

NUOVA S.S.125/133bis OLBIA-PALAU
Tratta Olbia Nord al km 330+800 San Giovanni
Adeguamento al tipo B (4 corsie)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

cod. CA152

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA:
Ing. Antonio Scalamandrè
Ordine Ing. di Frosinone n. 1063

IL GEOLOGO
Geol. Roberto Laureti
Ordine Geol. del Lazio n. 1826

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
Arch. Roberto Roggi

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Ing. Francesco Ruggieri

PROTOCOLLO

DATA

RIESAME DEL PROVVEDIMENTO DI VALUTAZIONE AMBIENTALE (CTVIA 11/05/2004)

ANALISI AMBIENTALI

Relazione - Studio atmosferico

CODICE PROGETTO		NOME FILE	PROGR. ELAB.	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	0401_T00IA00AMBRE03A	0401		
D P C A 0 1 5 2	P 2 1	CODICE ELAB. T 0 0 I A 0 0 A M B R E 0 3		A	-
D					
C					
B					
A	EMISSIONE		Gen 2022		
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1	SINTESI CONTENUTISTICA E METODOLOGICA	1
2	LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2.1	DECRETO LEGISLATIVO DEL 13 AGOSTO 2010, N.155	4
3	L'ANALISI METEO CLIMATICA	6
3.1	ASPETTI GENERALI	6
3.2	IL DATO STORICO: ANDAMENTO 2010-2019	7
3.2.1	FONTE E STAZIONE METEOROLOGICA DI RIFERIMENTO	7
3.2.2	REGIME TERMICO	7
3.2.3	REGIME PLUVIOMETRICO	7
3.2.4	REGIME ANEMOMETRICO	8
3.3	IL DATO METEOROLOGICO ATTUALE: 2019	9
3.3.1	REGIME TERMICO	9
3.3.2	REGIME PLUVIOMETRICO	10
3.3.3	REGIME ANEMOMETRICO	11
3.3.4	PRESSIONE	13
3.4	IL CONFRONTO TRA IL DATO STORICO E L'ANNO DI RIFERIMENTO DELLE SIMULAZIONI	13
3.4.1	PARAMETRI DI CONFRONTO	13
3.4.2	REGIME TERMICO	13
3.4.3	REGIME ANEMOMETRICO	14
3.4.4	CONCLUSIONI	15
4	ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	16
4.1	PIANO DI RISANAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E ZONIZZAZIONE	16
4.2	MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	18
4.3	PARTICOLATO	20
4.3.1	PM 10	21
4.4	OSSIDI DI AZOTO: NOX	21
4.4.1	BIOSSIDI DI AZOTO: NO2	22
4.5	MONOSSIDO DI CARBONIO E BENZENE	22
4.5.1	MONOSSIDO DI CARBONIO: CO	23
4.5.2	BENZENE: C ₆ H ₆	23
5	I MODELLI DI SIMULAZIONE UTILIZZATI	24
5.1	COPERT 5	24
5.2	AERMOD VIEW	25
6	LO SCENARIO DI ESERCIZIO ATTUALE: ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI	29
6.1	AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI	29
6.1.1	GLI INPUT OROGRAFICI	29
6.1.2	GLI INPUT METEOROLOGICI	29
6.2	AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI	31

6.2.1	AREA DI STUDIO E INFRASTRUTTURA DI PROGETTO	31
6.2.2	METODOLOGIA DI ANALISI PER IL CALCOLO DEI FATTORI DI EMISSIONE	32
6.2.3	COMPOSIZIONE DEL PARCO VEICOLARE CIRCOLANTE	32
6.2.4	VOLUMI E VELOCITÀ DEL TRAFFICO CIRCOLANTE	34
6.2.5	I FATTORI DI EMISSIONE	34
6.3	I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI	36
7	LO SCENARIO DI ESERCIZIO DI PROGETTO: ANALISI DELLA CONCENTRAZIONI	37
7.1	AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI	37
7.1.1	GLI INPUT OROGRAFICI	37
7.1.2	GLI INPUT METEOROLOGICI	37
7.2	AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI	37
7.2.1	L'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO	37
7.2.2	METODOLOGIA DI ANALISI PER IL CALCOLO DEI FATTORI DI EMISSIONE	38
7.2.3	COMPOSIZIONE DEL PARCO VEICOLARE CIRCOLANTE	38
7.2.4	LE SORGENTI SIMULATE	39
7.2.5	VOLUMI E VELOCITÀ DEL TRAFFICO CIRCOLANTE	39
7.2.6	I FATTORI DI EMISSIONE	39
7.3	I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI	42
8	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO	42
8.1	I RICETTORI DI RIFERIMENTO	42
8.2	I PUNTI RICETTORI	43
8.3	LA MAGLIA DI CALCOLO	43
8.4	VALUTAZIONE DELLE SIMULAZIONI	43
8.5	LE VALUTAZIONI SUI RICETTORI DI RIFERIMENTO	48
9	LE INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE	51
9.1	GLI INPUT TERRITORIALI	51
9.1.1	I DATI OROGRAFICI	51
9.1.2	I DATI METEOROLOGICI	51
9.2	GLI INPUT PROGETTUALI	51
9.2.1	LA METODOLOGIA DEL WORST CASE SCENARIO	51
9.2.2	LA DEFINIZIONE DELLE SORGENTI EMISSIVE DI CANTIERE	52
9.3	LA METODOLOGIA DI RIFERIMENTO	53
9.4	I FATTORI DI EMISSIONE	53
9.4.1	SCENARIO 1	54
9.4.1.1	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI AL CARICO E SCARICO DEL MATERIALE NEL CANTIERE OPERATIVO	54
9.4.1.2	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI AL TRASPORTO SU STRADA NON PAVIMENTATA CANTIERE OPERATIVO	55
9.4.1.3	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI ALL'EROSIONE DEL VENTO SUI CUMULI NEL CANTIERE OPERATIVO	55

9.4.1.4	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI ALLO SCARICO DEL MATERIALE NEL FRONTE AVANZAMENTO LAVORI	58
9.4.1.5	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI AL TRASPORTO SU STRADA NON PAVIMENTATA FRONTE AVANZAMENTO LAVORI	59
9.4.1.6	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI ALLA FASE DI REALIZZAZIONE DEL RILEVATO	59
9.4.2	SCENARIO 2	60
9.4.2.1	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI AL CARICO E SCARICO DEL MATERIALE NEL CANTIERE OPERATIVO	60
9.4.2.2	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI AL TRASPORTO SU STRADA NON PAVIMENTATA CANTIERE OPERATIVO	61
9.4.2.3	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI ALL'EROSIONE DEL VENTO SUI CUMULI NEL CANTIERE OPERATIVO	61
9.4.2.4	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI ALLO SCARICO DEL MATERIALE NEL FRONTE AVANZAMENTO LAVORI	64
9.4.2.5	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI AL TRASPORTO SU STRADA NON PAVIMENTATA FRONTE AVANZAMENTO LAVORI	65
9.4.2.6	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI ALL'ATTIVITÀ DI SBANCAMENTO	65
9.4.3	SCENARIO 3	66
9.4.3.1	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI ALLO SCARICO DEL MATERIALE NEL FRONTE AVANZAMENTO LAVORI	66
9.4.3.2	I FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI AL TRASPORTO SU STRADA NON PAVIMENTATA FRONTE AVANZAMENTO LAVORI	67
9.5	I FATTORI DI EMISSIONE MEDI CALCOLATI PER LE SORGENTI	68
9.6	I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI	68
9.7	BEST PRACTICE PER IL CANTIERE	70
9.7.1	MISURE DI CONTENIMENTO DELLE POLVERI NELLA FASE DI TRANSITO SU STRADA NON PAVIMENTATA	71
9.7.2	I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI CON MITIGAZIONI	72

1 SINTESI CONTENUTISTICA E METODOLOGICA

L'analisi conoscitiva della componente "Atmosfera" ha riguardato una serie di aspetti di fondamentale importanza per la valutazione degli impatti potenziali dell'opera in progetto sulla componente stessa, effettuati attraverso il modello di simulazione AERMOD View.

Nello specifico le fasi che hanno caratterizzato tale studio sono le seguenti:

- analisi meteo-climatica;
- analisi della qualità dell'aria;
- scelta dei modelli di simulazione per la determinazione delle emissioni e delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera;
- determinazione delle emissioni e delle concentrazioni allo scenario di esercizio ante operam;
- determinazione delle emissioni e delle concentrazioni allo scenario di esercizio post operam (2025);
- analisi delle interferenze in fase di cantiere.

Il processo logico operativo dell'analisi della componente atmosfera ha pertanto riguardato, in primis, l'analisi meteo-climatica partendo dal dato storico elaborato a partire dalla centralina di Olbia Aeroporto, considerando l'arco temporale dal 2009 al 2019. Tale analisi ha permesso di caratterizzare il regime termico, pluviometrico e anemometrico con l'obiettivo di avere un quadro meteo-climatico storico di riferimento.

Medesimo studio è stato svolto con i dati meteo-climatici utilizzati per le simulazioni previsionali, relativi all'anno 2019, prendendo come riferimento la stessa centralina di rilevamento, rappresentativa delle condizioni climatiche circostanti, che nel caso in esame corrisponde alla centralina di Olbia Aeroporto.

Dal confronto di queste due analisi meteo-climatiche è stato possibile valutare la bontà del dato meteo utilizzato per le simulazioni, al fine di escludere la possibilità che il 2019 fosse un outliers.

Dopo aver definito lo stato meteo-climatico dell'area, si è proceduto a simulare gli scenari caratterizzanti l'esercizio dell'opera in esame. Il calcolo è stato eseguito con due orizzonti progettuali e temporali:

- stato attuale (anno di riferimento 2019)
- stato di progetto (anno di riferimento 2034)

La simulazione è avvenuta mediante il software AERMOD View, in concomitanza con AERMET View per gli input meteorologici, mentre per la valutazione dei fattori di emissione medi ci si è avvalsi del software COPERT 5.

Il flusso veicolare che transita su una strada è causa dell'emissione in atmosfera di sostanze inquinanti. La quantità di inquinante emesso dipende direttamente dall'intensità del traffico e dalla tipologia di veicolo; il destino delle sostanze inquinanti dipende dalle caratteristiche meteo degli strati più bassi dell'atmosfera, dove si realizza la diluizione degli inquinanti emessi.

Lo studio relativo all'emissione e propagazione degli inquinanti è finalizzato a verificare i valori dei livelli di inquinamento indotti nelle zone abitate adiacenti all'infrastruttura stradale.

In particolare lo studio si propone di analizzare l'impatto del traffico stradale sulla componente atmosferica e di definire le variazioni di emissioni inquinanti tra lo stato attuale e lo scenario di progetto. Nello specifico, gli inquinanti oggetto di studio sono:

- NOX
- CO
- C6H6
- PM 10
- PM 2,5

Per quanto riguarda la simulazione della fase di cantiere, è stata effettuata l'analisi sulle concentrazioni di PM10 e PM2.5 prodotte dallo scenario di cantiere ritenuto più critico in termini di dispersione di polveri in atmosfera. Per tale analisi è stato utilizzato sempre il modello di calcolo Aermod View, attraverso il quale è stato possibile stimare i livelli di concentrazione del particolato, generati dalle principali attività di cantiere legate alla movimentazione della terra, caratterizzate dalla demolizione e sbancamento dell'asse stradale, dal carico e scarico del materiale scavato, nonché dalla presenza stessa dei cumuli di materiale nell'area di stoccaggio.

Nel proseguo della trattazione verranno descritte nel dettaglio le simulazioni condotte, nonché i risultati delle stesse, opportunamente elaborati.

2 LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'Unione Europea negli anni ha emanato una serie di direttive al fine di controllare il livello di alcuni inquinanti in aria. In particolare, si evidenziano le seguenti Direttive:

- Direttiva 96/62/CE relativa alla “valutazione e gestione della qualità dell’aria ambiente”; stabilisce il contesto entro il quale effettuare la valutazione e la gestione della qualità dell’aria secondo criteri armonizzati in tutti i paesi dell’unione europea (direttiva quadro), demandando poi a direttive “figlie” la definizione dei parametri tecnico-operativi specifici per gruppi di inquinanti;
- Direttiva 99/30/CE relativa ai “valori limite di qualità dell’aria ambiente per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo”, stabilisce i valori limite di qualità dell’aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo (prima direttiva figlia);
- Direttiva 00/69/CE relativa ai “valori limite di qualità dell’aria ambiente per benzene ed il monossido di carbonio”, stabilisce i valori limite di qualità dell’aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio (seconda direttiva figlia);
- Direttiva 02/03/CE relativa all’“ozono nell’aria” (terza direttiva figlia);
- Direttiva 2001/81/CE relativa ai limiti massimi per le emissioni annue degli Stati membri di biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), composti organici volatili non metanici (COV) e ammoniaca (NH₃);
- Direttiva 04/107/CE relativa all’“arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici in aria” che fissa il valore obiettivo per la concentrazione nell’aria ambiente di arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici;
- Direttiva 08/50/CE 107/CE relativa alla “qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa”. Ha abrogato tutte le direttive sopra citate tranne la 2004/107/CE ribadendone, di fatto, i contenuti ed aggiungendo il PM_{2.5} tra gli inquinanti da monitorare.
- Direttiva Europea UE 2016/2284 pubblicata sulla GU.U.E. del 17/12/2016 ed entrata in vigore il 31.12.2016. La cosiddetta “NEC” stabilisce i nuovi obiettivi strategici per il periodo fino al 2030, con l’intento di progredire verso l’obiettivo di miglioramento di lungo termine dell’Unione attraverso l’indicazione di percentuali di riduzione delle emissioni nazionali dal 2020 al 2029 e poi a partire dal 2030.

L’emanazione dei diversi decreti di recepimento delle direttive europee ha contribuito a razionalizzare il quadro di riferimento e a qualificare gli strumenti di controllo e pianificazione del territorio nazionale. I principali riferimenti sono:

- Il D. Lgs. 351 del 4 agosto 1999 recepisce la direttiva 96/62/CE e costituisce quindi il riferimento “quadro” per l’attuale legislazione italiana;
- Il D.M. 60 del 2 aprile 2002 è la norma che recepisce la prima e la seconda direttiva figlia; definisce, infatti, per gli inquinanti di cui al gruppo I del D.Lgs. 351/1999 con l’aggiunta di benzene e monossido di carbonio (CO); i valori limite e le soglie di allarme, il margine di tolleranza, il termine entro il quale il limite deve essere raggiunto, i criteri per la raccolta dei dati di qualità dell’aria compreso il numero di punti di campionamento, i metodi di riferimento per le modalità di prelievo e di analisi;
- Il D.M. 261 dell’1 ottobre 2002 individua le modalità di valutazione preliminare della qualità dell’aria lì dove mancano i dati e i criteri per l’elaborazione di piani e programmi per il raggiungimento dei limiti previsti nei tempi indicati dal D.M. 60/2002;

- Il D. Lgs. 183 del 21 maggio 2004, recepisce la direttiva europea 02/03/CE riguardante l'ozono in atmosfera (terza direttiva figlia), in particolare indica "valori bersaglio" da raggiungere entro il 2010, demanda a Regioni e Province autonome la definizione di zone e agglomerati in cui la concentrazione di ozono superi il valore bersaglio; per tali zone dovranno essere adottati piani e programmi per il raggiungimento dei valori bersaglio. Piani e programmi dovranno essere redatti sulla base delle indicazioni del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. La normativa riporta anche valori a lungo termine (al di sotto dei quali non ci si attende alcun effetto sulla salute), soglie di informazione (valori al di sopra dei quali possono esserci rischi per gruppi sensibili) e soglie di allarme (concentrazioni che possono determinare effetti anche per esposizioni a breve termine);
- Il D. Lgs. 171 del 21 maggio 2004, recepisce la direttiva europea 2001/81/CE, riguardante i limiti massimi per le emissioni annue degli Stati membri, individua gli strumenti per assicurare che le emissioni nazionali annue per il biossido di zolfo, per gli ossidi di azoto, per i composti volatili e per l'ammoniaca, rispettivamente entro il 2010 e negli anni successivi i limiti nazionali di emissione;
- Il D.Lgs. 152/2007 (che recepisce la direttiva 2004/107/CE) è l'ultima norma figlia emanata e si riferisce ad un gruppo di inquinanti (l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), per cui non è ancora possibile una misura in continuo e che si trovano prevalentemente all'interno del particolato sottile. Anche in questo caso vengono stabiliti i limiti di qualità dell'aria, le modalità di misura e le informazioni da fornire al pubblico.

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

2.1 DECRETO LEGISLATIVO DEL 13 AGOSTO 2010, N.155

Il DLgs 155/2010 costituisce l'attuazione della direttiva comunitaria 2008/50/CE circa la valutazione della qualità dell'aria ambiente, la sua gestione, nonché il suo miglioramento. Quest'unica norma sostituisce sia la legge quadro (DL 351/99) sia i decreti attuativi (che fornivano modalità di misura, indicazioni sul numero e sulla collocazione delle postazioni di monitoraggio, limiti e valori di riferimento per i diversi inquinanti) ribadendo i fondamenti del controllo dell'inquinamento atmosferico e i criteri di monitoraggio e introducendo, in base alle nuove evidenze epidemiologiche, tra gli inquinanti da monitorare anche il PM2.5, ormai ben noto per la sua pericolosità.

Il Decreto stabilisce per le sostanze inquinanti i seguenti criteri:

- i valori limite, vale a dire le concentrazioni atmosferiche fissate in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana e sull'ambiente;
- le soglie di allarme, ossia la concentrazione atmosferica oltre la quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e per cui si deve immediatamente intervenire;
- il margine di tolleranza, cioè la percentuale del valore limite nella cui misura tale valore può essere superato e le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo;
- il termine entro il quale il valore limite deve essere raggiunto;
- la soglia di valutazione superiore vale a dire la concentrazione atmosferica al di sotto della quale le misurazioni possono essere combinate con le tecniche di modellazione;

- la soglia di valutazione inferiore, ossia una concentrazione atmosferica al di sotto della quale è consentito ricorrere soltanto alle tecniche di modellazione o di stima oggettiva;
- i periodi di media, cioè il periodo di tempo durante il quale i dati raccolti sono utilizzati per calcolare il valore riportato.

