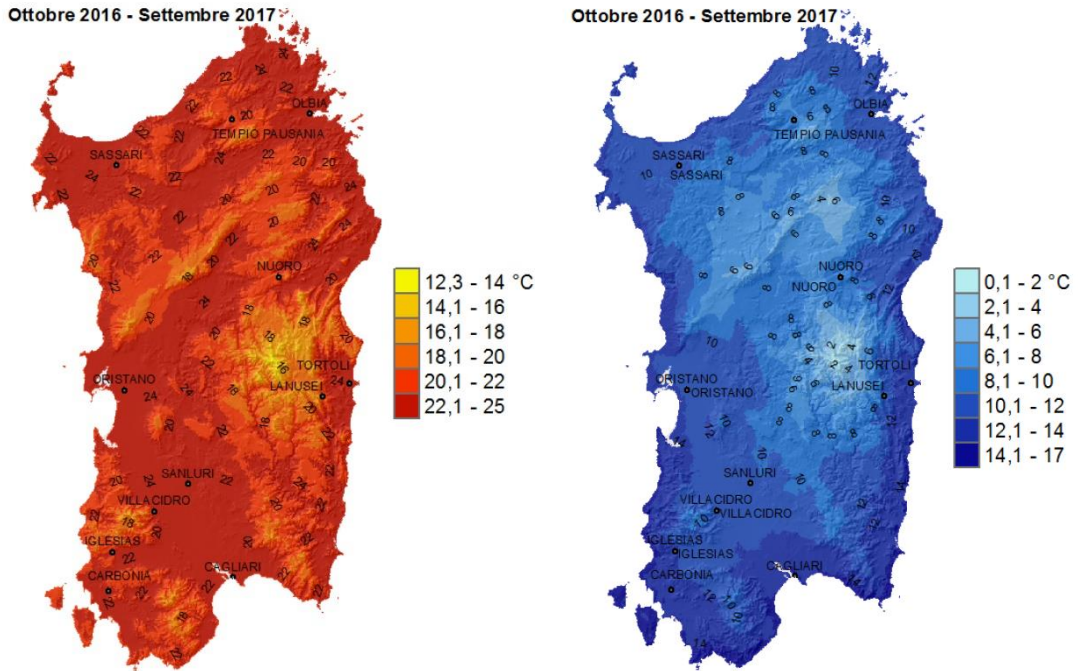


Figura 28 – Carte delle temperature massime e minime annuali della Sardegna

Sull’area del Gennargentu non risultano presenti stazioni di rilevamento riconosciute rispondenti alle norme di omologazione previste dalla Organizzazione Meteorologica Mondiale, pertanto si è provveduto alla individuazione delle principali caratteristiche climatiche e meteorologiche del sito tramite:

- elaborazione e correzione in funzione della quota dei dati registrati dalle stazioni di Fonni (mt. 992), Desulo (mt. 895) e Genna Silana (mt. 1010), che possono essere considerate rappresentative delle caratteristiche climatiche delle quote medio-basse del massiccio montuoso;
- analisi dei dati meteorologici registrati nel corso delle campagne di rilevamento nivologico svolte per oltre dieci anni e riferiti in modo particolare ai versanti interessati;
- ricerca bibliografica dei dati e delle determinazioni esistenti in campo climatico, meteorologico e fito-climatico. Nell’area di intervento, posta a quote tra i 600-700 metri, il clima è prettamente montano con valori di temperature medie inferiori a quelle registrate nelle stazioni di riferimento considerate e precipitazioni più abbondanti. Tali fattori meteorologici hanno una duplice azione: disgregazione del substrato e il dilavamento del materiale inerte. Ai fini della stabilità del suolo giocano un ruolo rilevante le basse temperature, l’effetto gelo-disgelo ed il regime di precipitazioni.

Le variazioni di temperatura al di sopra e al di sotto del punto di congelamento, in presenza d’acqua determina la frantumazione meccanica delle rocce per effetto della gelivazione, produzione di detrito prevalentemente grossolano (gelivazione: processo innescato dal ghiaccio che cristallizza all’interno delle fessure, aumenta di volume esercitando così una certa pressione sulla roccia, con lo scioglimento del ghiaccio, l’acqua

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 36 di 62</p>
--	--

penetra più in profondità, lo sgretolamento della roccia sarà più intenso quanto più sono numerosi i cicli di gelo-disgelo). Si ha cognizione che a queste altitudini le oscillazioni termiche sono frequenti nella stagione fredda, e si ripetono ogni giorno per diversi mesi. L'altra causa di disgregamento del substrato è l'azione della pioggia battente laddove è assente la copertura vegetale che attenui l'effetto. Si illustra nel seguito quanto incida l'intensità e il regime delle precipitazioni. Nel Gennargentu cadono mediamente 1.300 mm. di pioggia all'anno, con un regime di tipo IAPE ed una distribuzione pari al 39% in inverno, 25% in primavera, 5% in estate e 31% in autunno. Nel solo periodo autunno-inverno cade il 70% della precipitazione annua, con intensità spesso molto elevate. Sono precipitazioni con un'elevata capacità erosiva che si traduce in una degradazione specifica notevole.

#### Direzione ed intensità del vento

Il regime dei venti e le dinamiche eoliche in generale rappresentano fattori di sostanziale rilevanza soprattutto per quanto attiene l'influenza che essi esercitano sui processi di dispersione nell'atmosfera e nell'ambiente dei prodotti inquinanti e in particolare delle polveri. La circolazione dei venti nel Mediterraneo occidentale, e quindi sulla Sardegna, può venire schematizzata in base al comportamento della media delle pressioni atmosferiche nel corso dell'anno. Di solito, durante l'inverno, si crea una depressione a debole gradiente orizzontale centrata tra la Sardegna e il Mar Tirreno, compresa tra i due anticicloni atlantico ed asiatico. Tale depressione tende ad accentuarsi ulteriormente a causa delle alte temperature delle acque superficiali. In estate si espande l'anticiclone atlantico, mentre quello asiatico scompare; il Mediterraneo occidentale cade allora sotto l'influenza dell'anticiclone atlantico, con campo di pressione relativamente alta ed un debole gradiente barico orizzontale. In media la Sardegna viene a trovarsi in una zona depressionaria a cui si associa una determinata circolazione troposferica. Il susseguirsi di questi eventi climatici nel corso dell'anno, fa sì che durante i mesi invernali prevalgano i venti orientali e nord-orientali, mentre nei mesi estivi prevalgono quelli occidentali e nord-occidentali. In generale, nella maggior parte dell'anno, sulla Sardegna prevalgono correnti troposferiche con direzione ovest nord-ovest ed est sud-est. Nel corso dell'anno si ha una generale prevalenza dei venti provenienti da ovest, con una frequenza complessiva di circa il 50%, costituita per il 35% dal vento di Ponente e per il 15% dal Libeccio.

In oltre il 45% dei casi, i venti raggiungono una velocità compresa tra i 5 e i 15 m/s; punte superiori ai 20 m/s si registrano, durante l'anno, con una frequenza inferiore all'1%, mentre le giornate di calma (velocità del vento inferiore a 1,5 m/s) si registrano con una frequenza pari al 20%. Va ricordato che il regime dei venti risulta fortemente condizionato, oltre che dalla circolazione prevalente, anche da fattori strettamente locali legati alla situazione orografica e ai caratteri morfologici dell'area considerata. Nostre elaborazioni su dati pubblicati dall'ARPAS, relativi al vento di massima intensità misurato nell'arco delle 24 ore, ovvero nell'istante della giornata in cui tale fenomeno ha raggiunto il suo massimo, mostrano per la stazione anemometrica di Fonni una frequenza di venti massimi provenienti da Ovest e da Sud-Ovest superiore rispetto al dato medio regionale; viceversa, presso la stazione anemometrica di Fonni appare inferiore rispetto alla media regionale la frequenza di venti massimi provenienti dai quadranti orientali e meridionali.

Quasi nel 54% dei casi i venti registrati presso la stazione anemometrica di Fonni sono di debole intensità (velocità compresa tra 1,5 e 8 m/s), nel 31% dei casi sono di intensità

intermedia (velocità compresa tra 8 e 13,5 m/s), nel 13% dei casi di intensità forte (velocità superiore a 13,5 m/s) e solo nel 2% dei casi si registrano condizioni di calma di vento. In tale ambito, i venti di intensità forte quasi nel 43% dei casi provengono da Ovest.

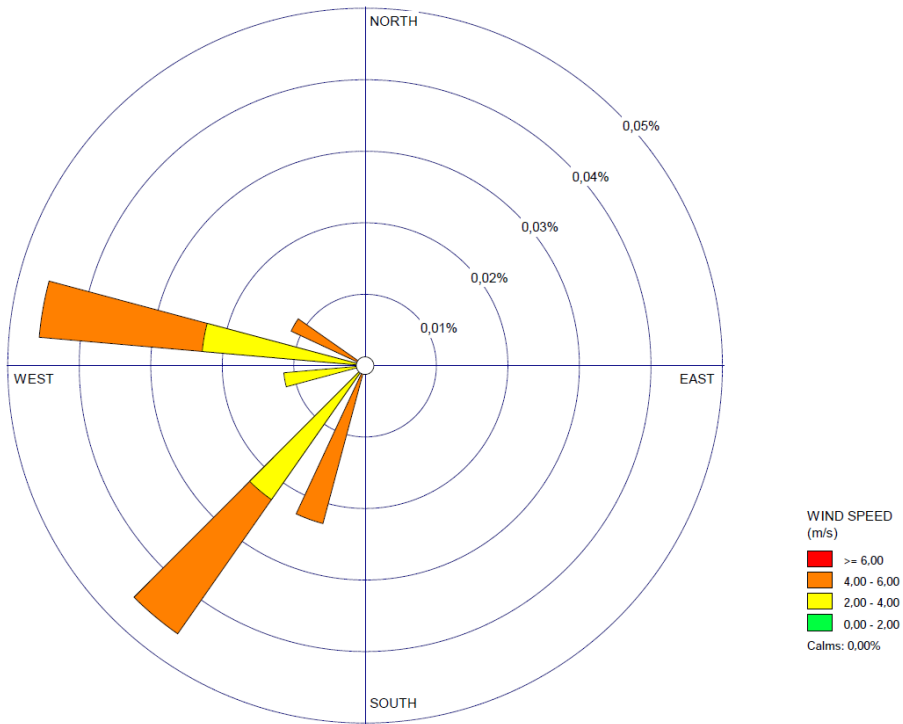


Figura 29 - Direzione del vento nella stazione meteorologica di Fonni

Le differenti condizioni orografiche del territorio in esame rispetto a quello dove è ubicata la stazione anemometrica di Fonni, rendono ipotizzabile per l'ambito di intervento una più elevata incidenza al suolo di venti provenienti da nord-ovest (maestrale), sia in termini di frequenza che di intensità, con valori massimi misurati sulle cime superiori ai 140 km/h; a tal proposito, appare opportuno ricordare che il vento massimo di esercizio della seggiovia che sarà installata sul Bruncu Spina è pari a 70 km/h.

Tabella 7 - Classi di velocità del vento.

settori		classi di velocità (nodi)						
n°	gradi	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	24 - 99	totale
1	0.0 – 22.5		4.94	6.43	7.73	9.13	5.99	34.22
2	22.5– 45		7.66	9.68	11.73	15.16	8.05	52.28
3	45 – 67.5		8.77	9.70	10.56	10.05	2.66	41.74
4	67.5 – 90		11.01	10.89	9.03	5.96	1.16	38.05
5	90 –112.5		14.95	15.34	8.31	3.55	1.24	43.39
6	112.5 -135		15.39	19.19	12.03	5.61	1.31	53.53
7	135– 157.5		14.24	16.20	17.41	8.42	1.58	57.85
8	157.5–180		12.00	12.87	17.64	13.16	2.48	58.15
9	180 –202.5		9.72	10.91	14.25	11.70	2.38	48.96
10	202.5-225		9.51	11.85	11.84	8.09	0.93	42.22
11	225 –247.5		7.02	8.08	7.49	6.82	0.92	30.33
12	247.5–270		9.08	12.25	11.07	9.02	2.61	44.03
13	270–292.5		16.22	27.40	27.41	17.04	5.74	93.81
14	292.5–315		13.84	26.96	35.22	20.10	5.33	101.45
15	315 –337.5		8.46	12.31	19.50	15.37	4.88	60.52
16	337.5–360		5.14	7.36	8.92	9.13	4.58	35.13
	<b>variabili</b>		0.38	0.45	0.33	0.19	0.12	1.47
	0 - 1 nodo	162.85						162.85
	<b>totale</b>	162.9	168.33	217.87	230.47	168.50	51.9€	1000.0

Tabella 8 - Dati anemometrici di Capo Bellavista, periodo 1961-1990

MESE	DIREZIONE	VELOCITA' (nodi)
gennaio	WNW	8,5
febbraio	SSE	8,5
marzo	ESE	5

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 39 di 62</p>
--	--

aprile	SSE	8,5
maggio	SSE	5
giugno	SSE	5
luglio	SSE	5
agosto	SSE	5
settembre	SSE	5
ottobre	SSE	5
novembre	S	5
dicembre	WNW	5

L'osservazione della tabella evidenzia come il regime anemometrico in questo tratto di territorio si discosti parzialmente dal quadro generale, dando come direzione prevalente la SSE, associata a velocità abbastanza contenute. Solo nel cuore dell'inverno, nei mesi di Gennaio e Febbraio, venti di Ponente e Maestrale danno un forte contributo con velocità più sostenute.

### Temperature

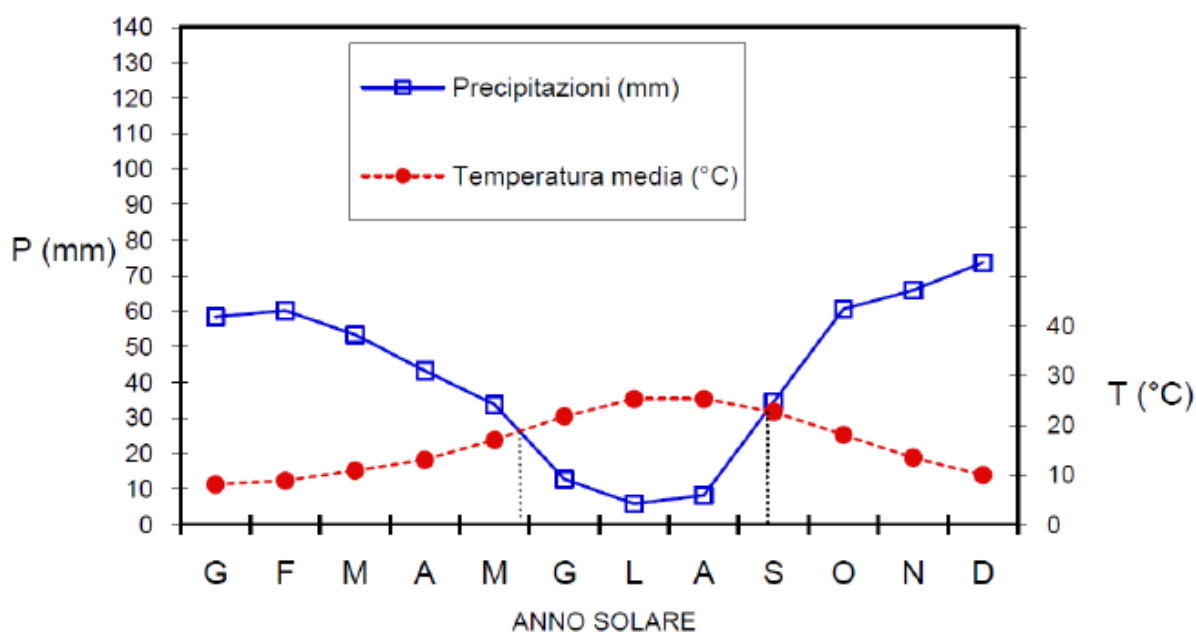
L'andamento annuo della temperatura in Sardegna non presenta caratteri originali rispetto agli altri paesi mediterranei; si può solo notare che la particolare posizione astronomica dell'isola e soprattutto la lontananza dai continenti fanno sì che il suo territorio goda di un tipico regime termico mediterraneo.

L'isola risente appieno dell'evoluzione termica delle acque del Mediterraneo che, raggiungendo la temperatura massima nelle prime settimane dell'autunno e la minima in primavera, temperano i freddi invernali ed i caldi estivi.

Le temperature mostrano che i valori massimi diurni nel periodo caldo sono normalmente compresi tra 25 e 28 °C, con punte (talvolta per diversi giorni consecutivi) superiori a 30 °C, determinate anche dal forte riscaldamento degli strati bassi conseguente alla mancanza di vegetazione ad alto fusto in alcune aree. Per contro le minime si attestano tra 10 e 14 °C, ma non sono eccezionali valori di 7-8 °C dovuti al forte irraggiamento notturno. Si possono pertanto considerare come "normali", nel periodo caldo, escursioni termiche dell'ordine dei 20 C tra il giorno e la notte. Dalla fine di settembre le temperature massime mostrano una graduale diminuzione, passando da 20-25 °C a 14-18 °C alla metà di ottobre ed a 5-10 °C a metà novembre. Da questo periodo in poi i primi "veri" afflussi di aria fredda possono far calare le temperature massime su valori inferiori a 5 °C e prossimi allo zero. Normalmente

tali valori massimi si registrano a partire dalla seconda metà di dicembre per abbassarsi ulteriormente nei mesi di gennaio e febbraio quando non di rado risultano inferiori a 0 °C. Nel mese di marzo si verifica una risalita delle temperature fino ai 3-6 °C della seconda metà del mese. Le massime salgono ulteriormente nel mese di aprile portandosi dai 4-7 °C di inizio mese ai 7-10 °C dell'ultima decade. Con maggio si assiste ad un deciso aumento dei valori che alla fine del mese sono compresi tra 15 e 20 °C e si ritorna nel "periodo caldo". Le temperature minime mostrano una analoga evoluzione: i valori tipici della metà di settembre sono intorno ai 9-12 °C e scendono a 4-7 °C nella seconda decade di ottobre; in novembre si posizionano su valori dapprima di alcuni gradi sopra lo zero poi oscillano intorno a questo. Dal mese di dicembre si osserva un ulteriore calo che, di norma, porta a medie di -4 °C in gennaio. Una leggera risalita si nota in febbraio con -3 °C. In marzo i valori più frequenti sono compresi tra -3 °C e -1 °C alla fine del mese. In aprile, complici anche dei tardivi afflussi di aria fredda, si registrano spesso temperature minime intorno allo zero fino alla terza decade. Maggio vede i valori salire fino a portarsi a 6-9 °C e giugno a 8-12 °C.

Per comprendere meglio l'interdipendenza tra le temperature e l'umidità, è stato costruito un diagramma ombro-termico (secondo Bagnouls-Gausson) rappresentante le precipitazioni mensili e le temperature. Il diagramma, attraverso la larghezza dell'intervallo tra le due curve, evidenzia sia i periodi in cui si ha un prevalere delle precipitazioni sui consumi dovuti all'evapotraspirazione che i periodi in cui le perdite per evapotraspirazione superano gli afflussi. L'area racchiusa tra le due curve rappresenta la stagione siccitosa, con inizio a maggio e termine a settembre. Durante questo periodo, pressoché tutta l'acqua che cade sul terreno evapora rapidamente a causa dei complessi fenomeni legati all'evapotraspirazione. Nei mesi estivi l'alta temperatura atmosferica contribuisce dunque a smaltire attraverso l'evapotraspirazione la quasi totalità delle acque superficiali.





<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione impatto atmosferico</b>	File: T00_EG00_AMB_RE05_A  Data: Luglio 2020  Pag. 41 di 62
--	--

Figura 30 - Diagramma ombro-termico

La figura successiva riporta il grafico dei valori, in gradi °C, delle temperature medie misurate durante l'anno 2017.