Nell'allegato XI al decreto, vengono riportati i valori limite, i livelli critici, le soglie di allarme e di informazione e i valori obiettivo degli inquinanti normati.

Tale decreto ha subito delle leggere modifiche in base al nuovo Decreto Legislativo 24 dicembre 2012, n. 250 "Modifiche ed integrazioni al Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" (G.U. n. 23 del 28.01.2013), entrato in vigore il 12 febbraio 2013.

Nella seguente tabella si riportano i limiti per le concentrazioni degli inquinanti presi a riferimento per stabilire la qualità dell'aria su territorio nazionale sopra accennati:

Inquinante	Indicatore Normativo	Periodo di media-	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° sup. consentiti
Biossido di Zolfo SO ₂	Valore limite protezione salute umana	1 ora	350 µg/m ³	-	24
	Valore limite protezione salute umana	24 ore	125 µg/m ³	-	3
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	500 µg/m ³	-	-
	Livelli critici per la vegetazione	anno civile e inverno	20 µg/m ³	-	-
Biossido di azoto NO ₂	Valore limite protezione salute umana	1 ora	200 µg/m ³	-	18
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	40 µg/m ³	-	-
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	400 µg/m ³	-	-
Ossidi di azoto NO _x	Livelli critici per la vegetazione	anno civile	30 µg/m ³	-	-
Particolato PM ₁₀	Valore limite protezione salute umana	24 ore	50 µg/m ³	-	35
	Valore limite protezione sa-	anno civile	40 µg/m ³	-	-

Inquinante	Indicatore Normativo	Periodo di mediazione	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° sup. consentiti
	Indicatore Normativo	Periodo di mediazione	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° sup. consentiti
Particolato fine PM2.5	Valore limite protezione salute umana	anno civile	25 µg/m ³	-	-
Piombo	Valore limite protezione salute umana	anno civile	0,5 µg/m ³		
Benzene	Valore limite protezione salute umana	anno civile	5 µg/m ³	-	-
Monossido di carbonio	Valore limite protezione salute umana	massima media su 8h consecutive	10 mg/m ³	-	-
Arsenico	Valore obiettivo	anno civile	6 ng/m ³	-	-
Cadmio	Valore obiettivo	anno civile	5 ng/m ³	-	-
Nichel	Valore obiettivo	anno civile	20 ng/m ³	-	-
Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	anno civile	1 ng/m ³	-	-

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

Il Decreto attribuisce alle Regioni e alle Province autonome la competenza da adottare, a seguito della valutazione della qualità dell'aria, specifici piani nel caso del superamento dei valori limite con interventi di riduzione delle emissioni inquinanti per il raggiungimento di tali valori entro i termini previsti e misure per il perseguimento dei valori obiettivo e per il mantenimento della qualità dell'aria nonché piani per la riduzione del rischio di superamento dei valori limite, dei valori obiettivo e delle soglie di allarme.

3 L'ANALISI METEO CLIMATICA

3.1 ASPETTI GENERALI

Uno degli aspetti fondamentali per l'analisi della componente in esame, riguarda l'aspetto meteorologico dell'area di studio. Tale analisi è strutturata in due fasi consequenziali: in primis occorre analizzare dal punto di vista "storico" il contesto di intervento, definendo in un arco temporale ampio le condizioni climatiche che hanno caratterizzato l'area interessata dall'iniziativa progettuale in esame, secondariamente occorre analizzare il dato meteorologico di riferimento per le simulazioni modellistiche dell'area di intervento al fine di verificarne la coerenza con il dato storico.

In questo modo sarà possibile validare il dato utilizzato e verificare che le simulazioni effettuate non facciano riferimento ad outliers meteorologici che potrebbero inficiare l'intero processo di analisi.

La presente trattazione pertanto sarà divisa in due paragrafi principali: "il dato storico" che descrive l'analisi nell'arco temporale di riferimento 2009-2019 e l'analisi dei "dati di simulazione" corrispondenti allo stato attuale per il quale è stato preso a riferimento l'anno 2019.

3.2 IL DATO STORICO: ANDAMENTO 2010-2019

3.2.1 Fonte E Stazione Meteorologica Di Riferimento

Per la caratterizzazione meteorologica dell'area in esame sono stati acquisiti i dati meteorologici disponibili per gli anni 2009-2019.

Nei paragrafi successivi verranno analizzati separatamente diversi indicatori climatici appartenenti a tre categorie: Temperature, Precipitazioni e Venti.

Per il rilevamento dei dati meteorologici, necessari per condurre le simulazioni modellistiche, è stata scelta la stazione meteo più vicina all'area oggetto di studio e per la quale erano disponibili i dati necessari alle analisi. Si tratta, pertanto, della stazione meteorologica di Olbia Aeroporto (LAT 40°54'06.51"N LON 9°31'34.42"E).

3.2.2 Regime Termico

Per la caratterizzazione meteorologica dell'area in esame sono stati acquisiti i dati meteorologici disponibili per gli anni 2009-2019.

Nei paragrafi successivi verranno analizzati separatamente diversi indicatori climatici appartenenti a tre categorie: Temperature, Precipitazioni e Venti.

Per il rilevamento dei dati meteorologici, necessari per condurre le simulazioni modellistiche, è stata scelta la stazione meteo più vicina all'area oggetto di studio e per la quale erano disponibili i dati necessari alle analisi. Si tratta, pertanto, della stazione meteorologica di Olbia Aeroporto (LAT 40°54'06.51"N LON 9°31'34.42"E).

3.2.3 Regime Pluviometrico

Il regime pluviometrico è definito attraverso i dati registrati e riportati nella Tabella 2 e nella Figura 1.

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
122.00	113.04	125.58	81.00	87.56	31.89	26.34	25.91	75.46	127.36	169.22	97.12

Tabella 2 Precipitazione mensile media in mm

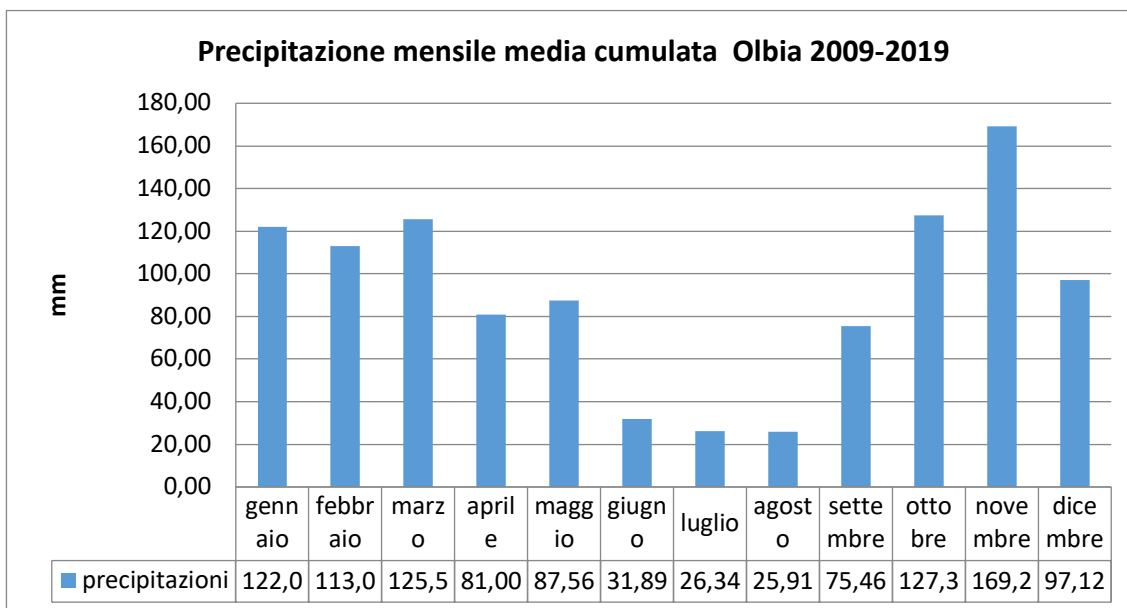


Figura 1 Precipitazione cumulativa mensile media

È possibile notare come il mese con la media mensile più elevata sia novembre con più di 169.22 mm di precipitazione, mentre il mese maggiormente asciutto è agosto con un valore di circa 25.91 mm.

Lo studio è stato condotto anche per quanto riguarda l'umidità percentuale media mensile per il periodo 2009-2019, come mostrato in Figura 2.

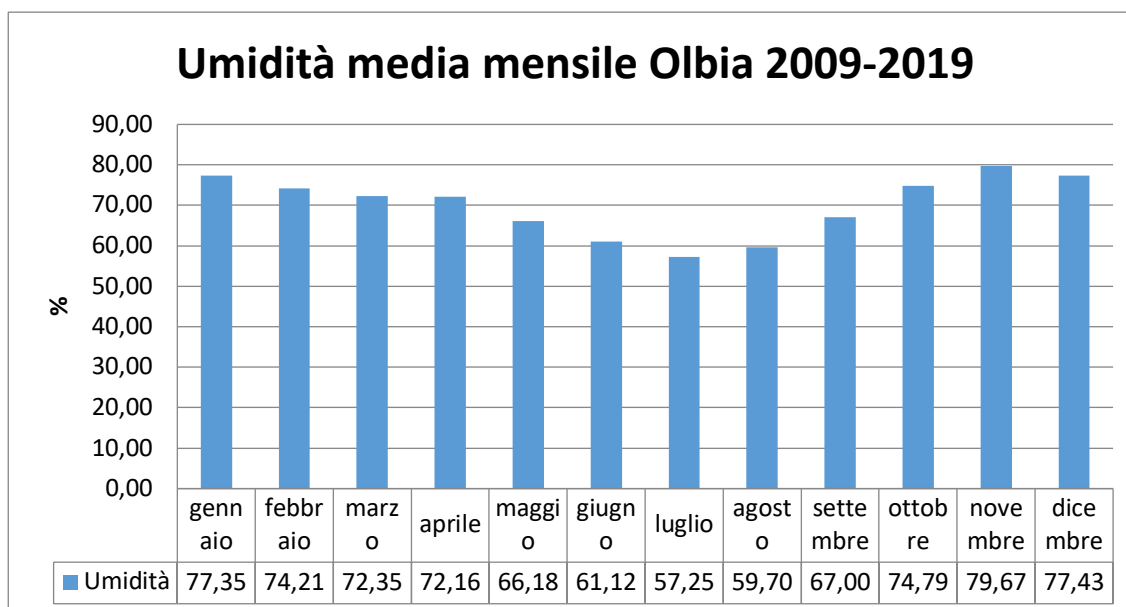


Figura 2 Umidità percentuale media mensile

3.2.4 Regime Anemometrico

Facendo riferimento ai dati relativi al vento è possibile identificarne l'intensità espressa in m/s. in questo caso la disponibilità dei dati è a partire dal 2011 e non dal 2009. I valori registrati sono sinteticamente riportati nella seguente tabella e graficati nella Figura 3.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
intensità (m/s)	4.10	3.63	4.65	3.57	4.36	3.59	3.95	3.48	3.90	3.50	3.57	4.63

Tabella 3 Andamento del regime anemometrico

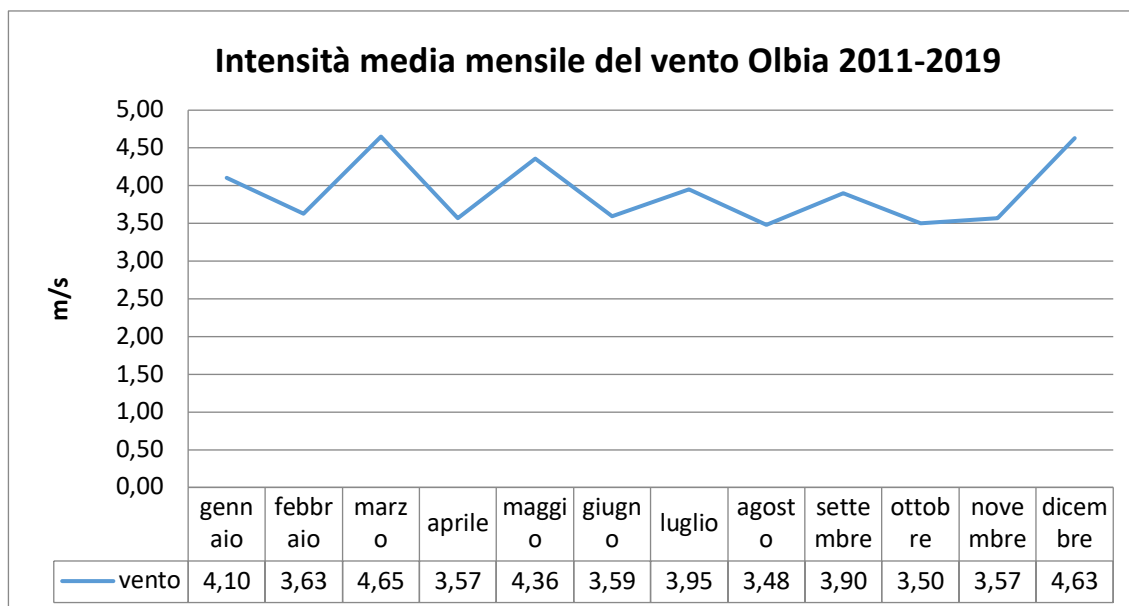


Figura 3 Andamento del regime anemometrico

È possibile notare come l' intensità media sia intorno a 3.91 m/s.

3.3 IL DATO METEOROLOGICO ATTUALE: 2019

Per la caratterizzazione meteorologica dell'area in esame sono stati acquisiti i dati meteorologici disponibili per l'anno 2019.

3.3.1 Regime Termico

Per quanto riguarda le temperature nell'anno di riferimento, come visibile dalla Figura 4 si registrano temperature maggiori nei mesi estivi di giugno, luglio e agosto, con un massimo assoluto di 34 ° C nel mese di giugno.

I mesi più freddi sono dicembre, gennaio e febbraio, registrando un minimo assoluto pari a 3° C nel mese di gennaio. In generale, la media annua è pari a circa 17.65° C.

Di seguito, in Figura 5, è mostrato anche l'andamento medio mensile della temperatura.

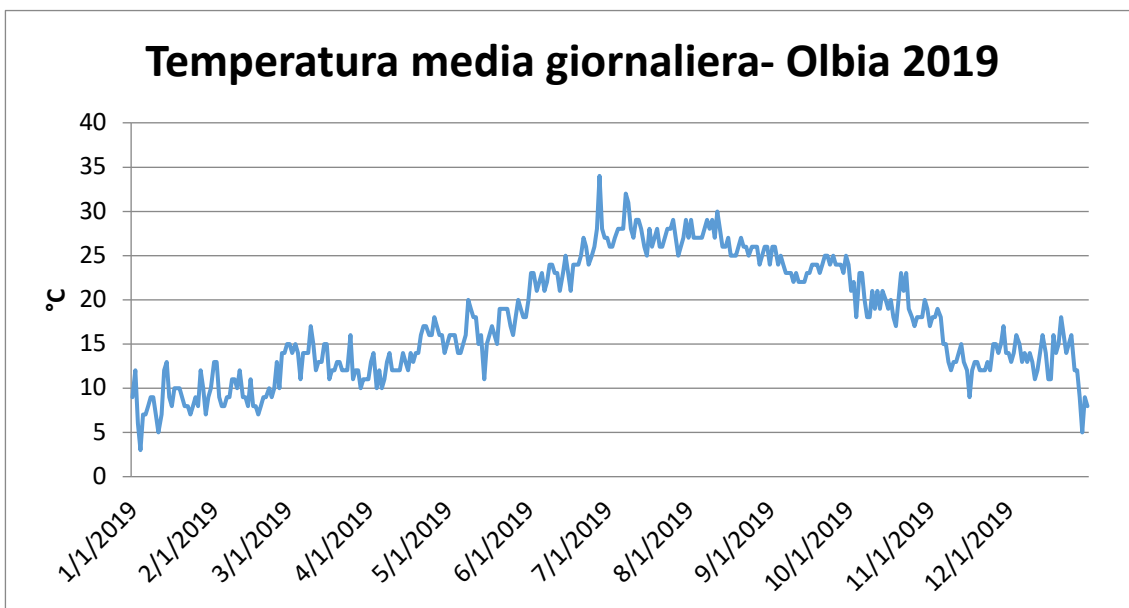


Figura 4 Temperatura media giornaliera

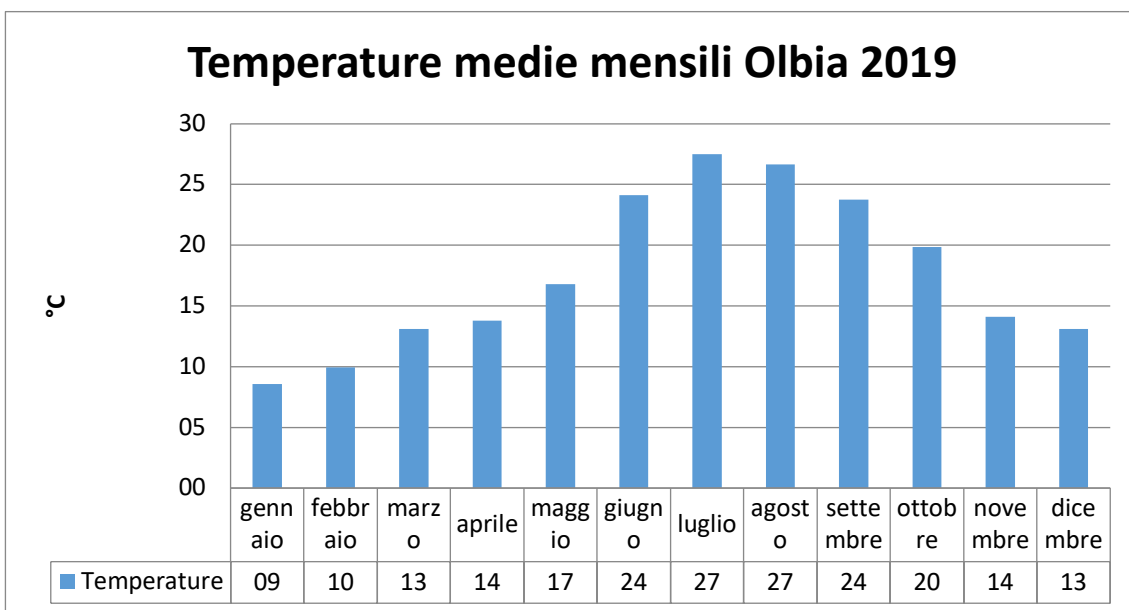


Figura 5 Temperatura media mensile

3.3.2 Regime Pluviometrico

A partire dai dati giornalieri forniti dalla centralina di Olbia Aeroporto, è stato calcolato l'andamento delle precipitazioni cumulate mensili per il 2019 (Figura 6).