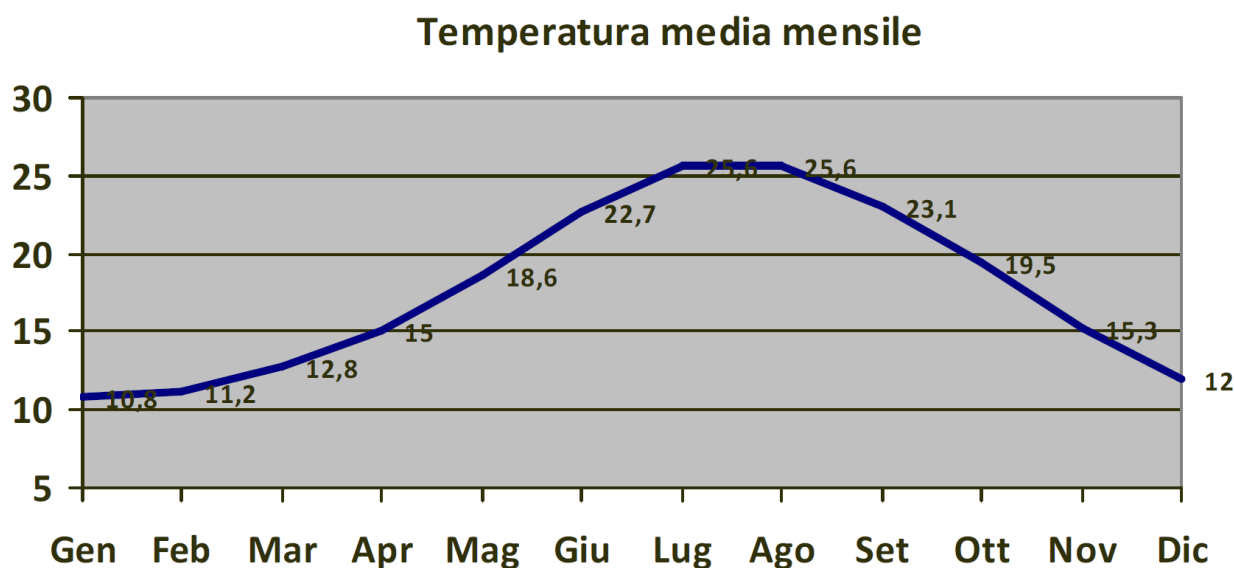


Figura 31 – Temperature medie mensili stazione di Fonni

### Pluviometria

La stretta relazione che lega i valori termometrici a quelli igrometrici è particolarmente evidente nell'area considerata. Così l'umidità è generalmente elevata nel periodo compreso tra la fine di ottobre e l'inizio di giugno, quando le temperature determinano il frequente raggiungimento del punto di saturazione dell'aria. A questo si aggiungono sia le frequenti precipitazioni solide/liquide sia le cosiddette "precipitazioni occulte". In inverno, valori molto bassi di umidità relativa, con percentuali comprese tra 20 e 30%, si manifestano in occasione dell'instaurarsi di regimi anticiclonici di ampia estensione e/o dell'afflusso di masse d'aria dal primo quadrante. Per contro, con venti a forte componente meridionale, possono permanere per più giorni stati igrometrici prossimi alla saturazione con frequenti valori superiori all'85-90%. Successivamente a tale periodo e per tutta la stagione calda i valori dell'umidità tendono a diminuire e seguono la normale evoluzione giornaliera che vede valori piuttosto contenuti di giorno e più elevati nelle ore notturne.

Nell'area di studio, le caratteristiche dominanti del clima mediterraneo vengono in parte mitigate anche per quanto riguarda le precipitazioni. Sebbene sia ben evidente un tipico andamento con due massimi, uno tardo-autunnale e uno primaverile, si assiste ad una decisa riduzione del periodo secco estivo che non di rado viene interrotto da temporali locali

dovuti alla interazione tra l'aria ed il rilievo. Nel periodo in cui le "famiglie" di cicloni delle medie latitudini interessano maggiormente la Sardegna, il Gennargentu esercita una discreta azione di blocco sui fronti, producendo un aumento nei valori e nella durata delle precipitazioni sulle aree circostanti. Pertanto, come mostrato dalla sottostante figura, l'area oggetto dell'intervento si caratterizza in ambito regionale per i più alti valori medi annui di precipitazioni piovose.

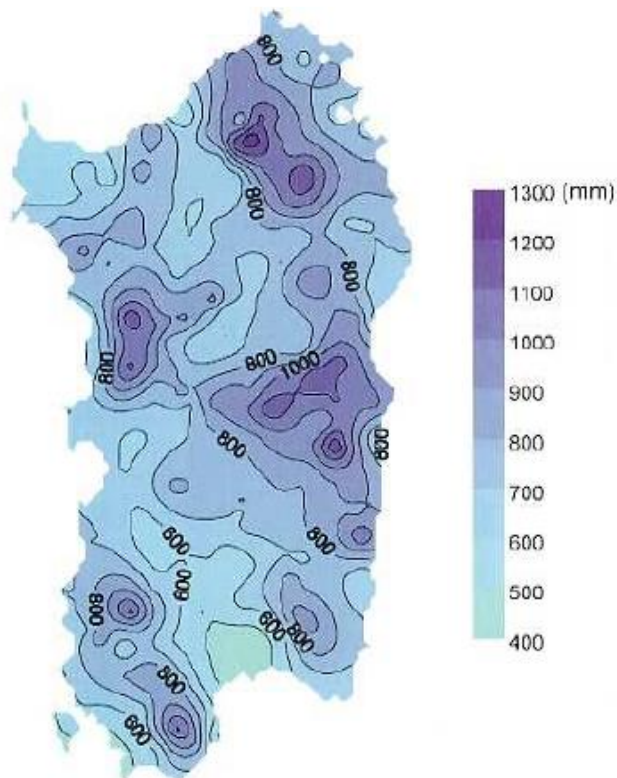


Figura 32 - Valore medio delle precipitazioni (Fonte ARPAS)

L'analisi delle condizioni pluviometriche è stata eseguita utilizzando i dati rilevati nelle stazioni pluviometriche di Fonni, posta a quota 992 metri s.l.m., e di Desulo, a 920 metri s.l.m

Tabella 9 - Precipitazioni medie mensili Fonni-Desulo (Fonte Arpas)

Stazione	Quota	Precipitazioni medie mensili rilevate nell'anno 2017 (mm)												Media annua	Media mensile
		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic		
Fonni	992 m	129	88	74	65	67	32	21	28	63	89	125	159	940	78,33
Desulo	920 m	147	93	96	87	75	29	22	32	76	102	138	168	1065	88,75

I mesi più piovosi risultano dicembre, novembre e gennaio, mentre quello meno piovoso è luglio. La stagione piovosa ha mediamente inizio a settembre e prosegue, sempre con aumenti graduali nei valori mensili, fino a dicembre; gennaio, febbraio e marzo mantengono valori di precipitazione più o meno costanti. A giugno si registra una netta diminuzione che continua quasi regolarmente fino a luglio. La stagione estiva è la meno piovosa dell'anno. La figura seguente rappresenta il grafico dei valori, in mm di pioggia, delle precipitazioni annue misurate nell'arco del periodo di osservazione nelle due stazioni pluviometriche.

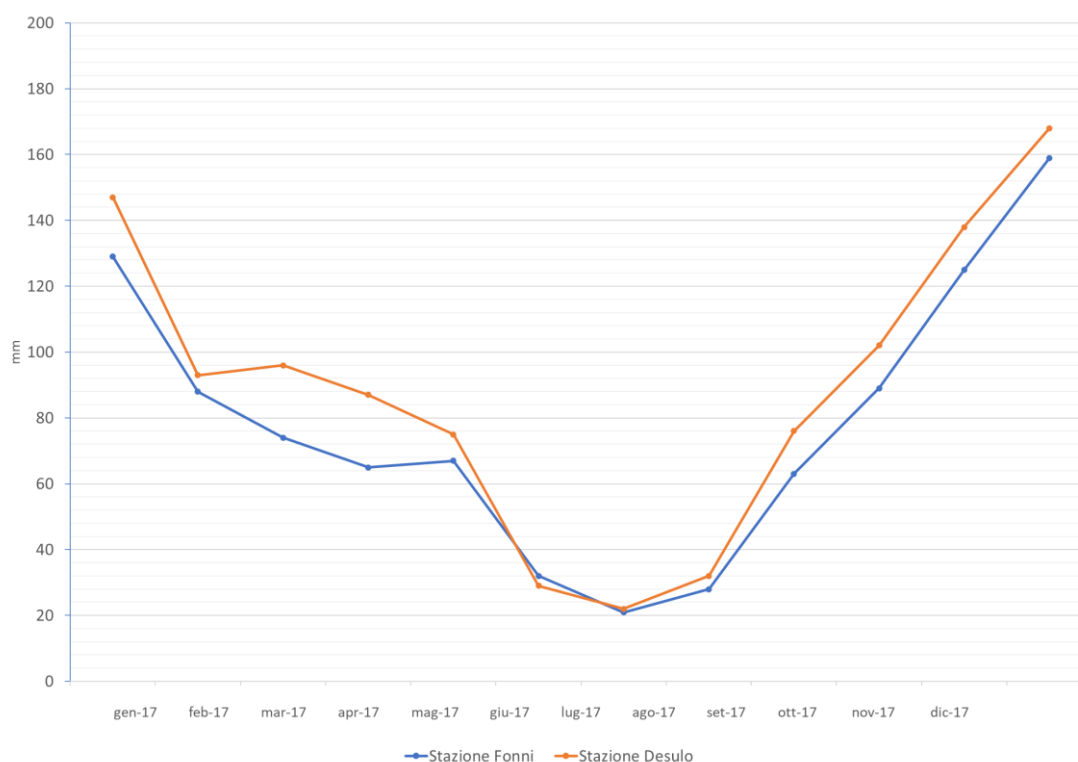


Figura 33 - Precipitazioni medie mensili Fonni e Desulo

Come mostrato dalle sottostanti figure, l'area montuosa a nord della zona oggetto dell'intervento si caratterizza in ambito regionale per i più alti valori medi annui di precipitazioni nevose e numero medio annuo di giorni con neve sul terreno.

Infatti, nel periodo compreso tra novembre e la fine di aprile le precipitazioni assumono molto spesso forma nevosa che, nei mesi più freddi dell'inverno, tende a permanere formando una coltre che alla quota di 1.700 metri varia tra i 40 ed i 70 cm. Nelle aree dove il vento, quasi sempre di rilevante intensità nelle fasi precipitative, riduce la sua capacità di trasporto della neve, si possono formare accumuli anche superiori ai 200 cm.

Senza entrare nel dettaglio delle caratteristiche nivologiche, si può osservare che la maggior parte delle precipitazioni nevose è costituita da cristalli irregolari, neve pallottolare e sferette di ghiaccio.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 44 di 62</p>
--	--

Queste forme sono sintomatiche del fatto che le nevicate più abbondanti si verificano generalmente in condizioni di atmosfera fortemente instabile e perturbata come nel tipico caso del passaggio di un fronte freddo.

Va inoltre notata la frequente presenza di addensamenti nuvolosi (nubi cumuliformi) che, producendo un effetto simile a quello della nebbia, riducono la visibilità a valori non superiori a qualche decina di metri. Si devono a questo fenomeno i suggestivi depositi di galaverna che, nel periodo invernale, ricoprono gli oggetti posti sulle cime.

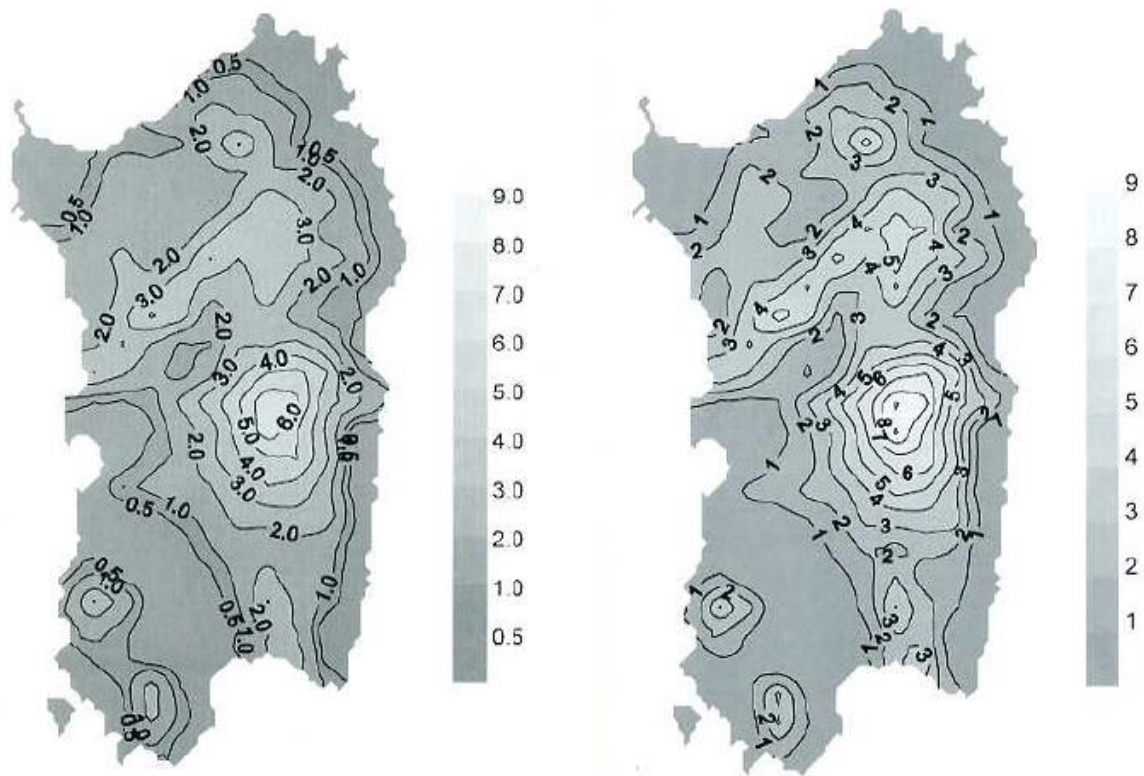


Figura 34 - Valore medio annuo di precipitazioni nevose (sx) valore medio annuo di giorni con neve (dx)

### 5.3.3 Flussi veicolari

Per i flussi veicolari lungo l'opera di progetto, facendo riferimento allo scenario al 2027, sono state assunte le condizioni di Traffico Giornaliero Medio (TGM) e Traffico Orario di Punta (TOP) per veicoli leggeri e pesanti.

Trattandosi di dati previsionali non è stata possibile una suddivisione più accurata sulla composizione del traffico in base ai diversi tipi di tecnologie e combustibili; la scelta dei dati emissivi di Input per il modello si basa dunque sulla composizione media del parco macchine nazionale al 2018.

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione impatto atmosferico</b>	File: T00_EG00_AMB_RE05_A  Data: Luglio 2020  Pag. 45 di 62
--	--

Di seguito si riportano i dati di TGM utilizzati per il modello atmosferico derivanti dallo studio trasportistico di progetto, per l'intervallo orario 06:00 – 22:00 (condizione più gravosa) e relativi allo scenario futuro 2027.

I dati TOP sono stati valutati pari al 10% del TGM, come da proporzione desunta dall'analisi atmosferica esposta nello Studio di Impatto Ambientale; si precisa che i dati di TOP risultano sovrastimati rispetto a quanto definito dallo studio trasportistico di progetto, al fine di rendere la modellazione nelle condizioni di massima criticità.

Tabella 10 – Dati di traffico previsionale (scenario 2027) per il modello atmosferico

Strada			Estesa (km)	Leggeri (veic./giorno)	Pesanti (veic./giorno)	Totali (veic./giorno)	Anno
Nuova S.S.389	variante alla		5,6	2.828	111	2.939	2027
Tratto esistente S.S.389			5,8	52	0	52	2027

#### 5.3.4 Fattori di emissione

I fattori di emissione richiesti dal software AERMOD sono espressi in grammi al secondo su metro quadrato (g/s\*m<sup>2</sup>) per meglio rappresentare la diffusione degli inquinanti emessi dall'intera piattaforma stradale, considerata con le specifiche larghezze di progetto; nel caso in esame, come previsto dalle linee guida ANAS per la redazione di S.I.A., sono stati considerati gli inquinanti NO<sub>x</sub> (espressi come NO<sub>2</sub>), PM<sub>10</sub> e CO.

I fattori di emissione utili alla modellazione sono stati reperiti dalla “Banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto stradale in Italia”, basata sulle stime annualmente aggiornate da ISPRA ai fini della redazione dell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera.

I fattori di emissione sono calcolati con l'utilizzo del software COPERT v.5.1.1. sulla base dei dati di input nazionali riguardanti il parco e la circolazione dei veicoli all'anno 2018, espressi sia rispetto ai Km percorsi che rispetto ai consumi, con riferimento sia al dettaglio delle tecnologie che all'aggregazione per settore e combustibile, elaborati sia a livello totale che distintamente per l'ambito urbano, extraurbano ed autostradale.

Come anticipato, non potendo disporre di dati specifici sulla composizione del traffico veicolare in termini di tipologia di alimentazione, in input al modello viene introdotto un fattore emissivo medio per tecnologie e combustibili sul dato totale del parco veicolare nazionale al 2018.

In relazione a quanto detto, si evidenzia che i risultati di modellazione così ottenuti andranno valutati considerando la naturale evoluzione tecnologica che comporterà una riduzione dei fattori di emissione per il traffico veicolare rispetto a quelli attualmente disponibili. A titolo di esempio si riportano di seguito i ratei emissivi riferiti ai veicoli attualmente più efficienti (EURO 6) in termini di emissioni in atmosfera di particolato e ossidi di azoto.

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione impatto atmosferico</b>	File: T00_EG00_AMB_RE05_A  Data: Luglio 2020  Pag. 46 di 62
--	--

Tabella 11 – Ratei emissivi per veicoli EURO 6

TIPOLOGIA VEICOLO	DI	Fattore di emissione PM <sub>10</sub> (g/Km*veic)	Fattore di emissione NO <sub>x</sub> (g/Km*veic)	Ciclo di guida
Veicoli leggeri		0,024	0,042	Misto
Veicoli pesanti		0,087	0,201	Misto

In Tabella 12 sono indicati i fattori di emissioni di modellazione riferiti ai diversi inquinanti per veicoli leggeri e pesanti, in ambito autostradale ed urbano ed espressi in g/veic\*Km. Per il Benzene è presente il solo dato “Misto” e non la disaggregazione tra Urbano, Extraurbano e Autostradale.

Tabella 12 – Ratei emissivi di input per il modello

TIPOLOGIA VEICOLO	DI	FATTORI DI EMISSIONE (g/Km*veic)					Ciclo di guida
		PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	Benzen e	PM <sub>2.5</sub>	CO	
Veicoli leggeri		0,048	0,459	-	0,032	2,317	Urbano
		0,026	0,495	-	0,022	0,423	Autostradale
		0,036	0,422	0,0025	0,026	0,724	Misto
Veicoli Pesanti		0,334	7,501	-	0,259	2,058	Urbano
		0,169	4,196	-	0,137	1,123	Autostradale
		0,202	4,644	0,0001	0,158	1,222	Misto

Si annota che le sorgenti emissive rappresentative della nuova opera, sono state considerate nella condizione di ambito extraurbano.

Ciascun fattore di emissione, moltiplicato per il volume di traffico previsto lungo la tratta, fornisce la relativa emissione per unità di lunghezza secondo la formula:

$$E = (TGM \times \text{Fattore di emissione}) / 86400 \text{ [g/s*m]}$$

$$E = (TOP \times \text{Fattore di emissione}) / 3600 \text{ [g/s*m]}$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 47 di 62</p>
--	--

#### 5.4 Analisi previsionale

Per l'elaborazione del modello descrittivo dell'area oggetto di studio, in termini di diffusione e dispersione degli inquinanti in atmosfera, è stato adottato un modello di distribuzione gaussiana delle principali sostanze derivanti da processi di combustione.

Il software utilizzato è AERMOD View nella versione 9.9.0 che supporta il codice di calcolo AERMOD dell'US-EPA n. 18081; in base alle linee guida degli enti internazionali per la protezione dell'ambiente (EPA Environmental Protection Agency e EEA European Environment Agency), AERMOD è riconosciuto tra gli strumenti modellistici raccomandati per le analisi di qualità dell'aria.

AERMOD si presta ad essere usato per lo studio di qualsiasi sorgente di emissione; il software dà la possibilità di ricostruire geometrie complesse ben rappresentative delle reali aree di studio, di considerare gli effetti dell'orografia del territorio, di calcolare le condizioni meteorologiche come variabili spazio-temporali.