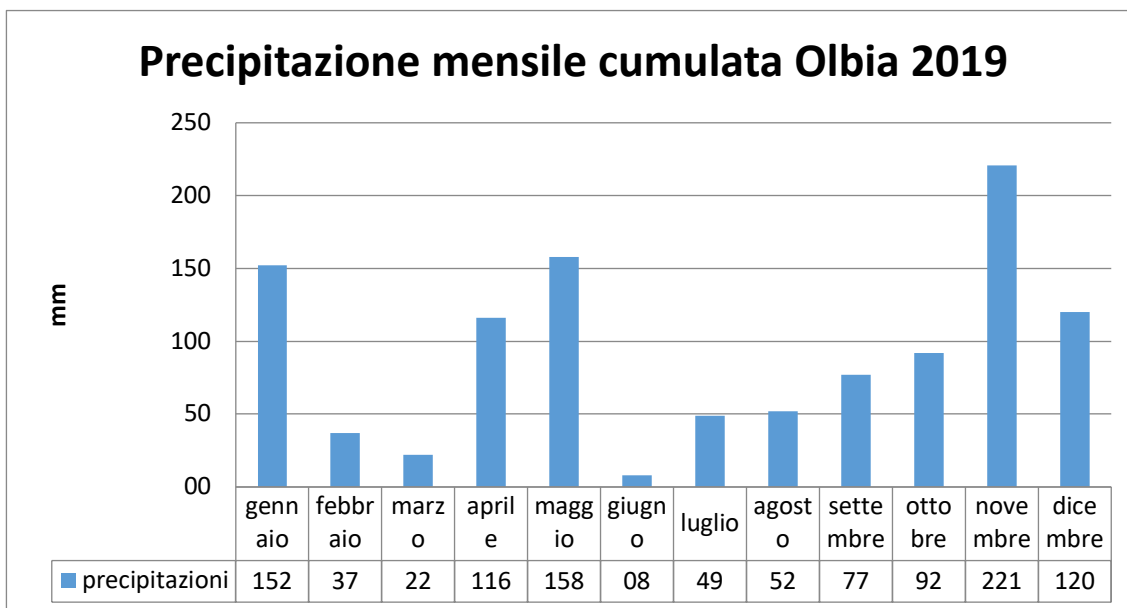


Figura 6 Precipitazioni mensili cumulate

È stata inoltre condotta un'analisi anche sull'andamento dell'umidità percentuale media, i cui dati sono mostrati in Figura 7.

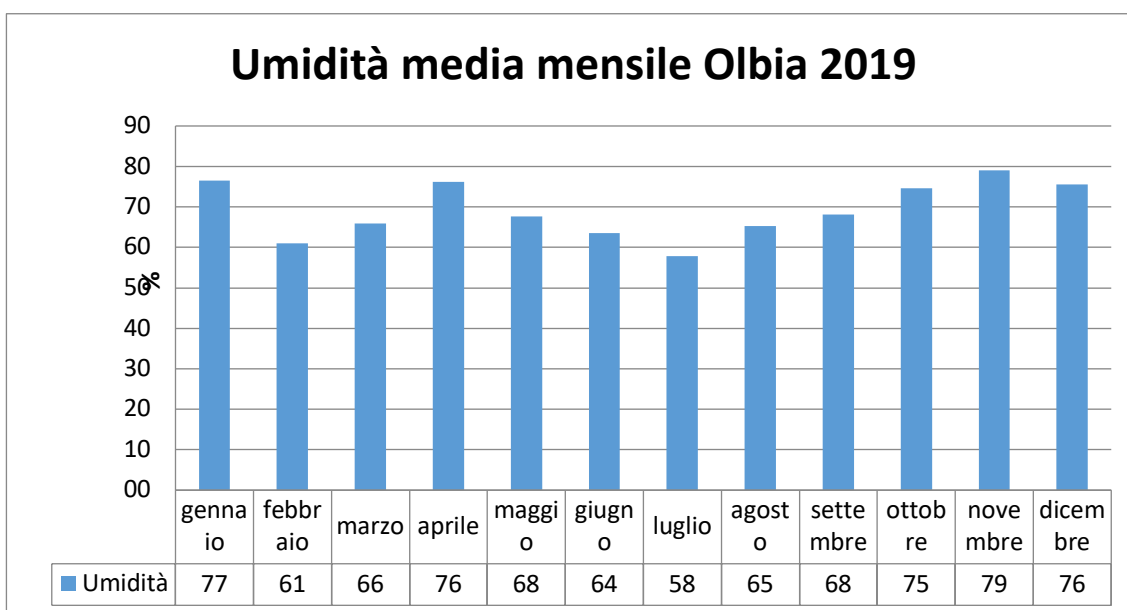


Figura 7 Umidità media mensile

3.3.3 Regime Anemometrico

Il vento influisce in modo rilevante sulle dinamiche di dispersione in atmosfera: venti intensi causano l'allontanamento delle sostanze emesse dalla sorgente disperdendole rapidamente, mentre venti deboli, spesso associati a perduranti condizioni anticicloniche, favoriscono l'accumulo delle sostanze inquinanti. Inoltre l'interazione del campo di vento con la superficie terrestre genera turbolenza di origine meccanica e

le disomogeneità del terreno inducono lo sviluppo di dinamiche locali che si sovrappongono alla struttura generale della circolazione atmosferica influenzando in modo significativo la dispersione.

Per l'anno 2019 sono stati elaborati, con i dati forniti dalla centralina di Olbia Aeroporto, i grafici della velocità media e della rosa dei venti, come mostrato di seguito nella Figura 8 e nella Figura 9.

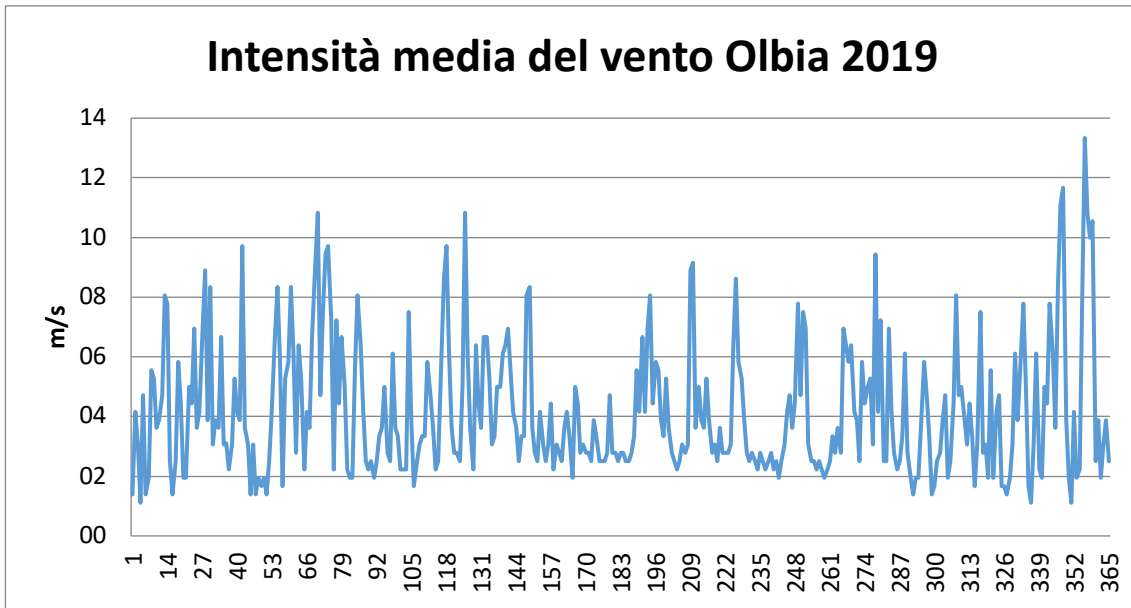


Figura 8 Velocità media del vento

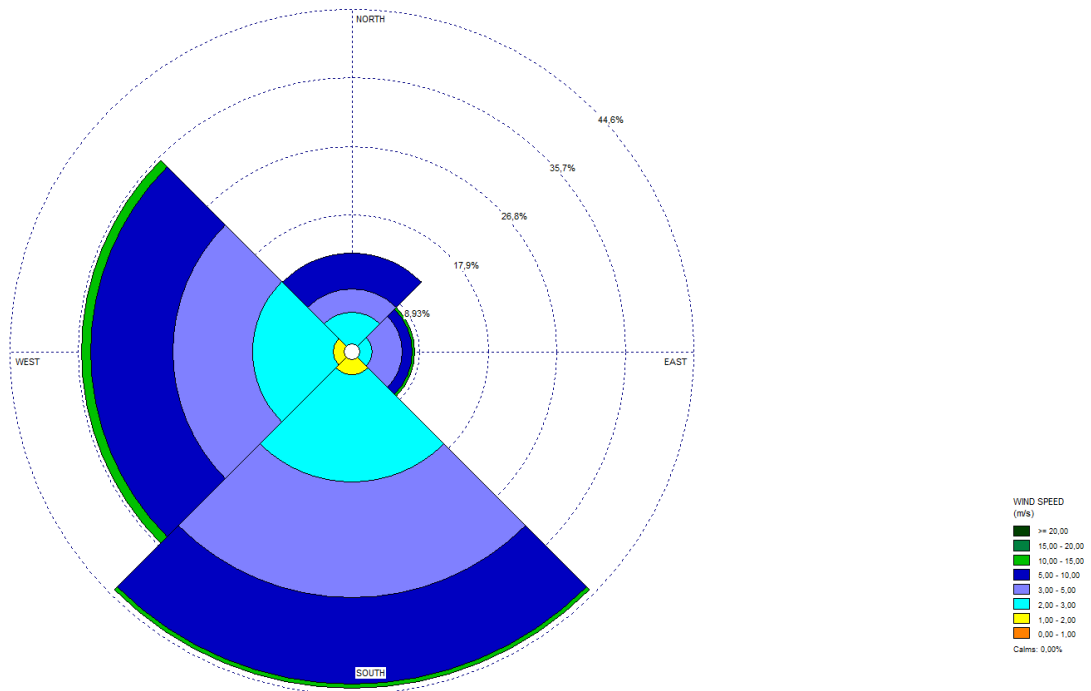


Figura 9 Rosa dei venti

L'intensità del vento registrata, Figura 8, ha una media assoluta di 4.2 m/s. e presenta dei picchi distribuiti durante tutto l'anno. Il valore massimo si raggiunge nel mese di dicembre ed è pari a 13.3 m/s.

3.3.4 Pressione

La pressione media mensile, registra nell'anno di riferimento, ha un massimo di 1022 hPa nel mese di febbraio e un minimo di 1007 hPa nel mese di novembre. I valori registrati, quindi, hanno una bassa variabilità all'interno dell'anno.

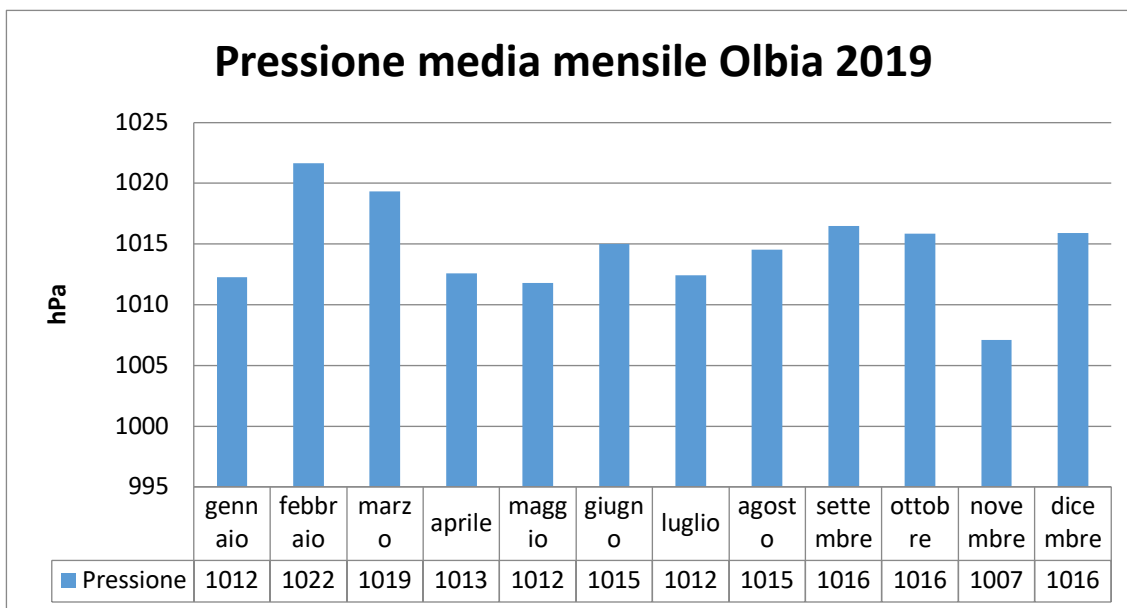


Figura 10 Pressione media mensile

3.4 IL CONFRONTO TRA IL DATO STORICO E L'ANNO DI RIFERIMENTO DELLE SIMULAZIONI

3.4.1 Parametri Di Confronto

Al fine di validare la simulazione che si andrà a condurre, in relazione all'aspetto meteorologico, è opportuno verificare la bontà del dato attuale assunto con la serie storica analizzata.

Ciò che si intende valutare, quindi, è la significatività del dato attuale 2019 rispetto alle condizioni meteorologiche che generalmente si verificano nell'area di Olbia, in cui è localizzato l'intervento.

Con tale verifica sarà quindi evidenziato come il dato meteorologico del 2019 sia conforme al dato storico, non rappresentando così un "outliers" rispetto alle condizioni meteo climatiche medie storiche analizzate nella stessa area. Nello specifico verranno, quindi, di seguito, analizzati e confrontati i principali parametri utilizzati nelle simulazioni modellistiche, quali il regime termico ed il regime anemometrico.

3.4.2 Regime Termico

Per quanto riguarda il Regime Termico il confronto è stato effettuato tra le temperature medie mensili. Il grafico in Figura 11 mostra un andamento pressoché invariato tra i due differenti riferimenti temporali. In particolare, i dati dell'anno di riferimento registrano un incremento medio nell'anno 2019 di 0.49°C per le temperature medie mensili.

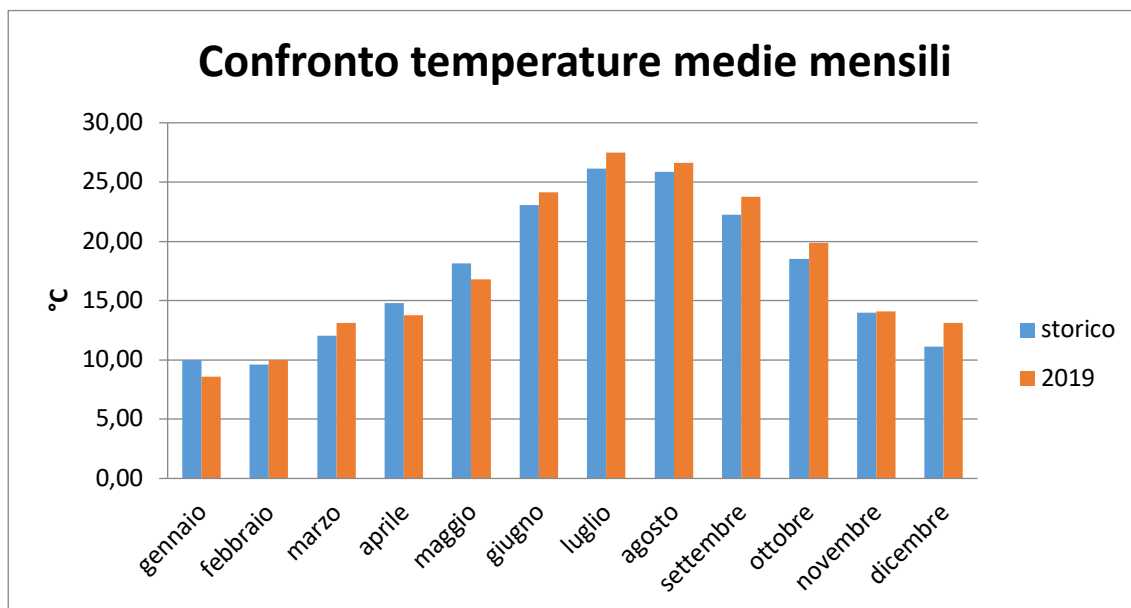


Figura 11 Confronto temperatura media

3.4.3 Regime Anemometrico

Facendo riferimento ai dati relativi del vento è possibile identificarne l'intensità espressa in m/s.

Tale analisi, precedentemente effettuata, è stata ripetuta per l'anno di riferimento in modo tale da poter effettuare un confronto.