Il software si configura come sistema di modellazione con tre distinte componenti: AERMOD, AERMAP e AERMET. Il modulo AERMOD, come finora espresso, calcola la dispersione degli inquinanti in atmosfera in funzione dei dati territoriali di natura orografica e meteorologica; i dati gestiti dal modulo derivano dalle elaborazioni dei pre-processor AERMAP e AERMET: il primo è dedicato alla ricostruzione del modello tridimensionale del terreno, il secondo alla creazione del modello spaziale e temporale dell'atmosfera.

Inseriti i parametri di base per l'esecuzione delle elaborazioni, si riportano nel seguito i risultati ottenuti dalle modellazioni atmosferiche, indicando le condizioni di propagazione considerate.

L'analisi, come detto, è stata condotta sugli inquinanti NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, Benzene, SO<sub>2</sub> e CO; gli output sono stati impostati come concentrazione degli inquinanti su base oraria, giornaliera e annuale, per un coerente confronto con i limiti di qualità dell'aria dettati da normativa.

Per gli ossidi di azoto, le concentrazioni sono espresse come NO<sub>2</sub> per renderne possibile il confronto con i limiti di legge per la qualità dell'aria. La conversione di NO<sub>x</sub> in NO<sub>2</sub> è eseguita dal software con il metodo PVMRM (Plume Volume Molar Ratio Method) che richiede, come parametro aggiuntivo per il calcolo di conversione, la concentrazione di Ozono nell'area di studio.

I risultati delle analisi previsionali di impatto atmosferico elaborate mediante AERMOD, per le condizioni sopra esposte, vengono di seguito commentati e rappresentati in termini di mappe orizzontali di propagazione (curve isolivello di concentrazione) nelle Tavole allegate; nella

Tabella 14 si riporta un resoconto delle modellazioni eseguite con indicazioni sui dati di input e output ed il riferimento alle rispettive tavole allegate.

In linea generale si osserva che: in base all'interazione tra l'orografia ed il regime dei venti, le concentrazioni inquinanti maggiori si riscontrano presso i ricettori R4 ed R5 corrispondenti a case cantoniere.; le concentrazioni inquinanti maggiori si ottengono al

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 48 di 62</p>
--	---

suolo (H=1,5 m); la direzione del vento peggiorativa per le concentrazioni ai ricettori è quella da ovest.

Presso i ricettori puntuali individuati, per gli inquinanti analizzati e per le impostazioni di modellazione cautelative assunte, lo stato futuro della qualità dell'aria si configura come non critico e non significativamente alterato rispetto allo stato attuale.

Per l'inquinante PM<sub>10</sub> le modellazioni forniscono valori di output pienamente conformi ai limiti di legge nelle diverse condizioni analizzate, con massima concentrazione media giornaliera pari a circa 16,3 µg/m<sup>3</sup> (valore limite 50 µg/m<sup>3</sup>) ottenuta al suolo (H=1,5 m) e massima concentrazione media annuale pari a circa 5,6 µg/m<sup>3</sup> (valore limite 40 µg/m<sup>3</sup>) ottenuta al suolo (H=1,5 m).

La propagazione del Benzene non presenta condizioni di particolare criticità raggiungendo, al suolo (H=1,5 m), la massima concentrazione media annuale di 0,00016 µg/m<sup>3</sup> (valore limite 5 µg/m<sup>3</sup>).

Il modello per il monossido di carbonio (CO), nelle simulazioni effettuate su base 8 ore non mostra condizioni di criticità raggiungendo al suolo (H=1,5 m), nei pressi dei ricettori R4 ed R5 e vento proveniente da ovest, il valore massimo di 0,0043 mg/m<sup>3</sup> (limite 10 mg/m<sup>3</sup>).

Per le propagazioni al suolo (H=1,5 m) degli ossidi di azoto, espressi come NO<sub>2</sub>, nelle simulazioni effettuate su base oraria e per venti provenienti da ovest, si riscontrano che nessun ricettore ricade in zone interessate da valori di concentrazione superiori a 39,6 µg/m<sup>3</sup> (valore limite 200 µg/m<sup>3</sup>).

Per le modellazioni su base annuale degli NO<sub>2</sub>, presso i ricettori individuati si prevedono le concentrazioni medie annuali degli NO<sub>2</sub>, non superano 9,99 µg/m<sup>3</sup> (valore limite 40 µg/m<sup>3</sup>).

Ricordando che le modellazioni eseguite includono ratei emissivi riferiti alla composizione media del parco macchine nazionale al 2018, quindi notevolmente cautelativi, si ritiene che l'evoluzione tecnologica motoristica potrà compensare le emissioni da traffico veicolare previsto al 2037, senza comportare alterazioni significative dello stato attuale di qualità dell'aria mostrato al par. 4.2.6; si stima che, con ratei emissivi riferiti a veicoli ad alta efficienza e progressiva introduzione della trazione elettrica, le ricadute inquinanti si potranno ridurre fino all'80% rispetto alle condizioni 2018 adottate nel presente studio, con pieno rispetto dei limiti di legge.

Nella tabella seguente si riportano i valori puntuali di tutti gli inquinanti analizzati presso tutti i ricettori censiti.

Tabella 13 – Valori puntuali ai ricettori

	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Ricett ore	CO (MAX 8h)	PM10 (24h)	PM10 (ann)	Nox (orario)	Nox (ann)	C6H6 (ann)	SO2 (24h)
1	0,04631	0,14285	0,01317	0,38922	0,02333	0	0,00003
2	0,19743	0,73573	0,07358	1,76948	0,13037	0	0,00014
3	0,12379	0,50267	0,05588	1,1061	0,099	0	0,00011



<b>4</b>	<b>2,01772</b>	<b>8,61842</b>	<b>2,25057</b>	<b>16,6397</b>	<b>3,98748</b>	<b>0,00006</b>	<b>0,00171</b>
5	1,16314	4,17358	1,23379	10,37172	2,18598	0,00004	0,00082
6	0,29149	1,10436	0,30451	2,40285	0,53951	0,00001	0,00024
7	0,34737	1,35752	0,47417	3,10039	0,84011	0,00001	0,00029
8	0,33255	1,28002	0,47945	2,74128	0,84947	0,00001	0,00028
9	0,49377	1,61571	0,62827	4,95842	1,11315	0,00002	0,00036
10	0,7296	2,33813	0,76497	7,2714	1,35535	0,00002	0,00051
11	0,92812	2,96609	0,93202	9,1967	1,65131	0,00003	0,00065
12	0,36798	1,42166	0,53671	3,28227	0,95092	0,00002	0,00031
13	0,54655	2,08152	0,48605	4,50542	0,86117	0,00001	0,00045
14	0,69497	2,71538	0,44586	5,72886	0,78996	0,00001	0,00057
15	0,4556	1,68815	0,64557	4,04463	1,14379	0,00002	0,00036
16	0,34948	1,26902	0,39541	3,11633	0,70058	0,00001	0,00027
17	0,42562	1,6021	0,60705	3,76009	1,07556	0,00002	0,00034
18	0,19307	0,66384	0,19797	1,86308	0,35076	0,00001	0,00014
19	0,2438	0,85156	0,23936	2,1901	0,42409	0,00001	0,00016
20	0,16802	0,58766	0,18161	1,51159	0,32177	0,00001	0,00008
21	0,14544	0,496	0,06919	1,41721	0,12259	0	0,0001
22	0,54662	2,10357	0,75886	5,03419	1,34452	0,00002	0,00045
23	0,75395	2,78052	0,38491	6,94651	0,68197	0,00001	0,00048
24	0,46132	1,68478	0,23969	4,30711	0,42467	0,00001	0,00032
25	0,43483	1,52632	0,21842	4,09973	0,38699	0,00001	0,00027
26	0,37943	1,32159	0,19538	3,5969	0,34617	0,00001	0,00023
27	0,3764	1,26721	0,19123	3,5954	0,33881	0,00001	0,00023
28	0,52622	1,90562	0,1626	4,44862	0,2881	0	0,00044
29	1,01984	3,84382	0,34176	8,6119	0,60551	0,00001	0,00079
30	1,29347	4,84289	0,4057	10,9086	0,7188	0,00001	0,00088
31	0,81447	3,16969	0,39594	6,74134	0,70152	0,00001	0,00068
32	0,5469	2,04675	0,20996	4,50829	0,372	0,00001	0,00042

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 50 di 62</p>
--	--

Tabella 14 – Riepilogo delle modellazioni

TAVOLA	INQUINANTE	OUTPUT	DIREZIONE VENTO	TRAFFICO DI PROGETTO (scenario 2037)	H (m)	LIMITE DI LEGGE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	OUTPUT Max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
T00IA00AMBCT17A	PM <sub>10</sub>	conc. media annuale	Ovest	TGM	1,5	40	5,6
T00IA00AMBCT18A	PM <sub>10</sub>	conc. media giornaliera	Ovest	TGM	1,5	50	16,3
T00IA00AMBCT19A	Benzene	conc. media annuale	Ovest	TGM	1,5	5	0,00016
T00IA00AMBCT20A	NO <sub>2</sub>	conc. media annuale	Ovest	TGM	1,5	40	9,99
T00IA00AMBCT21A	NO <sub>2</sub>	conc. media oraria	Ovest	TGM	1,5	200	39,6
T00IA00AMBCT22A	CO	conc. media su 8h	Ovest	TGM	1,5	10.000	4,35
T00IA00AMBCT23A	SO <sub>2</sub>	conc. media su 24h	Ovest	TGM	1,5	125	0,0035

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 51 di 62</p>
--	---

## 5.5 Impatto fase di cantiere

Gli impatti sull'atmosfera connessi alla presenza dei cantieri sono collegati, in generale, alle lavorazioni relative alle attività di scavo ed alla movimentazione di materiali ed il transito dei mezzi pesanti e di servizio, che in determinate circostanze possono causare il sollevamento e la propagazione di polvere oltre a determinare l'emissione di gas di scarico nell'aria.

L'analisi della dispersione di inquinanti in atmosfera è stata condotta mediante l'ausilio della modellazione matematica, con riferimento agli inquinanti PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> e CO generati dalle diverse attività di cantiere interessate dalla realizzazione delle opere in variante.