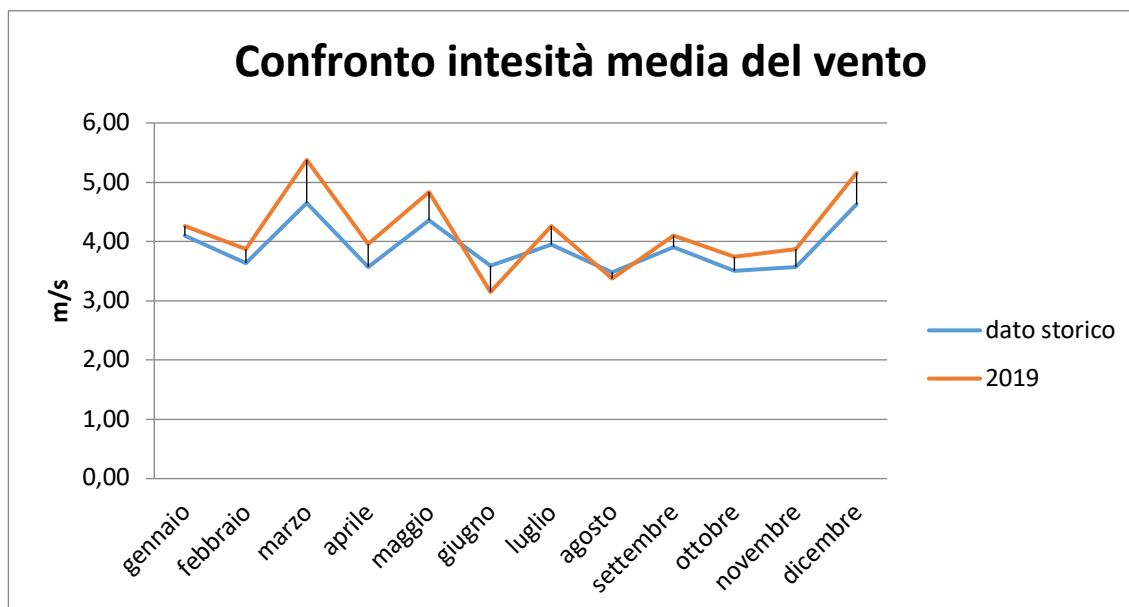


Figura 12 Confronto intensità media del tempo

Per l'anno 2019, la centralina di Olbia, si allinea all'andamento del dato storico, con un'intensità media intorno a 4.1 m/s, contro l'intensità media del periodo 2011-2019 che si attesta intorno ai 3.91 m/s.

3.4.4 Conclusioni

Alla luce di quanto esposto nei paragrafi precedenti in relazione all'aspetto meteorologico, è possibile evidenziare in generale, sia in termini anemometrici che termici, una buona corrispondenza del dato attuale, relativo al 2019 della centralina di Olbia Università, con i dati provenienti dalle serie storiche per la stessa stazione meteo di riferimento.

Pertanto, può essere considerato attendibile l'intervallo di analisi per l'anno 2019, che verrà nel proseguo della trattazione adottato per le simulazioni modellistiche.

4 ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

4.1 PIANO DI RISANAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E ZONIZZAZIONE

Il quadro normativo regionale in materia di gestione della qualità dell'aria è costituito dalle competenze attribuite dal D.lgs 351/99 che recepisce i disposti della Direttiva europea e che attribuisce alle Regioni una serie di attività tra cui, secondo i criteri e le metodologie disposte dal D.M. 261/02 e sulla base, in prima applicazione, della valutazione preliminare e successivamente della valutazione della qualità dell'aria ambiente, la definizione di una lista di zone e agglomerati nei quali:

- i livelli di uno o più inquinanti eccedono il valore limite aumentato del margine di tolleranza;
- i livelli di uno o più inquinanti sono compresi tra il valore limite ed il valore limite aumentato del margine di tolleranza.

Sulla base di tale zonizzazione/classificazione del proprio territorio, le Regioni adottano un piano o un programma per il raggiungimento dei valori limite entro i termini stabiliti.

In particolare, le norme prevedono che si debba adottare un piano o programma di risanamento per il raggiungimento di tale soglia nelle zone o agglomerati ove uno o più inquinanti eccedono il valore limite di riferimento, oppure, adottare un piano di mantenimento della qualità dell'aria al fine di conservare e migliorare i livelli degli inquinanti laddove essi risultino al di sotto dei valori limite.

L'articolo 1, comma 4, del d.lgs. 155/2010, definisce, infatti, la zonizzazione del territorio "il presupposto su cui si organizza l'attività di valutazione della qualità dell'aria ambiente", le cui modalità di svolgimento sono individuate sulla base della classificazione delle zone medesime. La valutazione della qualità dell'aria è, a sua volta, "il presupposto per l'individuazione delle aree di superamento dei valori, dei livelli, delle soglie e degli obiettivi previsti" dal decreto per i vari inquinanti; in caso di superamento devono essere adottati piani che agiscano sull'insieme delle principali sorgenti di emissione, ovunque localizzate, che influenzano tali aree di superamento. Il medesimo articolo 1, comma 4, indica sinteticamente i principi per la delimitazione delle zone e degli agglomerati, meglio specificati nell'Appendice I "Criteri per la zonizzazione del territorio".

In primo luogo, sulla base dell'assetto urbanistico, della popolazione residente e della densità abitativa, si individuano gli agglomerati e successivamente, in considerazione principalmente delle caratteristiche orografiche, di quelle meteo climatiche, del carico emissivo e del grado di urbanizzazione del territorio, si prosegue con la delimitazione delle altre zone. Le zone e gli agglomerati individuati sono infine classificati ai fini della tutela della salute umana, secondo quanto specificato dall'articolo 4 del d.lgs. 155/2010, confrontando le concentrazioni nell'aria ambiente degli inquinanti SO₂, NO₂, C₆H₆, CO, Pb, PM₁₀, PM_{2.5}, As, Cd, Ni, B(a)P con le rispettive soglie di valutazione superiori e inferiori riportate nell'Allegato II del citato decreto.

Al fine di conformarsi alle disposizioni del decreto e collaborare al processo di armonizzazione messo in atto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare tramite il coordinamento istituito all'articolo 20 del D.lgs. 155/2010, la Regione Sardegna ha provveduto ad elaborare la zonizzazione e classificazione del territorio regionale, approvata con la deliberazione della Giunta Regionale del 10/12/2013, n. 52/19, recante "D.lgs. 13/08/2010 n. 155, articoli 3 e 4. Zonizzazione e classificazione del territorio regionale".

Successivamente, con la deliberazione della Giunta Regionale n.52/42 del 23/12/2019, la Regione Sardegna ha provveduto ad aggiornare la classificazione col documento "Riesame della classificazione delle zone e

dell'agglomerato ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.”.

La zonizzazione vigente, relativa alla protezione della salute umana, individua le zone e gli agglomerati ai sensi dell'art. 3, commi 2 e 4, e secondo i criteri specificati nell'appendice 1 del D.Lgs. 155/2010.

Nella regione Sardegna, il processo di zonizzazione ha portato all'individuazione di un agglomerato, definito "Agglomerato di Cagliari" e di 3 zone: Zona Urbana, Zona Industriale, Zona rurale.

Dall'analisi si evince che nella regione Sardegna è presente un unico agglomerato costituito dai comuni di: Cagliari (154.106 abitanti), Quartu S. E. (70.879 abitanti), Selargius (28.986 abitanti), Monserrato (19.771 abitanti), Quartucciu (13.234 abitanti) e Elmas (9.546 abitanti), per un totale di 296.522 abitanti, e con una densità abitativa pari a 1184 abitanti per km².

La zona urbana (IT2008) è invece costituita dalle aree urbane rilevanti di Sassari e Olbia, la cui individuazione è stata effettuata a partire dall'analisi dei carichi emissivi; è stato possibile accorpate le aree che presentano maggiori analogie anche in termini di livelli degli inquinanti. Si tratta di centri urbani sul cui territorio si registrano livelli emissivi significativi, principalmente prodotti dal trasporto stradale e dal riscaldamento domestico. Nel Comune di Olbia, in particolare, a tali sorgenti emissive si aggiungono anche le attività portuali e aeroportuali.

La zona industriale (IT2009) è costituita dai comuni in cui ricadono aree industriali, il cui carico emissivo è determinato prevalentemente da più attività energetiche e/o industriali localizzate nel territorio, caratterizzate prevalentemente da emissioni puntuali. Non sono stati inclusi in questa zona i Comuni sul cui territorio ricadono solo impianti isolati (quali Samatzai, Ottana, Serramanna, Siniscola e Nuraminis).

La rimanente parte del territorio è stata accorpata nella zona rurale (IT2010) dal momento che, nel complesso, risulta caratterizzata da livelli emissivi dei vari inquinanti piuttosto contenuti, dalla presenza di poche attività produttive isolate e generalmente con un basso grado di urbanizzazione.

Codice zona	Nome zona
IT2007	Agglomerato di Cagliari
IT2008	Zona urbana
IT2009	Zona industriale
IT2010	Zona rurale
IT2011	Zona Ozono

Tabella 4 Zone e agglomerati di qualità dell'aria individuati ai sensi del D.Lgs.155 del 2010

Codice zona	Nome zona	Codice ISTAT Comune	Nome Comune
IT2008	Zona urbana	104017	Olbia
		090064	Sassari (esclusa l'area industriale di Fiume Santo)
IT2009	Zona industriale	092003	Assemini
		092011	Capoterra
		107016	Portoscuso
		090058	Porto Torres (più l'area industriale di Fiume Santo)
		092066	Sarroch
IT2010	Zona rurale		Rimanente parte del territorio regionale
IT2011	Zona Ozono		Comprende tutte le zone escluso l'agglomerato

Tabella 5 Composizione delle zone di qualità dell'aria individuate ai sensi del D.Lgs. 155/2010

Il tratto di strada da noi preso in esame nel seguente studio ricade all'interno della zona urbana IT2008.

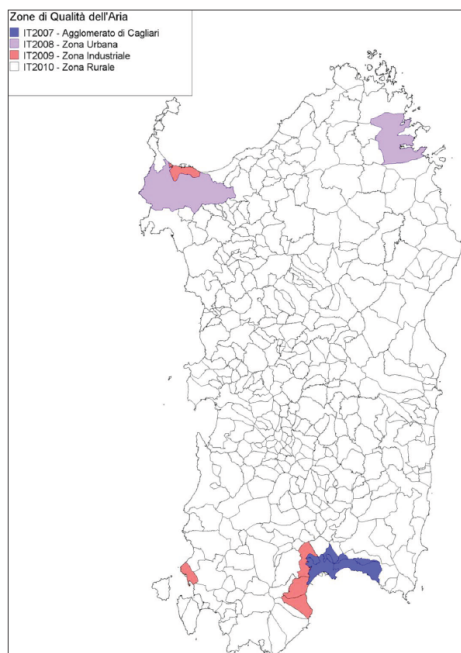


Figura 13 Mappa di zonizzazione per la qualità dell'aria Regione Sardegna

4.2 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La Rete di monitoraggio regionale è stata progettata e realizzata in un periodo di tempo relativamente lontano (approssimativamente nel decennio 1985 - 1995), secondo logiche che la normativa ha successivamente modificato profondamente.

Per tale motivo la rete è stata oggetto di un robusto intervento di adeguamento, relativi al periodo 2008-2012, finalizzato all'ottimizzazione della rappresentatività dei dati di qualità ambientali.

Uno dei vantaggi introdotti dal nuovo sistema consiste nella possibilità di svincolare la valutazione della qualità dell'aria dal rigido sistema dei confini amministrativi delle province a favore di un sistema fondato sulla ripartizione del territorio in zone omogenee dal punto di vista delle fonti di inquinamento, delle caratteristiche orografiche e meteo-climatiche e del grado di urbanizzazione.

L'assetto della Rete di monitoraggio regionale relativo all'anno 2019 è riepilogato nella seguente tabella.

Area	Stazione	C6H6	CO	H2S	NMHC	NO2	O3	PM10	SO2	PM2,5
Agglomerato di Cagliari	CENCA1	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
	CENMO1	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
	CENQU1	✓				✓	✓	✓	✓	
Sassari	CENS12		✓			✓	✓	✓	✓	
	CENS13		✓			✓		✓	✓	
	CENS16	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓

	CENS17		✓		✓	✓	✓	✓	
Olbia	CEOLB1	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
	CENS10		✓		✓		✓	✓	
Assemini	CENAS6				✓		✓	✓	
	CENAS8		✓		✓	✓	✓	✓	
	CENAS9				✓	✓	✓	✓	
Sarroch	CENSA1			✓	✓	✓	✓	✓	
	CENSA2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CENSA3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Portoscuso	CENPS2				✓		✓	✓	
	CENPS4		✓		✓		✓	✓	
	CENPS6				✓		✓	✓	✓
	CENPS7	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Porto Torres	CENPT1	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
	CENSS2				✓	✓	✓	✓	
	CENSS3		✓		✓	✓	✓	✓	
	CENSS4	✓			✓		✓	✓	
	CENSS5						✓	✓	
	CENSS8							✓	
Sulcis Iglesiente	CENST1				✓		✓	✓	
	CENCB2	✓			✓	✓	✓	✓	
	CENIG1				✓	✓	✓	✓	
	CENNF1				✓		✓	✓	
Campidano Centrale	CENNM1				✓	✓	✓	✓	
	CENSG3				✓		✓	✓	
	CENVS1			✓	✓		✓	✓	
Oristano	CENOR1				✓	✓	✓	✓	✓
	CENOR2	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
	CESG1		✓		✓		✓	✓	
Nuoro	CENNU1	✓	✓		✓		✓	✓	
	CENNU2		✓		✓	✓	✓	✓	
Sardegna Centro Settentrionale	CENMA1	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
	CENOT3	✓			✓	✓	✓	✓	
	CENSN1				✓		✓	✓	
	CENTO1						✓	✓	
Seulo	CEALG1	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
	CENSE0		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabella 6 Rete di monitoraggio qualità dell'aria

In generale, le stazioni si distinguono in:

- stazioni di misurazione di TRAFFICO: stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta
- stazioni di misurazione di FONDO: stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.) ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito
- stazioni di misurazione INDUSTRIALE: stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe.

Le stazioni di monitoraggio di Olbia, sono posizionate in area urbana ed entrambe fanno parte integrante della Rete di misura per la valutazione della qualità dell'aria. La stazione di fondo CEOLB1 è ubicata

all'interno del parco "Fausto Noce", mentre la stazione di traffico CENS10 è situata presso una delle principali strade di ingresso della città (Via Roma). A differenza di altre reti cittadine il carico inquinante rilevato deriva oltre che dal traffico e dalle altre fonti di inquinamento urbano anche dall'influenza delle emissioni dei vicini porti (civile e industriale) e dell'aeroporto.

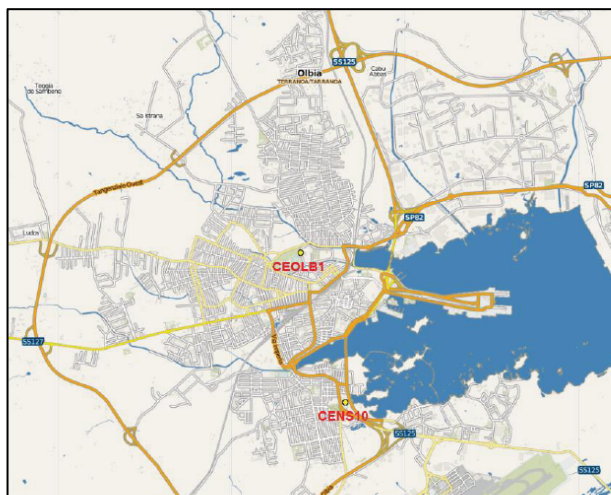


Figura 14 Posizione delle stazioni di misura di Olbia

Di seguito si riportano le analisi dei dati per i vari inquinanti e le risultanze acquisite nell'ultimo anno vengono confrontate con quelle degli anni precedenti.

Il panorama dello stato della qualità dell'aria nella provincia di Olbia emerso dall'analisi dei dati del monitoraggio effettuato sul territorio nel 2019 e delle serie storiche indica una situazione positiva. La stazione più significativa e vicina al progetto della nuova SS125/133bis Olbia-Palau è la stazione di Olbia "CENS10", pertanto si faccia riferimento a tale centralina.

4.3 PARTICOLATO

Spesso il particolato rappresenta l'inquinante a maggiore impatto ambientale nelle aree urbane, tanto da indurre le autorità competenti a disporre dei blocchi del traffico nel tentativo di ridurre il fenomeno.

Le particelle sospese sono sostanze allo stato solido o liquido, che a causa delle loro piccole dimensioni, restano sospese in atmosfera per tempi più o meno lunghi.

Le polveri totali sospese o PTS vengono anche indicate come PM (particulate matter).

Le polveri PM10 rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 10 micron, mentre le PM2,5, che costituiscono all'incirca il 60% delle PM10, rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 2,5 micron.

Il particolato si origina sia da fonti naturali che antropogeniche. Tra le cause antropiche: l'utilizzo dei combustibili fossili, le emissioni degli autoveicoli, l'usura degli pneumatici, dei freni e del manto stradale.

4.3.1 PM 10

In relazione al PM10, i valori medi annui sono tra 19 µg/m³ (CEOLB1) e 22 µg/m³ (CENS10), mentre le massime medie giornaliere sono comprese tra 67 µg/m³ (CEOLB1) e 68 µg/m³ (CENS10). Le medie annuali rispettano i limiti normativi, con superamenti molto contenuti rispetto ai 35 ammessi dalla normativa. Si rileva peraltro sul lungo periodo una drastica riduzione dei superamenti giornalieri presso entrambe le stazioni

Nel grafico sottostante sono rappresentate le concentrazioni medie annue di PM 10 registrate presso le stazioni di Olbia, attive dal 2011 ed i relativi superamenti annuali.



Figura 15- PM10 - Medie annuali e superamenti - Andamenti 2011-2019 per le stazioni di Olbia

Come si può notare, il trend delle concentrazioni ha subito nel 2014 un decisivo decremento, fino ad assestarsi, negli anni successivi, intorno a 20 µg/m³, ben al di sotto del limite normativo di 40 µg/m³.

4.4 OSSIDI DI AZOTO: NOX

Con il termine NO_x vengono indicati genericamente l'insieme dei due più importanti ossidi di azoto a livello di inquinamento atmosferico ossia l'ossido di azoto, NO, e il biossido di azoto, NO₂.

Gli ossidi di azoto (NO_x) vengono emessi direttamente in atmosfera a seguito di tutti i processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati.

Nel caso del traffico autoveicolare, le quantità più elevate di questi inquinanti si rilevano quando i veicoli sono a regime di marcia sostenuta e in fase di accelerazione, poiché la produzione di NO_x aumenta all'aumentare del rapporto aria/combustibile, cioè quando è maggiore la disponibilità di ossigeno per la combustione.

A differenza delle polveri sottili, gli ossidi di azoto sono inquinanti più locali, in quanto a causa della loro breve vita media subiscono processi di trasporto a scala spaziale limitata. Le concentrazioni registrate nelle singole stazioni sono pertanto fortemente condizionate dalle eventuali sorgenti presenti in prossimità.

4.4.1 Biossidi Di Azoto: No2

Il biossido di azoto (NO₂) ha medie annue comprese tra 15 µg/m³ (CEOLB1) e 17 µg/m³ (CENS10), mentre le massime medie orarie variano tra 92 µg/m³ (CENS10) e 96 µg/m³ (CEOLB1). Non si registrano quindi superamenti del valore limite per la protezione della salute umana sulla media annuale e oraria, rispettivamente di 40 e 200 µg/m³: tutti i valori misurati sono stazionari negli ultimi anni di rilevazione e rientrano largamente entro i limiti di legge. Nella Figura 16 sono raffigurate le medie annuali dagli anni 2011 al 2019

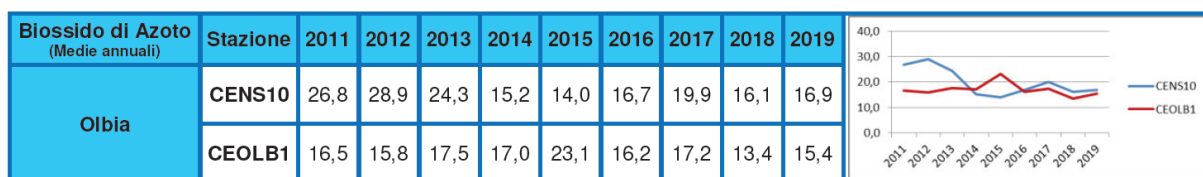


Figura 16- NO₂ - Medie annuali - Andamenti 2011-2019 per le stazioni di Olbia

4.5 MONOSSIDO DI CARBONIO E BENZENE

Il monossido di carbonio (CO) ha origine da processi di combustione incompleta di composti contenenti carbonio. È un gas la cui origine è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare, soprattutto ai veicoli a benzina. Le emissioni di CO dai veicoli sono maggiori in fase di decelerazione e di traffico congestionato. Le sue concentrazioni sono strettamente legate ai flussi di traffico locali e gli andamenti giornalieri rispecchiano quelli del traffico, come si nota dalla Figura 17.

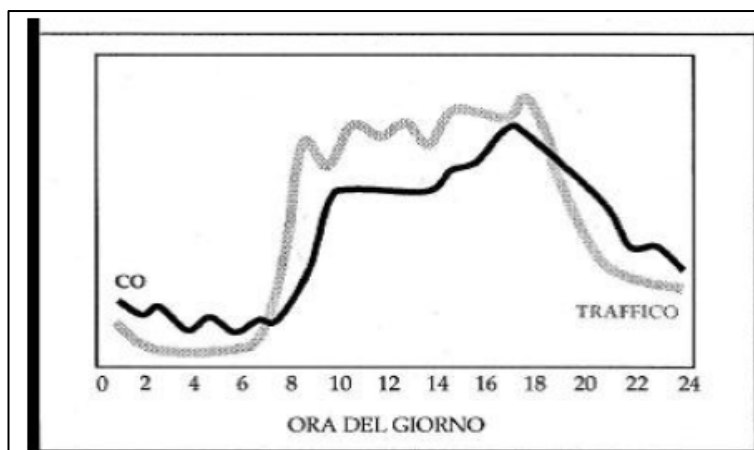


Figura 17 Andamento giornaliero del traffico vs CO

Il monossido di carbonio presenta anche una forte variabilità spaziale: la sua concentrazione mostra di solito valori massimi nell'intorno dell'asse stradale e decresce molto rapidamente allontanandosi da esso, fino a diventare trascurabile a una distanza di alcune decine di metri.

Anche per il benzene, la sorgente più rilevante nell'atmosfera è rappresentata dal traffico veicolare, principalmente dai gas di scarico dei veicoli alimentati a benzina, nei quali viene aggiunto al carburante (la cosiddetta benzina verde) come antidetonante, miscelato con altri idrocarburi (toluene, xilene, ecc.) in sostituzione del piombo tetraetile impiegato fino a qualche anno fa. In piccola parte il benzene proviene dalle emissioni che si verificano nei cicli di raffinazione, stoccaggio e distribuzione della benzina.

Le concentrazioni di questi due inquinanti, si sono significativamente ridotte negli anni, grazie alle modifiche introdotte sui combustibili ed allo sviluppo tecnologico nel settore automobilistico e si sono assestate su valori ampiamente inferiori ai limiti normativi.

4.5.1 Monossido di Carbonio: CO

Come riportato nella “Relazione annuale sulla qualità dell’aria in Sardegna per l’anno 2019”, il monossido di carbonio (CO) ha la massima media mobile di otto ore compresa tra 1,2 mg/m³ (CENS10) e 1,6 mg/m³ (CEOLB1). Le concentrazioni si mantengono quindi ampiamente entro il limite di legge (10 mg/m³ sulla massima media mobile di otto ore).

4.5.2 Benzene: C₆H₆

Per quanto riguarda le misure di benzene (C₆H₆), si misura una media annua per il 2019 di 0,4 µg/m³ (CEOLB1), valore stazionario abbondantemente entro il limite di legge di 5 µg/m³.

I dati illustrati nel grafico seguente rappresentano un trend molto positivo e nettamente inferiori al limite di normativa.

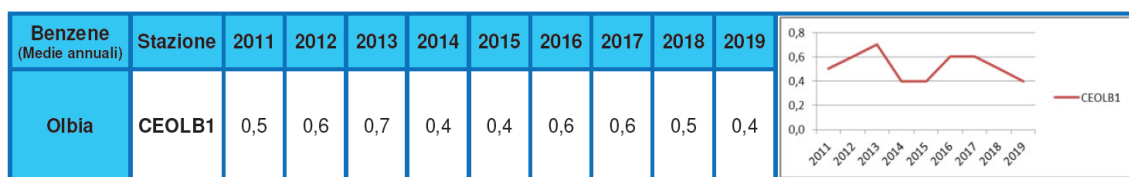


Figura 18 Benzene - Medie annuali - Andamenti 2011-2019 per le stazioni di Olbia

5 I MODELLI DI SIMULAZIONE UTILIZZATI

5.1 COPERT 5

Ci si è avvalsi di alcuni modelli di simulazione al fine di condurre le valutazioni e le analisi emissive e diffusionali generate dall'opera in esame. Nello specifico, per la valutazione dei fattori di emissione derivanti da traffico stradale si è fatto riferimento al software di calcolo COPERT 5. Tale software è lo standard europeo per la valutazione delle emissioni da traffico veicolare stradale. Lo sviluppo del software COPERT è coordinato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente, all'interno delle attività del "European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation". Responsabile dello sviluppo scientifico è il European Commission's Joint Research Centre. Il modello è stato realizzato ed è utilizzato per gli inventari delle emissioni stradali degli stati membri.

La metodologia utilizzata da COPERT 5 è parte integrante del EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook per il calcolo dell'inquinamento atmosferico ed è in linea con gli orientamenti IPCC per il calcolo delle emissioni di gas a effetto serra.

COPERT 5 trae le sue origini da una metodologia sviluppata da un gruppo di lavoro che è stato istituito in modo esplicito a tale scopo nel 1989 (COPERT 85). Questo è stato poi seguito da versioni successive aggiornate, fino ad arrivare alla versione attuale che rappresenta una sintesi dei risultati delle varie attività su larga scala e progetti dedicati, quali:

- a) Progetti dedicati finanziati dal Centro comune di ricerca/Trasporti e l'Unità Qualità dell'aria;
- b) Programma annuale di lavoro del "European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC / ACM)";
- c) Programma di lavoro del "European Research Group on Mobile Emission Sources (Ermes)";
- d) Progetto MEET (Methodologies to Estimate Emissions from Transport), una Commissione Europea (DG VII) che ha promosso il progetto all'interno del 4 ° Framework Program (1996-1998);
- e) Il progetto particolato (Characterisation of Exhaust Particulate Emissions from Road Vehicles), una Commissione europea (DG Transport) PROGETTO nell'ambito del 5° Framework Program (2000-2003);
- f) Il progetto ARTEMIS (Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems), una Commissione europea (DG Trasporti) PROGETTO nell'ambito del 5° Framework Program (2000-2007);
- g) Il progetto congiunto JRC/CONCAWE/ACEA sull' evaporazione del carburante da veicoli a benzina (2005-2007)¹.

Attraverso alcuni dati di input, quali la composizione del parco veicolare circolante e la velocità media è possibile calcolare i fattori di emissioni corrispondenti per ogni tipologia di veicolo e per ogni inquinante considerato.

La metodologia prevede che le emissioni siano calcolate usando una combinazione di dati tecnici e di "attività" quali il numero di veicoli circolanti, i chilometri percorsi, la velocità media, ecc. L'algoritmo utilizzato nella metodologia descrive le emissioni totali come la somma di due componenti:

¹ Informazioni tratte dal sito <http://www.emisia.com>

- EHOT: sono le emissioni dovute al regime di funzionamento del motore così detto “a caldo”;
- ECOLD: sono le emissioni legate al transitorio termico legato al funzionamento del motore così detto “a freddo”.

Inoltre, le emissioni totali sono funzione anche delle diverse condizioni di moto. La metodologia distingue tre grandi famiglie: Urbana, Extraurbana e Autostradale.

L'algoritmo generale di calcolo è quindi definito come:

$$E_i = FE_{i,c} \cdot pc \cdot N_c$$

dove:

- E_i = emissione dell'inquinante in [g];
- $FE_{i,c}$ = fattore di emissione dell'inquinante/i per i veicoli di categoria c [g/km];
- pc = percorrenza media dei veicoli di categoria c [km];
- N_c = numero di veicoli di categoria c [-].

L'emissione totale lungo l'arco di strada considerata viene valutata sommando i singoli contributi valutati per ciascuna tipologia di veicolo. Le tipologie di veicolo sono: veicoli commerciali leggeri, veicoli commerciali pesanti, autovetture, autobus e motocicli.

5.2 AERMOD VIEW

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

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

- Aermod;
- ISCST3;
- ISC-PRIME.

In particolare, AERMOD è un modello di tipo Gaussiano (Steady-state Gaussian plume air dispersion model) basato su un modello di stabilità atmosferica di tipo “Planetary boundary layer theory”², che consente di valutare, attraverso algoritmi di calcolo, i fattori di deflessione degli edifici, i parametri di deposizione al suolo degli inquinanti, l'effetto locale dell'orografia del territorio ed in ultimo i calcoli relativi alle turbolenze meteorologiche.

² AERMOD Tech Guide – Gaussian Plume Air Dispersion Model. Version 7.6

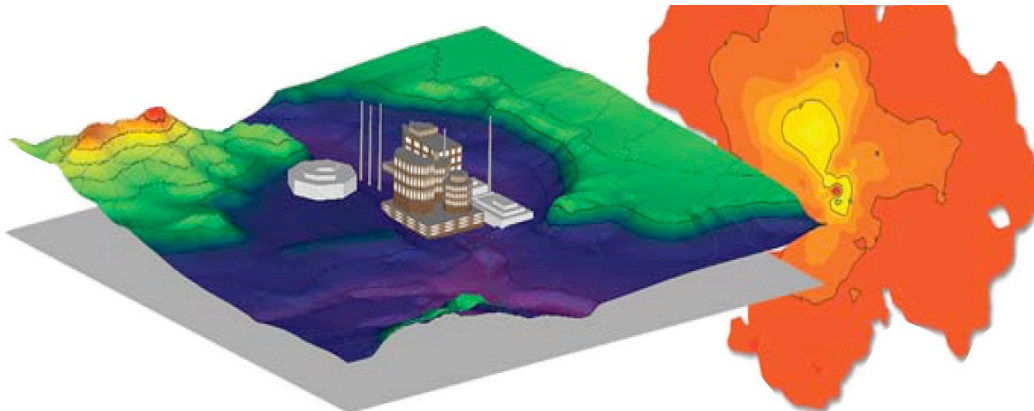


Figura 19 AermodView Esempio di modellazione grafica 3D delle curve di isoconcentrazione

Il codice AERMOD è stato sviluppato dall'American Meteorological Society – EPA, quale evoluzione del modello gaussiano ISC3. La dispersione in atmosfera della sostanza inquinante è funzione delle condizioni di stabilità atmosferica dell'area di riferimento stessa³:

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

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

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

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

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

³ US EPA, User Guide for the AMS EPA regulatory model AERMOD – USA (2004)

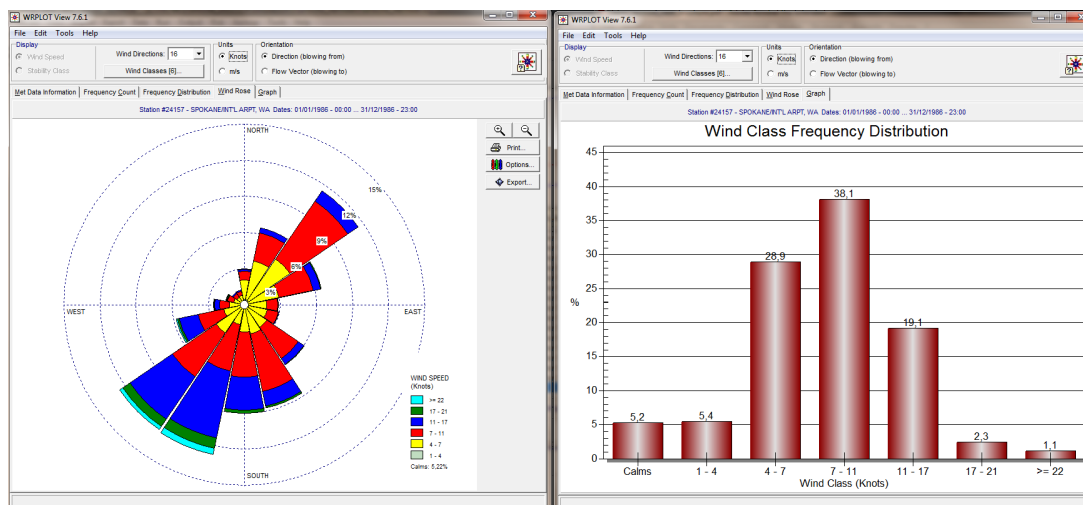


Figura 20 Esempio di applicazione del modulo AERMET

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

Per maggiore chiarezza si può fare riferimento ad una struttura semplificata dell'intero processo di simulazione del software che può essere rimandata a due famiglie di parametri:

- parametri territoriali;
- parametri progettuali.

La prima famiglia di parametri è rappresentata da tutti i parametri propri del territorio ed in particolare i parametri meteorologici ed i parametri orografici. È evidente come tali parametri possano essere assunti costanti nel tempo, per quello che riguarda la parte orografica, e come invece debbano essere considerati variabili nel tempo, anche se affetti da un andamento periodico, i parametri meteorologici.

Questi due parametri, computati in maniera contemporanea, determinano le modalità di diffusione, definendo, ad esempio, i diversi campi di vento a cui è sottoposta l'area in esame nei diversi periodi dell'anno.

La seconda famiglia di parametri, definisce, invece, il quadro "Emissivo" del progetto, ovvero definisce tutti i fattori di emissione relativi alle differenti attività effettuate all'interno del processo realizzativo dell'opera.

Una volta stimate le due famiglie di parametri, il modello di simulazione ne analizza le diverse correlazioni possibili, andando a valutare gli effetti relativi alla presenza della sorgente atmosferica i-esima situata in un'area territoriale e attiva in uno specifico arco temporale, considerando le condizioni meteorologiche relative alla stessa area e nello stesso arco temporale, definendo le curve di isoconcentrazione necessarie alle valutazioni degli impatti dell'opera sui ricettori sensibili.

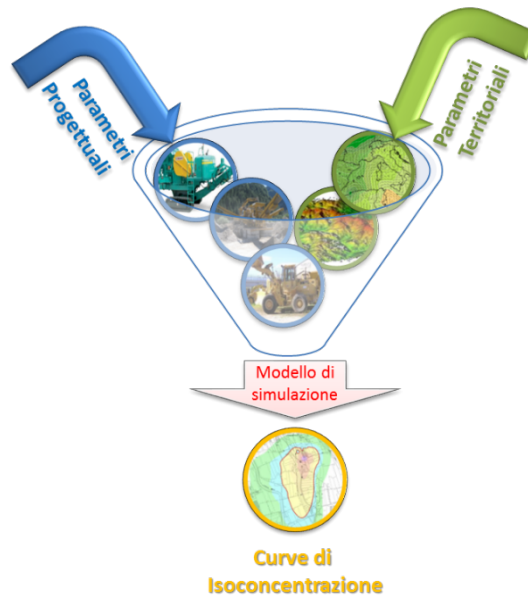


Figura 21 Definizione logica del modello adottato

6 LO SCENARIO DI ESERCIZIO ATTUALE: ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI

Di seguito vengono descritte le analisi eseguite al fine di valutare lo stato attuale in termini di emissioni dovute al traffico stradale.