La presente analisi della dispersione di inquinanti in atmosfera, per la fase di cantiere, ha previsto la modellazione delle seguenti sorgenti emissive:

- Aree di cantiere interessate dalle opere (nord e sud);
- Fronte Avanzamento Lavori (FAL) delle situazioni più significative;
- Piste di cantiere per le aree di cui al punto precedente;
- Mezzi d'opera.

Per l'elaborazione del modello, in termini di diffusione e dispersione degli inquinanti in atmosfera, è stato adottato un modello di distribuzione gaussiana delle principali sostanze derivanti da processi di combustione, tramite l'utilizzo del software AERMOD View nella versione 9.9.0 già descritto in precedenza.

Le impostazioni di base del modello diffusivo per il corso d'opera risultano coerenti con quanto definito per la modellazione delle condizioni Post Operam in relazione ai seguenti aspetti:

- Area di studio;
- Modellazione dell'orografia locale;
- Griglia cartesiana di ricettori (20x20 - passo 300 m);
- Altezze di calcolo dal suolo (1,5 m);
- Ricettori puntuali;
- Dati meteorologici .

Per la valutazione degli impatti in fase di cantiere, e dunque per il calcolo dei fattori di emissione associati all'emissione di polveri dalle sorgenti individuate, l'analisi si basa sul Draft EPA dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Statunitense (rif. <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>), il quale, nella sezione AP 42, Quinta Edizione, Volume I Capitolo 13 – “Miscellaneous Sources” Section 13.2 – “Introduction to Fugitive Dust Sources”, fornisce fattori di emissione per diverse potenziali attività, fonte di emissione. Nel presente studio, per la quantificazione delle emissioni di polveri generate in corso d'opera, si è fatto specifico riferimento alle seguenti attività:

- PISTE DI CANTIERE: *Unpaved Roads* - transito dei mezzi nell'ambito dell'area di cantiere e sulla viabilità non asfaltata di accesso al cantiere (EPA, AP-42 13.2.2);

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 52 di 62</p>
--	--

- FAL: *Heavy Construction Operations* - costruzione dei manufatti (EPA, AP-42 13.2.3);
- AREE DI CANTIERE: *Aggregate Handling and Storage Piles* - accumulo e movimentazione delle terre nelle aree di deposito e nel cantiere operativo (EPA AP-42 13.2.4);
- AREE DI CANTIERE: *Wind Erosion* - erosione del vento dai cumuli (EPA AP-42 13.2.5);
- MEZZI D'OPERA: *Truck and Central mix Operations* - operazioni di betonaggio (EPA, AP-42 11.12-1).

Per la stima delle emissioni di CO dai mezzi d'opera impiegati, è stato fatto riferimento ai fattori di emissione riportati nel "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Emission factors - Non-road mobile sources and machinery: Tier 2 emission factors for off-road machinery - Table 3-6 Baseline emission factors and fuel consumption (FC) for diesel NRMM [g/kWh] - 1.A.2.g vii", espressi in funzione della potenza installata come g/kWh. Per la stima della pressione esercitata sull'atmosfera si è ipotizzata la presenza continua e contemporanea di mezzi d'opera da 200 kW in ciascun FAL; il fattore di emissione considerato risulta dalla tabella fornita da EMEP/EEA ed è pari a 1,50 g/kWh.

I fattori di emissione per gli inquinanti considerati (Polveri, CO, NOx) prodotti dallo scarico dei mezzi transitanti sulle viabilità di cantiere, sono stati reperiti dalla "Banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto stradale in Italia" e sono riportati in Tabella 12, con riferimento al traffico di mezzi pesanti e ciclo di guida urbano.

Ciascun fattore di emissione, moltiplicato per il volume di traffico previsto, fornisce la relativa emissione per unità di lunghezza secondo le formule:

$$E = (TGM \times \text{Fattore di emissione}) / 86400 \text{ [g/s*m]}$$

Per i flussi veicolari da assegnare alle diverse sorgenti, distinti per materiale e per zona, espressi in viaggi/giorno, sono riportati di seguito i parametri adottati:

Tabella 15 – Flussi di traffico per le diverse aree di cantiere

Cantiere	Estesa	Pesanti (veic./giorno)	Tipologia
Cantiere Base Nord	3900 mq	8	Cantiere base
Cantiere Base Sud	1400 mq	8	Cantiere base
Cantiere GA01	420 m	5	Fronte avanzamento lavori (FAL)
Cantiere VI02	155 m	5	Fronte avanzamento lavori (FAL)

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione impatto atmosferico</b>	File: T00_EG00_AMB_RE05_A  Data: Luglio 2020  Pag. 53 di 62
--	--

Si osserva che per polveri, l'entità delle emissioni prodotte dai gas di scarico dei mezzi risultano trascurabili, se confrontate con quelle generate dal risollevarimento di polveri per il transito degli stessi sulle piste di cantiere e valutate secondo quanto proposto dai modelli US EPA (EPA, AP-42 13.2.2).

Di seguito si riporta il riepilogo delle emissioni calcolate per ciascuna sorgente modellata, espresse in kg/giorno e ton/anno di inquinante rilasciato in atmosfera.

Tabella 16 – Pressioni esercitate sulla componente atmosfera dalle diverse sorgenti modellate

ID Sorgente	Tipo sorgente di	Emissione (kg/giorno)			Emissione (ton/anno)		
		PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	CO
VIADOTTO VI02	FAL e pista di cantiere	0,0129	0,0092	0,0023	0,0023	0,0000 39	0,0000 1
GALLERIA GA01	FAL e pista di cantiere	0,0041	0,0086	0,0022	0,0015	0,0000 36	0,0000 09
NORD	AREA CANTIERE DI	0,0126	/	/	0,0046	/	/
SUD	AREA CANTIERE DI	0,0126	/	/	0,0046	/	/
BET_NORD	MEZZO D'OPERA	1,2568	2,3751	0,7906	0,4587	0,8669	0,2886
BET_SUD	MEZZO D'OPERA	1,2568	2,3751	0,7906	0,4587	0,8669	0,2886

Le impostazioni di output, come concentrazioni degli inquinanti, sono state calcolate su base temporale congrua al confronto con i valori limite di qualità dell'aria dettati dal D. Lgs. 155/2010.

Di seguito si riporta un resoconto delle modellazioni effettuate per la fase di cantiere, in relazione al tipo di inquinante e al tipo di output, ognuna prodotta per le due altezze di calcolo (1,5 m).

Tabella 17 – Resoconto delle modellazioni in corso d'opera

INQUINANTE	DIREZIONE VENTO	OUTPUT
PM <sub>10</sub>	Ovest	Conc. media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )
PM <sub>10</sub>	Ovest	Conc. media annuale (µg/m <sup>3</sup> )
NO <sub>x</sub>	Ovest	Conc. media oraria (µg/m <sup>3</sup> )
CO	Ovest	Conc. media giornaliera massima su 8 h (µg/m <sup>3</sup> )

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 54 di 62</p>
--	--

Si riportano nel seguito i risultati ottenuti dalle modellazioni atmosferiche, indicando le condizioni di propagazione considerate. Per la rappresentazione dei risultati in termini di mappe orizzontali di propagazione (curve isolivello di concentrazione) si rimanda alle specifiche planimetrie allegate al presente studio.

Nella successiva tabella viene riportata una sintesi dei risultati ottenuti, con indicazioni su dati di input e output ed il riferimento ai rispettivi elaborati grafici.

Tabella 18 – Riepilogo delle modellazioni in corso d'opera

ELABORATO	INQUINANTE	OUTPUT	DIREZIONE VENTO	H (m)	LIMITE DI LEGGE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CONC. MAX RICETTORI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
T00IA00AMBCT13A	PM <sub>10</sub>	conc. media annuale	Ovest	1,5	50	1,13
T00IA00AMBCT14A	PM <sub>10</sub>	conc. media giornaliera	Ovest	1,5	40	4,3
T00IA00AMBCT15A	CO	conc. media 8 h	Ovest	1,5	10.000	5,61
T00IA00AMBCT16A	NOx	conc. media oraria	Ovest	1,5	200	3,15

In linea generale, si osserva che in base all'interazione tra l'orografia ed il campo anemologico della zona in esame, lo scenario più critico per la propagazione degli inquinanti si ha nei pressi del cantiere base NORD, in corrispondenza del ricettore 23.

Presso i ricettori puntuali individuati e in relazione al regime eolico prevalente dell'area in esame, per gli inquinanti analizzati e per le impostazioni di modellazione cautelative assunte, lo stato della qualità dell'aria in corso d'opera si configura come non critico e non significativamente alterato rispetto allo stato attuale.

In sintesi, l'analisi previsionale condotta e sopra descritta permette di confermare che le attività di cantierizzazione funzionali alla realizzazione delle opere in variante non determinano criticità sulla componente atmosfera.

## 5.6 Mitigazioni fase di cantiere

La mitigazione degli impatti generati dalle attività di cantiere è essenzialmente incentrata sulla gestione delle polveri ed è finalizzata ad impedirne il più possibile la fuoriuscita dalle aree di cantiere e a trattenerle al suolo impedendone il sollevamento.

Le principali azioni consistono nella riduzione delle emissioni privilegiando processi di lavorazione ad umido, nella predisposizione di barriere fisiche alla dispersione e nell'implementazione di buone pratiche di cantiere che riducano la produzione di polveri e la conseguente dispersione; si elencano di seguito le specifiche misure di gestione ambientale

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 55 di 62</p>
--	---

del cantiere in riferimento alla matrice aria, distinguendo tra approcci primari (volti a prevenire la formazione di polveri) e secondari (volti a contenere la dispersione di polveri).

*Controllo delle emissioni di polveri da piste e piazzali:*

- Approcci primari: in tutti i cantieri e nelle aree tecniche sarà definito un layout tale da ridurre le aree soggette ad impatto del vento e da contenere il più possibile le distanze di trasporto tramite veicoli su piazzale; le aree di cantiere carrabili saranno tutte pavimentate con pavimentazione bituminosa per essere facilmente pulite.
- Approcci secondari: pulizia con regolarità delle vie di percorrenza con pavimentazione bituminosa; pulizia dei copertoni dei mezzi gommati.