6.1 AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI

6.1.1 Gli Input Orografici

Il software Aermod View, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare essenzialmente tre tipologie di territorio così come mostrato nella figura seguente.

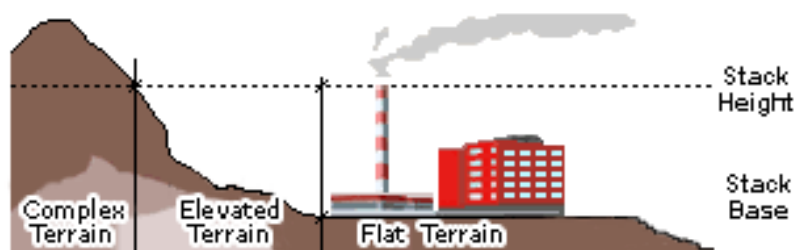


Figura 22 Tipologie di configurazioni territoriali

Con riferimento all'area in esame, attraversata dall'infrastruttura attuale, si è adottata una conformazione del territorio di tipo "elevated terrain". Infatti, nel caso in esame, il terreno è di fondamentale importanza: di seguito si riporta perciò l'andamento orografico restituito dal processore AERMAP.

6.1.2 Gli Input Meteorologici

Uno degli input fondamentali per l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera è il dato meteo. Per ricreare lo scenario diffusivo caratteristico del sito simulato è stato necessario costruire adeguati file meteorologici in formati compatibili con il preprocessore meteorologico utilizzato dal modello di simulazione Aermod, denominato Aermet View

I file meteorologici necessari sono due, uno descrittivo delle condizioni meteorologiche registrate al suolo nel sito di studio, l'altro descrittivo dell'andamento verticale dei principali parametri meteorologici.

Nel caso specifico sono stati utilizzati i dati meteo monitorati dalla stazione di rilevamento meteorologica descritta precedentemente, al Par. 3.3, per la costruzione del primo file suddetto, mentre i dati profilometrici sono stati calcolati attraverso l'applicazione del "Upper Air Estimator" 4 sviluppato dalla Lakes Environmental. Tale strumento consente di fornire, attraverso leggi di regressione, il profilo meteorologico in quota. Tale sistema è riconosciuto dalla FAA5 ed alcune analisi sperimentali hanno dimostrato una buona

4 Worldwide Data Quality Effects on PBL Short-Range Regulatory Air Dispersion Models – Jesse L. Thé, Russell Lee, Roger W. Brode

5 http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/models/edms_model/

approssimazione tra le concentrazioni stimate a partire dai dati in quota rispetto a quelle stimate attraverso l'uso dell'Upper Air Estimator.

Dai dati grezzi descritti al Par. 3.3, attraverso il tool "File maker" presente su AERMET, sono stati costruiti i file compatibili col preprocessore Aermet View: in particolare il file descrittivo dei parametri al suolo è stato realizzato in formato "SAMSON". Tale file contiene la descrizione delle condizioni meteorologiche al suolo caratterizzanti i giorni di cui si voglia studiare la dispersione.

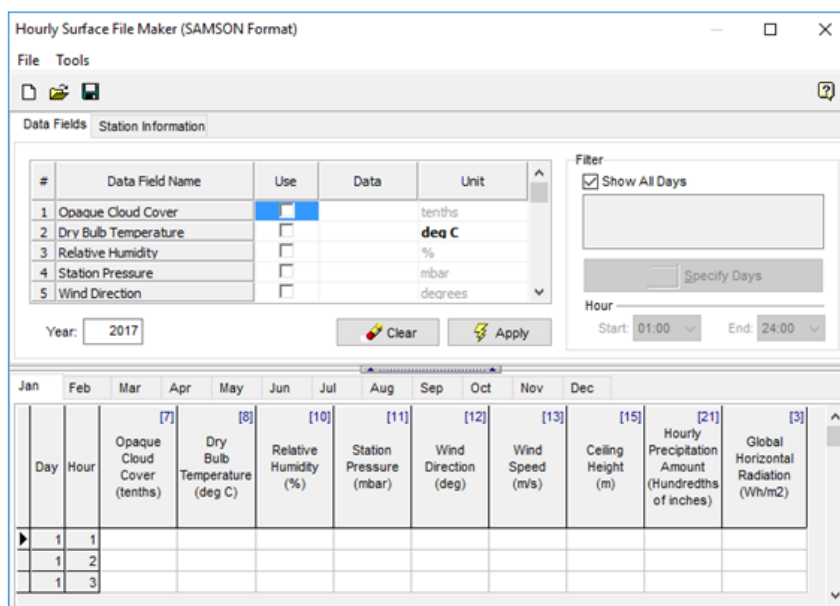


Figura 23 Esempio del tool File Maker

18	1	1	1	0	0	0	0	?0	0	?0	0	?0	10	10	-7.2	-8.3	92
930	180	3.6	11.3	240	999999999	9	99999.	20	0	0							
18	1	1	2	0	0	0	?0	0	?0	0	?0	10	10	-7.2	-8.3	92	
930	130	1.5	16.1	120	999999999	9	99999.	20	0								
18	1	1	3	0	0	0	?0	0	?0	0	?0	10	10	-7.2	-7.8	96	
929	0	0.0	11.3	120	999999999	9	99999.	20	0								

Figura 24 Esempio di alcune righe di un file scritto in formato "SAMSON"

I dati grezzi descritti e commentati precedentemente sono quindi stati riorganizzati nel formato "SAMSON", che caratterizza le condizioni superficiali con intervalli di 60 minuti.

Per leggere il file, il software associa ad ogni posizione di un carattere all'interno della stringa di testo un preciso significato; di seguito viene indicato il significato di ogni cifra a seconda della casella che occupa:

- 001: indica l'anno che si sta considerando; l'esempio riguarda l'anno 2018 che viene indicato con le ultime due cifre "18";
- 002-003: viene specificato il mese, nell'esempio siamo a gennaio: "1";
- 005-006: anche il giorno viene indicato con due cifre, nell'esempio siamo al primo giorno di gennaio: "01";
- 008-009: si specifica l'ora;
- 024-027: rappresentano la radiazione globale orizzontale espressa in Wh/m2
- 051-052: specificano la copertura nuvolosa opaca con valori che vanno da 0 a 10
- 054-055: indicano la temperatura, espressa in gradi Celsius

- 066-068: denotano l'umidità relativa in %
- 070-073: indicano la pressione della stazione
- 075-077: rappresentano la direzione del vento espressa in gradi, in cui N=0 o 360, E=90, S=180, W=270
- 078-082: specificano la velocità del vento, espressa in m/s
- 089-088: viene indicata l'altezza a cui si trovano le nuvole, espressa in metri;
- 124-130: denotano i mm di precipitazione caduti in un ora.

6.2 AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI

6.2.1 Area di studio e infrastruttura di progetto

L'area di nostro interesse è rappresentato nella Figura 25.

Sono messe in evidenze le tratte stradali prese in esame nel proseguo della trattazione; in particolare:

- La tratta 4, in verde, rappresenta l'infrastruttura attuale,
- La tratta 7, in viola, indica l'infrastruttura di progetto.

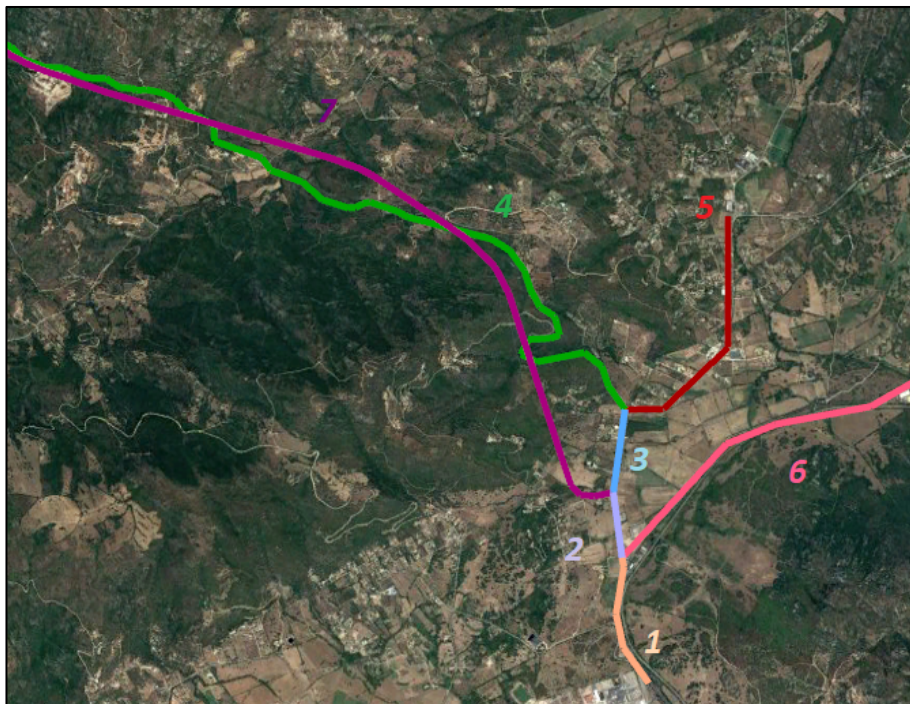


Figura 25 Individuazione dei tracciati esistenti e di progetto considerati nello studio

6.2.2 Metodologia Di Analisi Per Il Calcolo Dei Fattori Di Emissione

Parte centrale del metodo di stima delle concentrazioni è la definizione dei fattori di emissione. La metodologia all'interno del modello Copert lega i fattori di emissione alla velocità media tenuta dai veicoli, attraverso leggi di regressione determinate empiricamente. Tali equazioni dipendono dal veicolo considerato, in termini di legislazione emissiva e tipologia di veicolo (autoveicolo, veicolo commerciale, cilindrata o peso del mezzo ecc.).

Nel caso in esame pertanto, una volta stimata la composizione del parco veicolare circolante è stato poi valutato, attraverso Copert, un fattore di emissione per ciascuna categoria di veicoli, aggregando nei veicoli leggeri gli autoveicoli, motocicli e i veicoli commerciali leggeri, mentre nei veicoli pesanti i veicoli industriali pesanti, i trattori stradali e gli autobus.

A tali categorie sono quindi state associate velocità differenti e fattori di emissione differenti. Effettuando poi la media pesata di tali valori è stato possibile determinare il fattore di emissione medio per la descrizione del parco veicolare complessivo. Il fattore di emissione rappresenta uno degli input di base del software Aermot View, utilizzato per valutare le concentrazioni di inquinanti in atmosfera.

6.2.3 Composizione Del Parco Veicolare Circolante

Uno degli elementi fondamentali per il calcolo delle emissioni è la caratterizzazione del parco veicolare in termini di tipologia di veicoli e di numerosità. I dati utili a tale scopo sono dati ufficiali forniti direttamente dall'Automobile Club d'Italia (ACI). Nel caso specifico si è fatto riferimento alla rappresentazione del parco veicolare italiano relativa al 2019.

Il documento che si è consultato, contenente tutti i dati relativi alle differenti tipologie veicolari, è una sintesi articolata dei dati tratti dagli archivi dell'ente sulle informazioni tecnico – giuridiche dei veicoli circolanti. L'analisi sul traffico veicolare viene fatta suddividendo questo in diverse classi "COPERT" ovvero secondo la classificazione individuata dall'Air Pollutant Emission Inventory guide book.

Il documento è, inoltre, suddiviso per ambito territoriale di riferimento:

- area territoriale (area vasta, generalmente più regioni);
- regionale;
- provinciale;
- comunale.

Al fine di assumere un dato sufficientemente significativo e cautelativo si è scelto di far riferimento alla suddivisione provinciale del parco veicolare "Provincia Olbia".

Le tipologie veicolari che sono state considerate riguardano:

- autovetture, distinte per tipologia di alimentazione;
- veicoli commerciali leggeri, distinti per tipologia di alimentazione;
- veicoli commerciali pesanti, distinti per tipologia di alimentazione;
- trattori stradali, distinti per tipologia di alimentazione;
- autobus, distinti per tipologia di alimentazione.

PARCO VEICOLARE PROVINCIA DI OLBIA ANNO 2019						
AUTOVETTURE	Benzina	LPG Bifuel	CNG Bifuel	diesel	Ibrida benzina	Ibrida gasolio
EURO 0	23877	951	18	4589	0	0
EURO 1	6402	311	2	1549	0	0
EURO 2	23030	585	24	6795	0	0
EURO 3	26447	461	18	25047	0	0
EURO 4	47260	4240	82	51389	24	0
EURO 5	17356	1129	51	30738	123	11
EURO 6	23012	696	23	25346	867	51
VEICOLI COMMERCIALI LEGGERI	Benzina	LPG Bifuel	CNG Bifuel	diesel	Ibrida benzina	Ibrida gasolio
EURO 0	1753	81	4	8457	0	0
EURO 1	425	13	1	2973	0	0
EURO 2	1188	15	1	6305	0	0
EURO 3	351	12	1	9619	0	0
EURO 4	240	130	4	7754	0	0
EURO 5	130	13	15	3350	0	0
EURO 6	84	25	0	3003	0	0
VEICOLI COMMERCIALI PESANTI	Benzina	LPG Bifuel	CNG Bifuel	diesel	Ibrida benzina	Ibrida gasolio
EURO 0	37	5	0	1024	0	0
EURO 1	25	1	0	296	0	0
EURO 2	37	1	0	708	0	0
EURO 3	37	1	0	1223	0	0
EURO 4	24	14	0	856	0	0
EURO 5	13	1	0	711	0	0
EURO 6	8	3	0	628	0	0
MOTOCICLI	Benzina	LPG Bifuel	CNG Bifuel	diesel	Ibrida benzina	Ibrida gasolio
EURO 0	9267	0	4	1	0	0
EURO 1	9702	0	0	0	0	0
EURO 2	8203	0	0	6	0	0
EURO 3	13806	0	0	0	2	0
EURO 4	3286	0	0	0	0	0
EURO 5	0	0	0	0	0	0
EURO 6	0	0	0	0	0	0
AUTOBUS	Benzina	LPG Bifuel	CNG Bifuel	diesel	Ibrida benzina	Ibrida gasolio
EURO 0	3	0	0	119	0	0
EURO 1	0	0	0	34	0	0
EURO 2	0	0	0	123	0	0
EURO 3	0	0	0	179	0	0
EURO 4	2	2	0	219	0	0
EURO 5	0	0	0	147	0	0
EURO 6	0	0	0	89	0	0

Tabella 7 Parco veicolare provincia di Olbia anno 2019

6.2.4 Volumi E Velocità Del Traffico Circolante

Nel presente paragrafo si forniscono i dati progettuali utilizzati per la stima dei fattori di emissione su Copert.

Ai fini delle simulazioni e per stimare i fattori di emissione, sono state considerate le tratte riportate in Figura 25 (ad esclusione della tratta 7 che rappresenta l'infrastruttura di progetto).

Per quanto riguarda i flussi di traffico circolanti sull'infrastruttura attuale di riferimento, essi sono riportati in Tabella 1 . Si precisa che al fine di una simulazione cautelativa, il TGM (traffico giornaliero medio) è riferito al periodo estivo in cui il traffico veicolare aumenta di molto rispetto al traffico medio annuo.

Scenario - Scenario Attuale - Anno 2019					
Tratta	Velocità media [km/h]	Traffico Giornaliero Medio Annuo			
		Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali	
1	50	26102	933	27036	
2	50	17002	520	17522	
3	50	17002	520	17522	
4	50	10921	345	11266	
5	50	4927	186	5113	
6	70	15107	671	15778	

Tabella 8 Flussi di traffico – configurazione attuale

6.2.5 I Fattori Di Emissione

Come definito nei paragrafi precedenti, dalla conoscenza della tipologia di parco veicolare circolante e dalla velocità è stato possibile determinare un fattore di emissione per ogni inquinante.

In particolare, una volta analizzato il parco veicolare presente, si è ricavata la percentuale di ogni tipologia di veicolo, da cui sono stati ricavati i traffici orari medi (TOM) mostrati in Tabella 9.

A questo punto si è proceduto al calcolo del fattore di emissione per ciascun inquinante (Tabella 10): esso è il risultato della media pesata tra i fattori di emissione della singola tipologia di veicoli (output da Copert) e i TOM, precedentemente calcolati.

Per la configurazione attuale nelle seguenti tabelle sono riportati:

- i traffici orari derivanti dallo studio del traffico e adattati sulle classi veicolari utilizzate per il calcolo delle emissioni;
- la velocità media di percorrenza;
- i fattori di emissione pesati sui traffici orari specifici per ogni inquinante, espressi in g/km*veic (Tabella 10) e in g/km*s (Tabella 11).

Tratta	Traffico leggero	Traffico pesante
--------	------------------	------------------

	T.O.M. autovetture [veh/h]	T.O.M. motocicli [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. leggeri [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. pesanti [veh/h]	T.O.M. autobus [veh/h]
1	768,17	191,33	128,10	37,93	0,95
2	500,36	124,63	83,44	21,13	0,53
3	500,36	124,63	83,44	21,13	0,53
4	321,39	80,05	53,60	14,01	0,35
5	145,00	36,12	24,18	7,58	0,19
6	444,59	110,74	74,14	27,28	0,68

Tabella 9 Transiti orari per classe veicolare e velocità media - configurazione attuale

Tratta	NOx g/(km*veic)	CO g/(km*veic)	PM10 g/(km*veic)	PM2.5 g/(km*veic)	Benzene g/(km*veic)
1	0,581	1,872	0,050	0,041	0,004
2	0,563	1,877	0,050	0,040	0,004
3	0,563	1,877	0,050	0,040	0,004
4	0,567	1,876	0,050	0,040	0,004
5	0,588	1,870	0,050	0,041	0,004
6	0,551	1,649	0,043	0,036	0,004

Tabella 10 Fattori di emissione pesati - configurazione attuale

Strada	NOx g/(km*s)	CO g/(km*s)	PM10 g/(km*s)	PM2.5 g/(km*s)	Benzene g/(km*s)
1	0,182	0,586	0,016	0,013	0,0007
2	0,114	0,381	0,010	0,008	0,0004
3	0,114	0,381	0,010	0,008	0,0004
4	0,074	0,245	0,006	0,005	0,0003
5	0,035	0,111	0,003	0,002	0,0001
6	0,101	0,301	0,008	0,007	0,0004

Tabella 11 Emissioni attuali per km di strada - configurazione attuale

I fattori di emissione del Benzene, non presente su Copert, sono stati ricavati dalla banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto in Italia, consultabile sul sito dell'ISPRA <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp>.

Tale banca dati, si basa sulle stime effettuate ai fini della redazione dell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera, realizzato annualmente da Ispra come strumento di verifica degli impegni assunti a livello internazionale sulla protezione dell'ambiente atmosferico, quali la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), il Protocollo di Kyoto, la Convenzione di Ginevra sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero (UNECE-CLRTAP), le Direttive europee sulla limitazione delle emissioni.

Sulla base dei traffici forniti dallo studio trasportistico, conoscendo le percentuali di veicoli leggeri e pesanti circolanti sul tratto stradale, è stato possibile pesare i fattori di emissione sopra riportati, calcolando, un fattore di emissione medio.

Il dato è stato, poi, ricondotto a g/s, per poter essere inserito nel software Aermol. Per quanto riguarda i fattori di emissione medi, relativi alle velocità di 50 Km/h, si è riportato il dato in g/s attraverso il prodotto con la lunghezza del tratto di appartenenza e del dato di traffico giornaliero medio.

6.3 I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI

Dopo aver completato la fase di modellazione dell'input, descritta nel cap. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, è stato possibile ottenere l'output del modello, il quale ha permesso di determinare i livelli di concentrazione relativi ai principali inquinanti generati dalla sorgente stradale allo stato attuale.

In particolare, vengono riportati i valori relativi a:

- Ossidi di Azoto NO_x;
- Monossido di Carbonio CO;
- Particolato PM₁₀;
- Particolato PM_{2.5};
- Benzene C₆H₆.

Per la rappresentazione grafica delle concentrazioni medie annue è possibile far riferimento ai seguenti elaborati, specifici per ogni inquinante analizzato:

- 0402_T00IA00AMBCT07A "Mappa delle concentrazioni di inquinanti – NO_x – Ante Operam"
- 0404_T00IA00AMBCT09A "Mappa delle concentrazioni di inquinanti – CO – Ante Operam O"
- 0406_T00IA00AMBCT11A "Mappa delle concentrazioni di inquinanti – PM 10 (annuale) – Ante Operam"
- 0408_T00IA00AMBCT13A "Mappa delle concentrazioni di inquinanti – PM 10 (giornaliero) – Ante Operam"
- 0410_T00IA00AMBCT15A "Mappa delle concentrazioni di inquinanti – PM 2,5 – Ante Operam"
- 0412_T00IA00AMBCT17A "Mappa delle concentrazioni di inquinanti – Benzene – Ante Operam"

7 LO SCENARIO DI ESERCIZIO DI PROGETTO: ANALISI DELLA CONCENTRAZIONI

Di seguito vengono descritte le analisi eseguite al fine di valutare lo stato di progetto in termini di emissioni dovute al traffico stradale.

7.1 AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI

7.1.1 Gli Input Orografici

Come già evidenziato nell'analisi dello scenario attuale, uno degli input principali per l'applicazione del modello di simulazione in Aermod è il dato orografico. Il software Aermod View, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare essenzialmente tre tipologie di territorio così come mostrato in Figura 26.

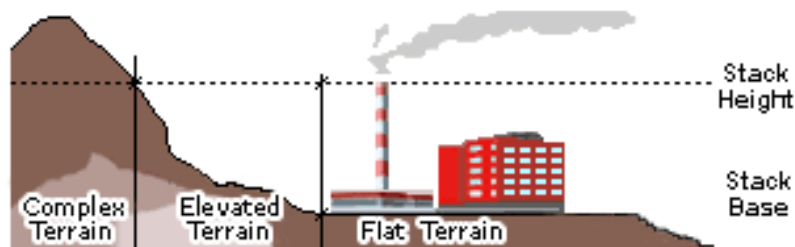


Figura 26 Tipologie di configurazioni territoriali

Con riferimento all'area in esame, anche per lo scenario di progetto si è adottata una conformazione del territorio di tipo "Elevated terrain".

7.1.2 Gli Input Meteorologici

Il secondo input principale per l'applicazione del modello di simulazione in Aermod è il dato meteorologico. Al fine di realizzare un dato compatibile con il preprocessore Aermet, il dato grezzo derivante dal bollettino per la centralina di Olbia Aeroporto è stato elaborato e trasformato in formato SAMSON. Pertanto, come dato meteorologico di riferimento per le simulazioni dello scenario di progetto sono stati considerati gli stessi dati utilizzati per lo stato attuale, in quanto non è possibile prevedere come saranno le condizioni meteoroclimatiche future.

7.2 AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI

7.2.1 L'infrastruttura Di Progetto

L'infrastruttura di progetto (tratta 7) ha alcuni tratti che si sviluppano in galleria; nello specifico, come mostrato in dettaglio nella Figura 27 :

1. GALLERIA 1: L=380 m da progressiva 345.00 a progressiva 725.00
2. GALLERIA 2 lato NORD: L= 660m da progressiva 940.00 a progressiva 1600.00
3. GALLERIA 2 lato SUD: L= 770m da progressiva 930.00 a progressiva 1700.00
4. GALLERIA 3 lato NORD: L= 480m da progressiva 3704.00 a progressiva 4184.00
5. GALLERIA 3 lato NORD: L= 610m da progressiva 3660.00 a progressiva 4270.00

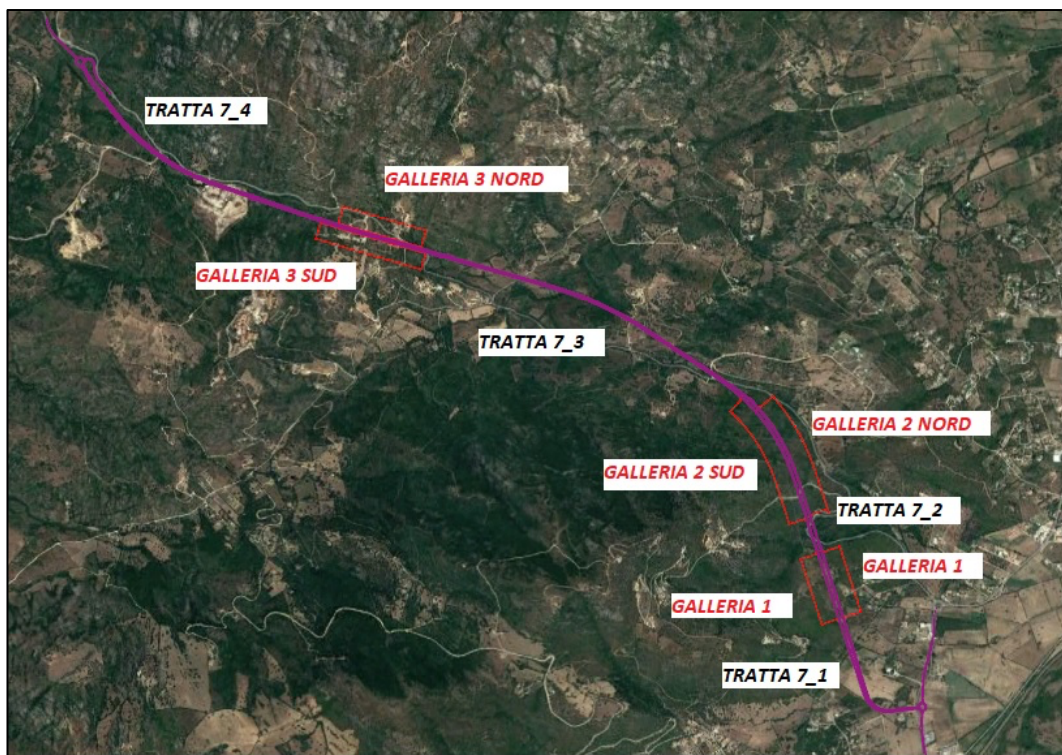


Figura 27 Dettaglio dell'infrastruttura di progetto (tratta 7)

7.2.2 Metodologia Di Analisi Per Il Calcolo Dei Fattori Di Emissione

Come già esplicitato nell'analisi dello scenario attuale, parte centrale del metodo di stima delle concentrazioni è la definizione dei fattori di emissione. La metodologia all'interno del modello Copert lega i fattori di emissione alla velocità media tenuta dai veicoli, attraverso leggi di regressione determinate empiricamente. Tali equazioni dipendono dal veicolo considerato, in termini di legislazione emissiva e tipologia di veicolo (autoveicolo, veicolo commerciale, cilindrata o peso del mezzo ecc.).

Nel caso in esame pertanto, una volta stimata la composizione del parco veicolare futuro è stato poi valutato, attraverso Copert, un fattore di emissione per ciascuna categoria di veicoli, aggregando nei veicoli leggeri gli autoveicoli, motocicli e i veicoli commerciali leggeri, mentre nei veicoli pesanti i veicoli industriali pesanti, i trattori stradali e gli autobus.

A tali categorie sono quindi state associate velocità differenti e fattori di emissione differenti. Effettuando poi la media pesata di tali valori è stato possibile determinare il fattore di emissione medio per la descrizione del parco veicolare complessivo.

7.2.3 Composizione Del Parco Veicolare Circolante

La stima relativa alla composizione del parco macchine futuro è problematica, perché oggi non si conoscono ancora le normative relative alle emissioni dei veicoli. Si è scelto di non variare il parco macchine utilizzato per lo scenario di progetto rispetto a quello utilizzato nello scenario attuale. Questa ipotesi è decisamente cautelativa poiché sovrastima le emissioni veicolari non tenendo conto dell'aggiornamento e del minor impatto ambientale dei futuri veicoli.

Le tipologie veicolari che sono state considerate riguardano:

- autovetture, distinte per tipologia di alimentazione;
- veicoli industriali leggeri, distinti per tipologia di alimentazione;
- veicoli industriali pesanti, distinti per tipologia di alimentazione;
- trattori stradali, distinti per tipologia di alimentazione;
- autobus, distinti per tipologia di alimentazione.

Le analisi ed i dati sono riportate al Prg. 6.6 .

7.2.4 Le sorgenti simulate

Per lo stato attuale si è proceduto alla modellazione in AERMOD view attraverso la simulazione di sorgenti lineari, in grado di riprodurre l'emissione stradale sul tracciato esistente. Il modello dello stato di progetto ha subito delle modifiche, nei riguardi delle sorgenti considerate, funzione dello sviluppo del nuovo tracciato. In particolare, le sorgenti lineari riguardano i tratti di progetto fuori dalla galleria mentre per ciascuna galleria sono state inserite due sorgenti puntuali. Infatti, laddove il progetto si sviluppa in galleria, la strada emette solo in prossimità degli imbocchi della stessa.

7.2.5 Volumi E Velocità Del Traffico Circolante

Nel presente paragrafo si forniscono i dati progettuali utilizzati per la stima dei fattori di emissione e per il calcolo delle concentrazioni. Il dato utilizzato per la valutazione dello stato di progetto è accompagnato da una proiezione al 2035 del traffico previsto. Anche in questo caso, al fine di una simulazione cautelativa, il TGM (traffico giornaliero medio) è riferito al periodo estivo in cui il traffico veicolare aumenta di molto rispetto al traffico medio annuo.

Scenario di progetto - Anno 2035				
Tratta	Velocità media [km/h]	Traffico Giornaliero Medio Annuo		
		Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
1	50	30928	1134	32062
2	50	21756	680	22436
3	50	5723	248	5972
5	50	4167	196	4363
6	70	18854	858	19712
7_1	110	16145	455	16599
GALLERIA 1	110	16145	455	16599
7_2	110	16145	455	16599
GALLERIA 2	110	16145	455	16599
7_3	110	16145	455	16599
GALLERIA 3	110	16145	455	16599
7_4	110	16145	455	16599

Tabella 12 Flussi di traffico – configurazione di progetto

7.2.6 I Fattori Di Emissione

Come definito nei paragrafi precedenti, dalla conoscenza della tipologia di parco veicolare circolante e dalla velocità è stato possibile determinare un fattore di emissione per ogni inquinante. In particolare,

una volta analizzato il parco veicolare in previsione al 2034, si è ricavata la percentuale di veicoli per ogni tipologia, da cui si sono ottenuti i traffici orari. Infine si è effettuata una media pesata tra i TOM e il valore di emissione ottenuto come output da Copert,, ottenendo un unico fattore di emissione per ciascun inquinante.

Nella tabella seguente sono riportati i fattori di emissione relativi all'NOx, al CO, al PM10, al PM2.5 e al Benzene, in funzione della velocità.

Come per lo scenario attuale, per la configurazione attuale nelle seguenti tabelle sono riportati:

- i traffici orari derivanti dallo studio del traffico e adattati sulle classi veicolari utilizzate per il calcolo delle emissioni (Tabella 13);
- la velocità media di percorrenza;
- i fattori di emissione pesati sui traffici orari specifici per ogni inquinante, espressi in g/km*veic (Tabella 14) e in g/km*s (

Tratta	NOx g/(km*s)	CO g/(km*s)	PM10 g/(km*s)	PM2.5 g/(km*s)	Benzene g/(km*s)
1	0.217	0.694	0.019	0.015	0.0013
2	0.147	0.487	0.013	0.010	0.0009
3	0.042	0.129	0.004	0.003	0.0002
5	0.031	0.094	0.003	0.002	0.0002
6	0.126	0.425	0.012	0.009	0.0008
7_1	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007
GALLERIA 1*	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007
7_2	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007
GALLERIA 2*	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007
7_3	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007
GALLERIA 3 *	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007
7_4	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007

- Tabella 15).

Tratta	Traffico leggero			Traffico pesante	
	T.O.M. autovetture [veh/h]	T.O.M. mo- tocicli [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. leggeri [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. pesanti [veh/h]	T.O.M. au- tobus [veh/h]
1	910	227	152	46	1
2	640	159	107	28	1
3	168	42	28	10	0
5	123	31	20	8	0
6	555	138	93	35	1
7_1	475	118	79	18	0
GALLERIA 1	475	118	79	18	0
7_2	475	118	79	18	0
GALLERIA 2	475	118	79	18	0

Tratta	Traffico leggero			Traffico pesante	
	T.O.M. autovetture [veh/h]	T.O.M. motocicli [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. leggeri [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. pesanti [veh/h]	T.O.M. autobus [veh/h]
7_3	475	118	79	18	0
GALLERIA 3	475	118	79	18	0
7_4	475	118	79	18	0

Tabella 13 Transiti orari per classe veicolare e velocità media – configurazione di progetto

Tratta	NOx	CO	PM10	PM2.5	Benzene
	g/(km*veic)	g/(km*veic)	g/(km*veic)	g/(km*veic)	g/(km*veic)
1	0.584	1.871	0.050	0.041	0.004
2	0.566	1.876	0.050	0.040	0.004
3	0.607	1.866	0.051	0.041	0.004
5	0.619	1.862	0.051	0.042	0.004
6	0.554	1.864	0.051	0.042	0.004
7_1	0.714	1.661	0.041	0.035	0.004
GALLERIA 1*	0.714	1.661	0.041	0.035	0.004
7_2	0.714	1.661	0.041	0.035	0.004
GALLERIA 2*	0.714	1.661	0.041	0.035	0.004
7_3	0.714	1.661	0.041	0.035	0.004
GALLERIA 3*	0.714	1.661	0.041	0.035	0.004
7_4	0.714	1.661	0.041	0.035	0.004

Tabella 14 Transiti orari per classe veicolare e velocità media – configurazione di progetto

Tratta	NOx	CO	PM10	PM2.5	Benzene
	g/(km*s)	g/(km*s)	g/(km*s)	g/(km*s)	g/(km*s)
1	0.217	0.694	0.019	0.015	0.0013
2	0.147	0.487	0.013	0.010	0.0009
3	0.042	0.129	0.004	0.003	0.0002
5	0.031	0.094	0.003	0.002	0.0002
6	0.126	0.425	0.012	0.009	0.0008
7_1	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007
GALLERIA 1*	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007
7_2	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007
GALLERIA 2*	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007
7_3	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007
GALLERIA 3*	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007
7_4	0.137	0.319	0.008	0.007	0.0007

Tabella 15 Emissioni per km di strada - configurazione di progetto

* Per gli imbocchi della galleria è stato calcolato il coefficiente emissivo stradale, considerando la lunghezza del tunnel e tale valore è stato inserito negli imbocchi della galleria modellizzati come sorgenti areali su AERMOD (metà da una parte e metà dall'altra).

7.3 I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI

Così come per lo stato attuale, nello scenario di progetto, dopo aver completato la fase di modellazione dell'input, è stato possibile ottenere l'output del modello. Anche in questo caso l'output ha permesso di determinare i livelli di concentrazione relativi ai principali inquinanti generati dalla sorgente stradale:

- Ossidi di Azoto NO_x;
- Monossido di Carbonio CO;
- Particolato PM₁₀;
- Particolato PM_{2.5};
- Benzene C₆H₆.

Per la rappresentazione grafica delle concentrazioni medie annue è possibile far riferimento ai seguenti elaborati, specifici per ogni inquinante analizzato:

- 0403_T00IA00AMBCT08A “Mappa delle concentrazioni di inquinanti – NO_x – Ante Operam”
- 0405_T00IA00AMBCT10A “Mappa delle concentrazioni di inquinanti – CO – Ante Operam O”
- 0407_T00IA00AMBCT12A “Mappa delle concentrazioni di inquinanti – PM 10 (annuale) – Ante Operam
- 0409_T00IA00AMBCT14A “Mappa delle concentrazioni di inquinanti – PM 10 (giornaliero) – Ante Operam”
- 0411_T00IA00AMBCT16A “Mappa delle concentrazioni di inquinanti – PM 2,5 – Ante Operam”
- 0413_T00IA00AMBCT18A “Mappa delle concentrazioni di inquinanti – Benzene– Ante Operam”

8 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

Di seguito si descrivono i risultati relativi all'impatto ambientale conseguente alla realizzazione della nuova S.S. 125/133 bis Olbia-Palau. I risultati delle simulazioni della dispersione di inquinanti in atmosfera relativi allo stato attuale e allo stato di progetto sono rappresentati nelle mappe di concentrazione in aria al livello del suolo relative per i diversi inquinanti 0402_T00IA00AMBCT07A÷18A).