*Controllo delle emissioni di polveri da operazioni di perforazione e trivellazione:*

- Approcci primari: contenere la dispersione di polvere mediante abbattimento ad acqua della polvere generata alla sorgente.
- Approcci secondari: contenere la dispersione di polvere attraverso sistemi di captazione mediante aspirazione localizzata ed abbattimento con sistemi ad umido.

*Controllo delle emissioni da operazioni di demolizione, abbattimento, finitura:*

- Approcci primari: elementi topografici naturali per la protezione del vento ed utilizzo di protezioni antivento; bagnatura del materiale con infusione di acqua prima delle lavorazioni; riduzione dell'altezza e della velocità di caduta; bagnatura del materiale al punto di sollecitazione, bagnatura del materiale in fase di caduta ed abbattimento delle polveri aerodisperse fuggitive.
- Approcci secondari: abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute e fuggitive; cattura mediante sistemi ad aspirazione localizzata della polvere aerodispersa generata.

*Controllo delle emissioni di polveri dallo stoccaggio di materiali in sistemi aperti e chiusi:*

- Approcci primari: utilizzo di depositi di grande volume; utilizzo di bunker, silos e silos/tramogge; utilizzo di tettoie e capannoni.
- Approcci secondari: riduzione delle aree colpite dal vento con ubicazione degli assi longitudinali del cumulo paralleli con la direzione del vento dominante; per quanto possibile cercare di formare un solo cumulo invece di più cumuli; dune, cancellate, piantumazioni per la protezione dei cumuli dal vento; bagnatura degli stoccaggi all'aperto con utilizzo di sostanze leganti resistenti; coperture degli stoccaggi all'aperto con teli impermeabili; solidificazione della superficie con soluzioni a base di polimeri; inerbimento della superficie degli stoccaggi (per stoccaggi a lungo termine).

*Controllo delle emissioni da impianti di produzione di bitume*

- Approcci primari: l'adozione di dispositivi che prevedono una forte diminuzione degli impatti quali carter sulle slitte e sistema a tunnel, che consente il caricamento dei mezzi senza disperdere particolato nell'ambiente, riciclando lo stesso all'interno del sistema di abbattimento a batteria di filtri a tessuto e abbattendo al contempo gli odori percepiti.

Si aggiungono inoltre i seguenti interventi mitigativi di tipo generale:

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 56 di 62</p>
--	--

- la copertura dei carichi che possono essere dispersi in fase di trasporto;
  - particolare attenzione alle modalità ed ai tempi di carico e scarico, alla disposizione dei cumuli di scarico e all'alternanza delle operazioni di stesa;
  - barriere fisiche disposte lungo tutto il perimetro delle aree di lavoro;
  - i mezzi di trasporto dovranno essere di standard emissivo Euro 4 o successivo e sottoposti a continua manutenzione;
  - le attività di scavo e di movimentazione terre dovranno essere interrotte in caso di velocità del vento superiore a 6 m/s; per tale motivo i cantieri saranno dotati di anemometro a norma.
- Le attività di verifica previste per la componente atmosfera dal Piano di Monitoraggio Ambientale garantiranno il controllo dei livelli degli inquinanti.

In corso d'opera, al fine di determinare i livelli di inquinanti atmosferici emessi dalle attività di cantiere, sono state definite dal Piano di Monitoraggio Ambientale le postazioni di misura ATM (rilievo della qualità dell'aria e delle condizioni meteorologiche con mezzo mobile strumentato presso le aree di cantiere) e POLC (rilievo del particolato fine presso le aree di cantiere).

L'ubicazione delle postazioni riferibili alle aree interessate dalle opere in variante è riportata nelle Figure seguenti; si precisa che l'adeguatezza dei punti di monitoraggio è stata verificata in base alla stima degli impatti atmosferici previsti:

i punti ATM01, ATM02 e ATM03, sono stati localizzati rispettivamente in prossimità di POLC01, viadotto VI03 e POLC02, per meglio rappresentare le pressioni di cantiere (Figura 35, Figura 36, Figura 37).



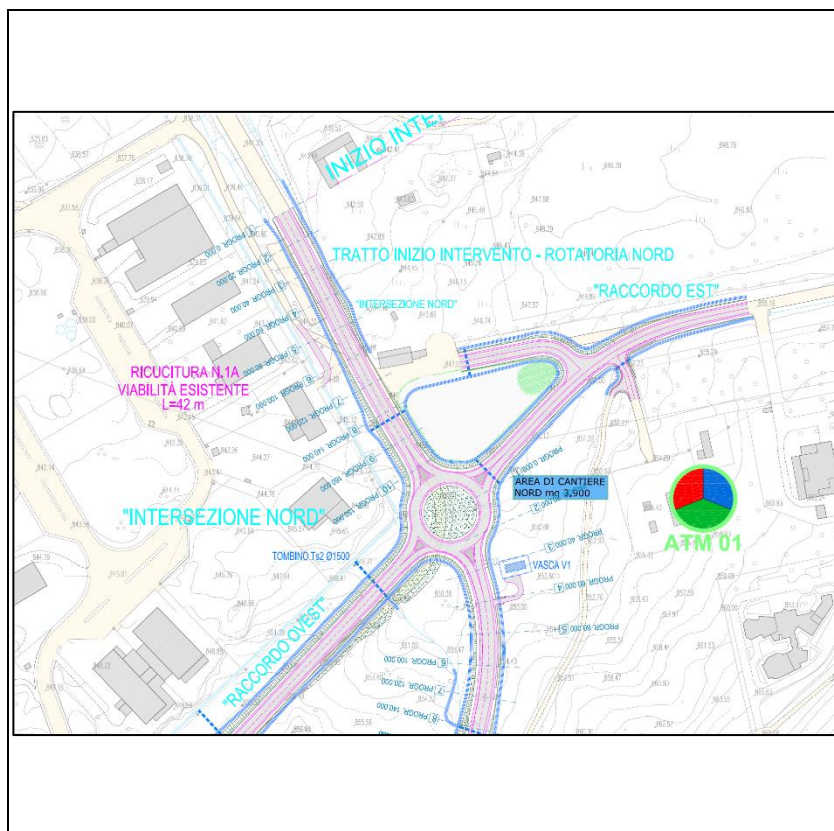


Figura 35 - Localizzazione dei punti di misura componente atmosfera ATM01

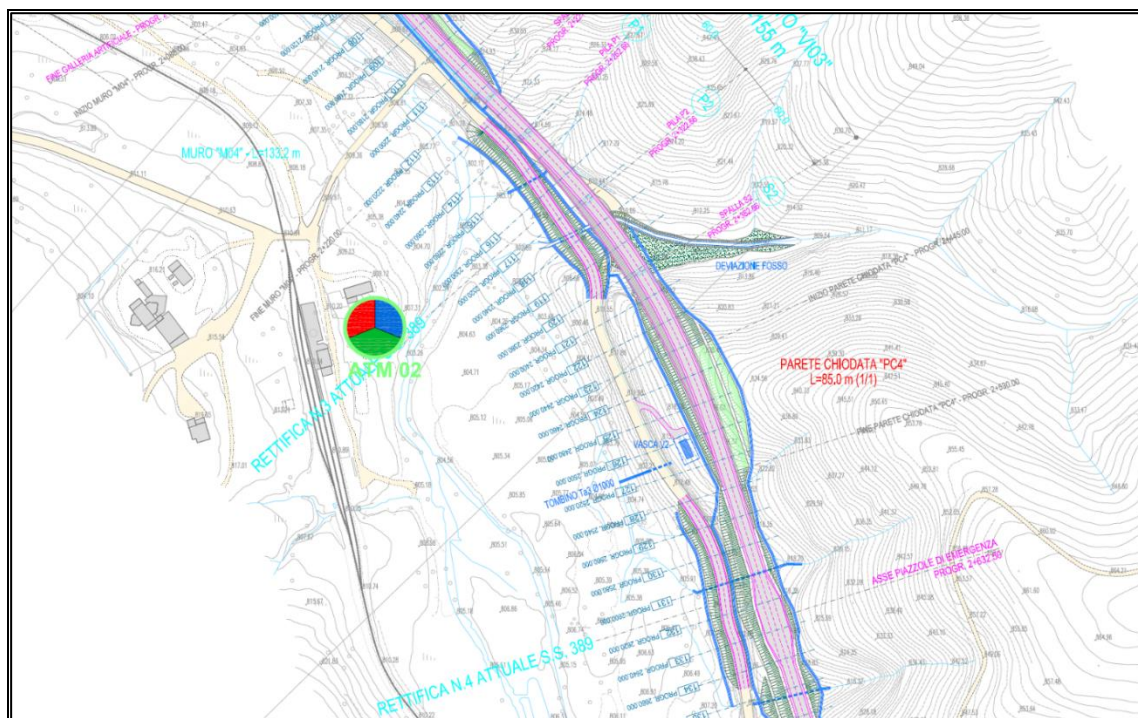


Figura 36 - Localizzazione dei punti di misura componente atmosfera ATM02

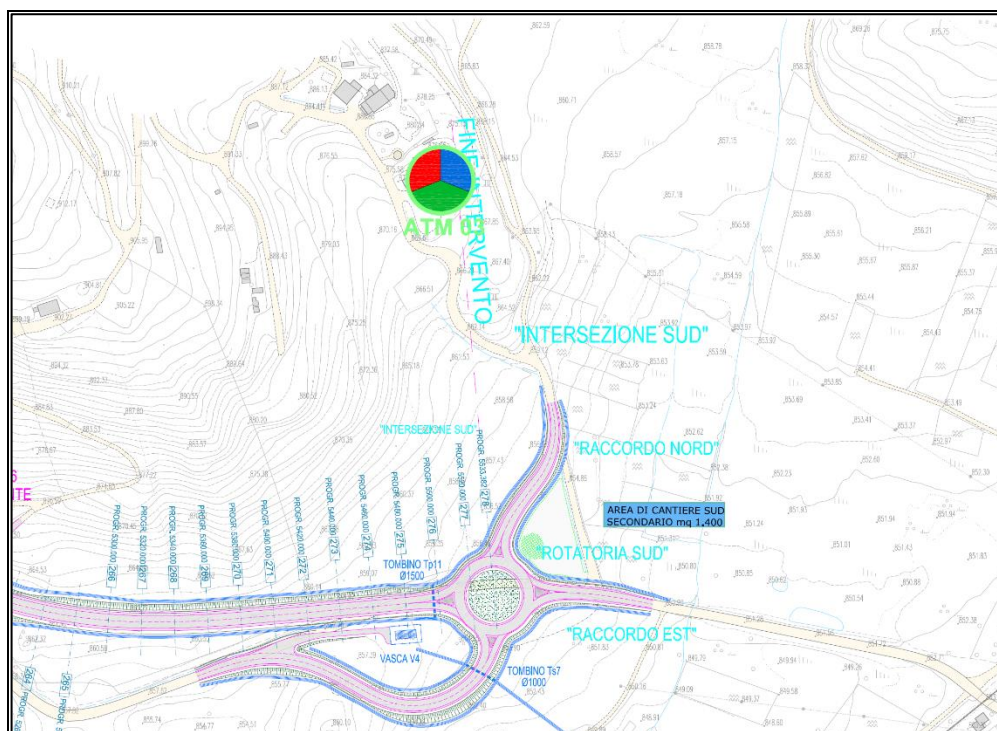


Figura 37 - Localizzazione dei punti di misura componente atmosfera ATM03

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File: T00_EG00_AMB_RE05_A Data: Luglio 2020 Pag. 59 di 62</p>
--	--

Tutti i veicoli, gli impianti e le installazioni per le lavorazioni dei materiali che provochino emissioni di polveri, saranno sottoposte a revisioni generali periodiche, come pure i filtri ed i sistemi di stoccaggio dei materiali polverulenti; i mezzi di cantiere destinati alla movimentazione dei materiali dovranno essere coperti con teli adeguati aventi caratteristiche di resistenza allo strappo e di impermeabilità. Al fine di evitare il sollevamento delle polveri, i mezzi di cantiere dovranno viaggiare a velocità ridotta e dovranno essere lavati giornalmente nell'apposita platea di lavaggio.

Le aree destinate allo stoccaggio temporaneo dei materiali dovranno essere bagnate o in alternativa coperte al fine di evitare il sollevamento delle polveri. In particolare, si dovrà provvedere alla bagnatura del pietrisco prima della fase di lavorazione ed alla bagnatura dei materiali risultanti dalle demolizioni e scavi.

Altro possibile impatto non considerato finora, è la produzione di polvere con la movimentazione dei mezzi nei piazzali con fondo in stabilizzato. E' previsto comunque che i piazzali siano regolarmente bagnati con acqua, probabilmente verrà utilizzata quella contenuta nelle vasche di raccolta delle precipitazioni meteoriche.

Per la valutazione degli effetti mitigativi delle bagnature sulle emissioni di polveri di cantiere, può costituire utile riferimento il contenuto delle Linee Guida ARPAT – All. 1 DGP. 213-09.

In tale documento tecnico vengono descritti gli effetti della bagnatura strade e superfici sterrate di cantiere, descritti sia all'interno dell'AP-42 dell'EPA che nel BREF (paragrafo 4.4.6.12 EIPPCB, 2006: Emissions from storage) relativo alle emissioni da accumuli.

Trattamento della superficie – bagnamento (wet suppression) e trattamento chimico (dust Suppressants).

I costi di tali tecniche di mitigazione sono moderati, ma richiedono applicazioni periodiche e costanti. Esistono due modi per il calcolo indicativo dell'efficienza di mitigazione del bagnamento con acqua del manto stradale sterrato:

a) l'utilizzo della figura successiva, in cui l'efficienza di controllo è calcolata in base al rapporto del contenuto di umidità M tra strada trattata (bagnata) e non trattata (asciutta). M è calcolabile secondo le indicazioni di appendice C.1 e C.2 dell'AP-42 citata. Come è prevedibile più il terreno è asciutto minore è l'efficienza di rimozione. In base all'andamento sperimentale della curva mostrata in figura si considera un valore di riferimento dell'efficienza di controllo del 75%.

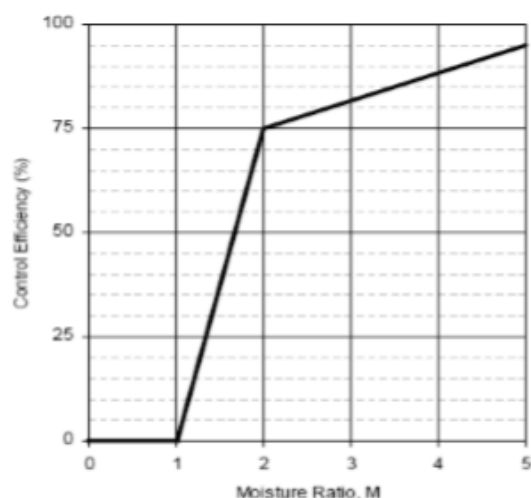


Figura 38 – Curva efficienza bagnatura

b) la formula proposta da Cowherd et al (1998):  $C(\%) = 100 - (0.8 * P * trh * \tau) / I$   
 con:

- C = efficienza di abbattimento del bagnamento (%)
- P = potenziale medio dell'evaporazione giornaliera (mm/h)
- Trh = traffico medio orario (h-1)
- I = quantità media del trattamento applicato (l/m<sup>2</sup>)
- $\tau$  = intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni (h)

L'efficienza media della bagnatura deve essere superiore al 50% e, come è evidente dall'espressione, per raggiungere l'efficienza impostata si può agire sia sulla frequenza delle applicazioni sia sulla quantità di acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario e al potenziale medio di evaporazione giornaliera. Riguardo quest'ultimo, considerando la difficoltà a reperire dati reali, si assume come riferimento il valore medio annuale di un caso-studio riportato nel rapporto EPA (1998)  $P = 0.34 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Per esemplificare il calcolo, si riportano nelle tre tabelle seguenti, i valori dell'intervallo di tempo tra due applicazioni successive  $t(h)$ , considerando diverse efficienze di abbattimento a partire dal 50% fino al 90%, per un intervallo di valori di traffico medio all'ora  $trh$ : inferiore a 5, tra 5 e 10 e superiore a 10.

Tabella 19 – Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive  $\tau(h)$  per un valore di  $trh < 5$ .

Quantità media del	Efficienza di abbattimento
--------------------	----------------------------

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione impatto atmosferico</b>	File: T00_EG00_AMB_RE05_A  Data: Luglio 2020  Pag. 61 di 62
--	--

trattamento applicato l (l/m <sup>2</sup> )	50%	60%	75%	80%	90%
0.1	5	4	2	2	1
0.2	9	8	5	4	2
0.3	14	11	7	5	3
0.4	18	15	9	7	4
0.5	23	18	11	9	5
1	46	37	23	18	9
2	92	74	46	37	18

Tabella 20 -Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive  $\tau$ (h) per un valore di  $\tau_{rh}$  tra 5-10.

Quantità media del trattamento applicato l (l/m <sup>2</sup> )	Efficienza di abbattimento				
	50%	60%	75%	80%	90%
0.1	4-2	3-1	2-1	1	1
0.2	7-4	6-3	4-2	3-1	1
0.3	11-5	9-4	5-3	4-2	2-1
0.4	15-7	12-6	7-4	6-3	3-2
0.5	18-9	15-7	9-5	7-4	4-2
1	37-18	30-15	18-9	15-7	7-4
2	74-37	59-30	37-18	30-15	15-7

Tabella 21 -Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive  $\tau$ (h) per un valore di  $\tau_{rh} > 10$ .

Quantità media del trattamento applicato l (l/m <sup>2</sup> )	Efficienza di abbattimento				
	50%	60%	75%	80%	90%
0.1	2	1	1	1	1
0.2	3	3	2	1	1
0.3	5	4	2	2	1
0.4	7	5	3	3	1
0.5	8	7	4	3	2
1	17	13	8	7	3
2	33	27	17	14	7

Nel caso specifico dei cantieri della SS389, è previsto un flusso di mezzi pesanti per singolo cantiere inferiore a 5 veicoli/ora; con un trattamento di bagnatura di 0,3 l/m<sup>2</sup> si

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione impatto atmosferico</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_EG00_AMB_RE05_A</p> <p>Data: Luglio 2020</p> <p>Pag. 62 di 62</p>
--	---

prevede di ottenere un'efficienza di riduzione delle polveri del 75% con intervallo di applicazione della bagnatura di 7 ore.

## 6. CONCLUSIONI

La presente valutazione previsionale di impatto atmosferico, inerente al progetto di adeguamento della SS389 nella tratta Villagrande Strisaili – Arzana, è stata redatta ai fini dell'iter di assoggettabilità a VIA dell'opera

Per analizzare in dettaglio l'impatto dell'opera sulla matrice atmosfera, sono state svolte modellazioni matematiche di propagazione atmosferica tramite software AERMOD, con le seguenti impostazioni:

- ricostruzione tridimensionale dell'orografia territoriale, dei dati meteorologici rappresentativi dell'area di studio e dello stato di progetto del tracciato stradale SS389;
- definizione delle emissioni inquinanti stradali in base ai dati di traffico di progetto (scenario 2027) ed ai ratei emissivi ricavati da fonti ISPRA (per composizione media del parco macchine nazionale al 2018);
- analisi degli inquinanti PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, benzene e ossidi di azoto espressi come NO<sub>2</sub>;
- calcolo delle diffusioni inquinanti generate da venti provenienti da ovest corrispondente alla condizione prevalente;
- calcolo delle concentrazioni inquinanti su base oraria, giornaliera e annuale, per un coerente confronto con i limiti di qualità dell'aria dettati dal D. Lgs. 155/2010;
- analisi dello stato in corso d'opera di qualità dell'aria e dell'impatto atmosferico dovuto alla formazione di cantieri;
- analisi dello stato attuale di qualità dell'aria (ante operam) e dei risultati delle modellazioni (post operam).

In conclusione, considerando l'assunzione di impostazioni di modellazione ampiamente cautelative, soprattutto in termini di ratei emissivi, le diffusioni inquinanti ottenute per l'opera in progetto rappresentano uno scenario futuro destinato nella realtà ad essere migliorato significativamente; l'evoluzione tecnologica verso veicoli ad alta efficienza e basse emissioni, potrà di fatto compensare le emissioni da traffico veicolare previsto al 2027-2037, così da non alterare lo stato di qualità dell'aria nella zona di studio oggetto di intervento.