8.1 I RICETTORI DI RIFERIMENTO

Per ricettori si intendono, in generale, quegli edifici ubicati lungo gli assi stradali che sono rappresentativi di aree potenzialmente disturbate e caratterizzati dalla presenza di uno o più gruppi di abitazioni. Con riferimento alla componente atmosfera, poiché il livello di inquinamento è fortemente soggetto alle condizioni meteorologiche, si farà riferimento alle concentrazioni medie per una determinata area sia essa urbana o a carattere naturalistico.

8.2 I PUNTI RICETTORI

Per stimare i livelli di concentrazione degli inquinanti è necessario imputare al software dove calcolare tali valori. Perciò sono stati individuati, in prossimità della viabilità attuale, i principali ricettori che potrebbero essere maggiormente esposti all'inquinamento atmosferico.

Nel complesso sono stati individuati 9 ricettori per valutare la protezione della salute umana.

RICETTORE	X	Y	Z (elevazione)
1001	541272,85	4536550,92	60,00
1005	541280,41	4536407,87	60,00
1012	541043,75	4536204,39	70,00
1031	540524,00	4537728,85	132,93
1043	539118,60	4538431,82	83,35
1052	537213,98	4538987,26	102,50
2020	540740,38	4536190,11	97,37
2028	538628,80	4538268,06	116,58
2045	538045,05	4538583,16	140,00

Tabella 16 Ricettori considerati- coordinate

8.3 LA MAGLIA DI CALCOLO

In affiancamento ai ricettori puntuali, utili per verificare in prossimità di questi che le concentrazioni stimate rispettino i limiti normativi di protezione umana, è stata individuata una maglia di calcolo comprendente l'area prossima alla viabilità di riferimento, finalizzata alla rappresentazione grafica delle curve di isoconcentrazione e alla valutazione complessiva della dispersione degli inquinanti nell'atmosfera.

Seguendo tali principi è stata definita una maglia di punti di calcolo le cui caratteristiche sono sinteticamente riportate in Tabella 17.

Coordinate del centro: Asse X	539186,42
Coordinate del centro: Asse Y	4537310,00
Passo lungo l'asse X	215
Passo lungo l'asse Y	215
N° di punti lungo l'asse X	35
N° di punti lungo l'asse Y	35
N° di punti di calcolo totali	1225

Tabella 17 Coordinate dei punti della maglia di calcolo

8.4 VALUTAZIONE DELLE SIMULAZIONI

Per i principali inquinanti atmosferici, al fine di salvaguardare la salute e l'ambiente, la normativa relativa alla qualità dell'aria stabilisce limiti di concentrazione a cui attenersi (vedi Tabella 1).

Nello scenario post operam, a seguito degli interventi previsti, non si evidenziano differenze sostanziali con la situazione ante operam: in entrambi gli scenari le concentrazioni medie annue degli inquinanti sono atte-

se di gran lunga inferiori ai valori limite fissati per legge.

Nello scenario post operam, a seguito della costruzione delle gallerie, si assiste ad un localizzato incremento delle concentrazioni degli inquinanti in corrispondenza degli imbocchi. Ciò è del tutto comprensibile e non incide in alcun modo sulle emissioni riscontrabili sui ricettori.

Di seguito analizziamo la situazione specifica per ciascun inquinante.

Monossido di carbonio

Per il monossido di carbonio, la normativa vigente fissa il valore limite di 10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ su una mediazione temporale di 8 h. Pertanto il confronto viene effettuato tra i valori medi massimi registrati in tale intervallo temporale.

Nello stato ante operam, in cui vengono considerati i flussi di traffico veicolare dello stato attuale, il livello di inquinamento atmosferico raggiunge dei picchi di 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ individuabili lungo l'asse stradale.

Per lo scenario post operam, invece, le concentrazioni massime si riscontrano a ridosso degli imbocchi delle gallerie e possono raggiungere valori intorno ai 1400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

È bene notare, che le concentrazioni decrescono molto rapidamente man a mano che ci si allontana dall'asse stradale.

In entrambi i casi quindi, i valori delle concentrazioni sono ben al di sotto dei limiti di legge.

Particolato PM10 e PM2.5

Per il particolato PM10, la normativa prevede due intervalli di mediazione temporale:

1. Il valore medio annuo fissato a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2. Il valore medio giornaliero con limite fissato a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e con un massimo di 35 superamenti l'anno.

Per il particolato PM2.5, invece la legge fissa solo il limite medio annuo pari a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le mappe di concentrazione del PM10 e PM2.5 relative al valore medio annuo mostrano una situazione del tutto analoga a quella del monossido di carbonio.

Nello scenario attuale il maggiore inquinamento atmosferico è localizzato lungo l'asse stradale con valori massimi che si attestano rispettivamente intorno a 1.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 1.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; mentre nello scenario post opera i valori massimi sono circoscritti alla zona di ingresso e uscita della galleria con valori pari rispettivamente a 2.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 2.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La medesima situazione è riscontrabile anche nelle mappe di PM10 relative al valore medio giornaliero, i cui risultati sono riferiti al 90.4° percentile annuo, parametro che consente il confronto effettivo con lo standard di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e con i superamenti massimi consentiti. Nello scenario AO notiamo valori massimi pari a 10.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nello scenario PO invece pari a 22.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pertanto per gli inquinanti PM10 e PM2.5, sia nello scenario attuale, sia in quello futuro, è lecito attendersi piena conformità ai limiti di legge.

Benzene

Nella situazione ante operam l'area urbana nei pressi dell'asse stradale è coinvolta dall'inquinamento da benzene con concentrazioni massime che, in alcuni punti, si attestano intorno ad 0.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, concentrazione decisamente inferiore rispetto al limite di legge di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Anche lo scenario post operam conferma quanto già notato per i precedenti inquinanti: i valori massimi di concentrazione sono circoscritti agli imbocchi della galleria, con valori pari a $0.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pertanto anche per tale 'inquinante è lecito attendersi la conformità ai limiti di legge.

NOx ed NO2

La normativa vigente sulla qualità dell'aria prevede dei valori limite per la protezione della salute umana espressi come NO2, in particolare:

1. Media annua fissata a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2. Media massima oraria $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con 18 superamenti annui ammissibili.

Il modello di simulazione utilizzato e gli inventari sulle emissioni sono invece espressi in termini di NOx per cui la normativa attribuisce un valore limite annuale per la protezione della vegetazione pari a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pertanto di seguito si ritiene necessario fare delle precisazioni sui meccanismi di formazione del NO2.

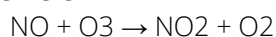
Gli ossidi di azoto sono presenti in atmosfera sotto diverse specie, di cui le due più importanti, dal punto di vista dell' inquinamento atmosferico sono l'ossido di azoto, NO, ed il biossido di azoto, NO2, la cui origine primaria nei bassi strati dell'atmosfera è costituita dai processi di combustione e, nelle aree urbane, dai gas di scarico degli autoveicoli e dal riscaldamento domestico. La loro somma pesata prende il nome di NOx e la loro origine deriva dalla reazione di due gas (N2 e O2) comunemente presenti in atmosfera.

L'inquinante primario prodotto dalle combustioni dei motori è l'ossido di azoto (NO); la quantità di NO prodotta durante una combustione dipende da vari fattori:

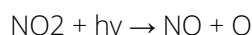
- temperatura di combustione : più elevata è la temperatura di combustione maggiore è la produzione di NO;
- tempo di permanenza a tale temperatura dei gas di combustione: maggiore è il tempo di permanenza, più elevata è la produzione di NO;
- quantità di ossigeno libero contenuto nella fiamma: più limitato è l'eccesso d'aria della combustione, minore è la produzione di NO a favore della produzione di CO.

Il meccanismo di formazione secondaria di NO2 dai processi di combustione prevede che, una volta emesso in atmosfera, l'NO prodotto si converte parzialmente in NO2 (produzione di origine secondaria) in presenza di ozono (O3). L'insieme delle reazioni chimiche che intervengono nella trasformazione di NO in NO2 è detto ciclo fotolitico e può essere così schematizzato:

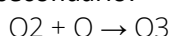
l'O3 reagisce con l' emesso per formare NO2 e O2



le molecole di NO2 presenti nelle ore diurne e soleggiate assorbono energia dalla radiazione ultravioletta (fotoni $h\nu$ di lunghezza d'onda inferiore a 430 nm). L'energia assorbita scinde la molecola di NO2 producendo una molecola di NO e atomi di ossigeno altamente reattivi.



gli atomi di ossigeno sono altamente reattivi e si combinano con le molecole di O2 presenti in aria per generare ozono (O3) che quindi è un inquinante secondario:



Le reazioni precedenti costituiscono un ciclo che, però, rappresenta solo una porzione ridotta della complessa chimica che ha luogo nella parte bassa dell'atmosfera. Infatti, se in aria avessero luogo solo queste reazioni, tutto l'ozono prodotto verrebbe distrutto, e l'NO₂ si convertirebbe in NO per convertirsi nuovamente in NO₂ senza modifiche nella concentrazione delle due specie, mantenendo costante il rapporto tra NO₂ e NO in aria.

In condizioni di aria inquinata da scarichi veicolari (fonte di NO primario e NO₂ secondario) in presenza di COV incombusti e forte irraggiamento, il monossido d'azoto NO non interagisce più solo con ozono nel ciclo di distruzione, ma viene catturato e contemporaneamente trasformato in NO₂, con conseguente accumulo di NO₂ e O₃ in atmosfera.

Poiché il modello di simulazione utilizzato per l'analisi della dispersione delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera non tiene conto dei vari meccanismi chimici di trasformazione che portano alla formazione secondaria degli NO₂ a partire dagli NO, l'analisi modellistica eseguita è stata effettuata per l'NO_x. E' difficile prevedere la percentuale di NO₂ contenuta negli NO_x, in quanto come riportato precedentemente questa dipende da molteplici fattori, come la presenza di Ozono (O₃) e di luce. Inoltre i casi in cui si verificano tali condizioni, generalmente sono caratterizzate da condizioni meteo tali da favorire la dispersione degli inquinanti.

Al fine di utilizzare un approccio il più cautelativo possibile, nel seguito della trattazione si è assunto che l'NO_x emesso sia da considerarsi totalmente come NO₂, cioè NO₂/NO_x = 1 (situazione limite poco probabile).

Quindi le mappe 0402_T00IA00AMBCT07A Planimetria dei recettori e concentrazioni NO_x - Ante Operam e 0402_T00IA00AMBCT07A Planimetria dei recettori e concentrazioni NO_x - Post Operam relative alla media annua mostrano una situazione del tutto conforme ai limiti di legge, sia nello stato ante opera che in quello post opera.

Le stesse mappe possono essere esemplificative dell'inquinante NO₂ stimato a partire dall'equazione cautelativa NO₂=NO_x ed anche in questo caso le mappe mostrano una situazione del tutto conforme ai limiti di legge.

La medesima situazione è riscontrabile anche nelle simulazione di NO₂ relative al valore medio orario, i cui risultati sono riferiti al 99.8° percentile annuo (considerando sempre l'equazione NO₂=NO_x), parametro che consente il confronto effettivo con lo standard di 200 µg/m³ e con i superamenti massimi consentiti. Ripor-tiamo di seguito uno stralcio della simulazione ottenuta.

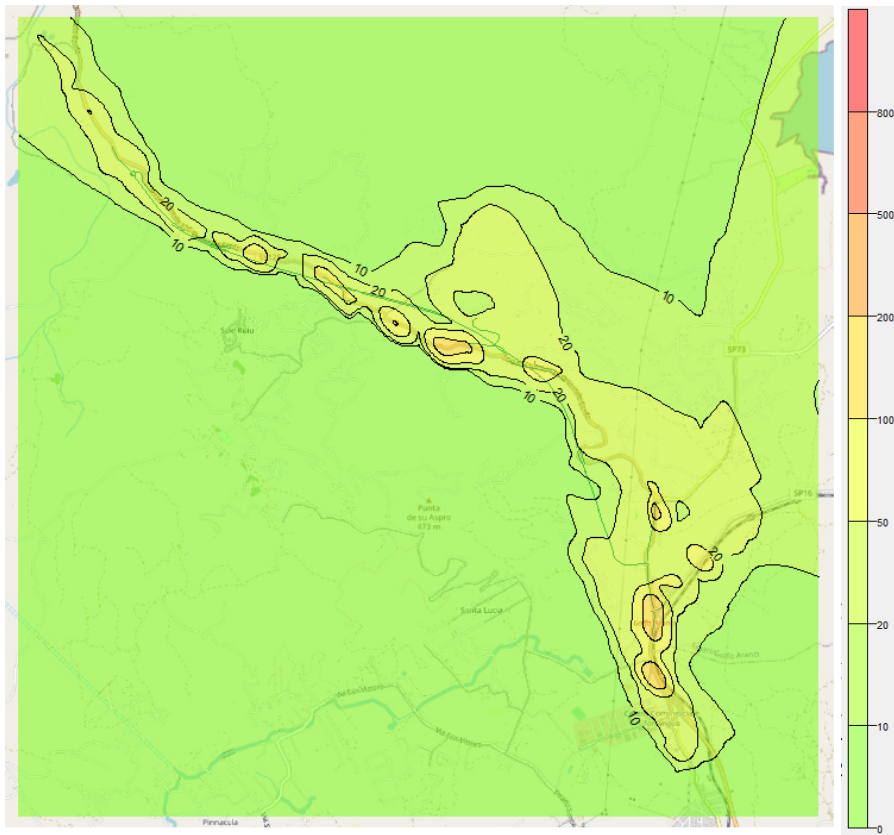


Figura 28 Concentrazioni di NO2 Ante-Operam

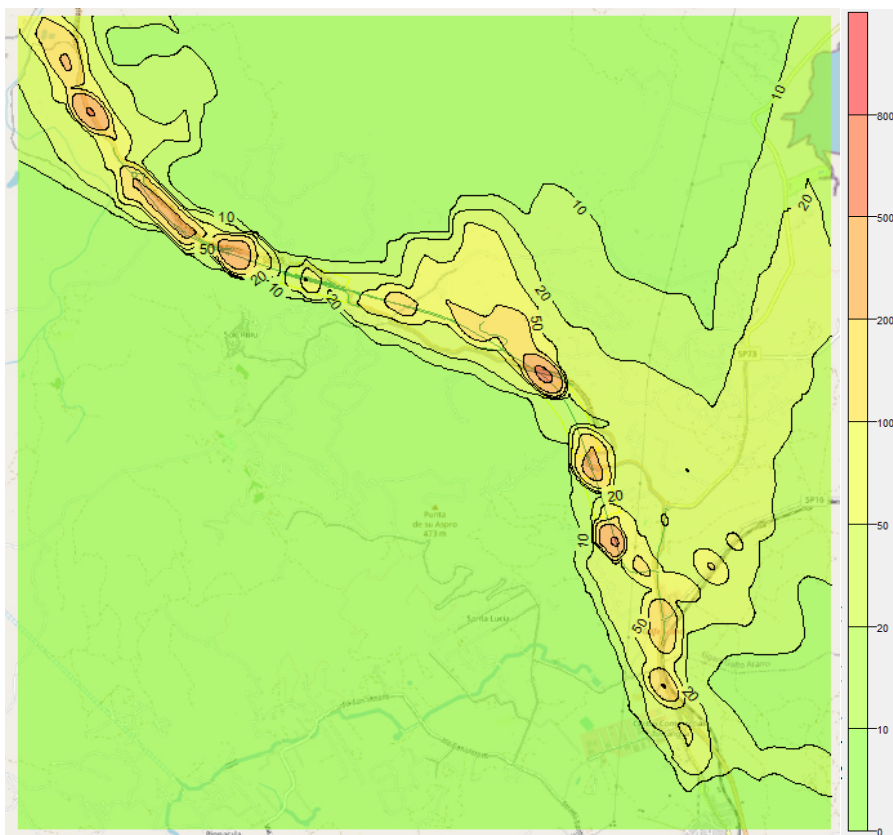


Figura 29 Concentrazioni di NO2 Post-Operam

Perciò, anche assumendo che il rapporto NO₂/NO_x è pari a 1, i valori di concentrazione degli ossidi di azoto stimati sui ricettori con il modello di dispersione in atmosfera risultano al di sotto dei valori limite previsti dalla normativa.

8.5 LE VALUTAZIONI SUI RICETTORI DI RIFERIMENTO

I ricettori puntuali inseriti nel modello, uguali per lo scenario attuale e per lo scenario di progetto, sono rappresentati nella Tavola 0431_T00IA00AMBCT32A e 0431_T00IA00AMBCT33A - Planimetria dei ricettori.

Attraverso le simulazioni è possibile, a valle dei risultati ottenuti, effettuare un confronto tra i diversi scenari e per ciascun inquinante del valore di concentrazione in aria al livello del suolo con riferimento alla media annuale.

Di seguito, vengono riportati i risultati delle concentrazioni degli inquinanti di interesse stimati in corrispondenza dei punti ricettori specifici, al fine di condurre le verifiche con i limiti definiti in normativa per ogni inquinante.

NO ₂ * (µg/m ³)				
Ricettori	Tipologia	AO	PO	LIMITE NORMATIVO
1001	residenziale	1.51	1.21	40 µg/m ³
1005	terziario	1.86	1.56	
1012	box	0.46	2.25	

1043	residenziale	0.59	2.5	
1052	residenziale	1.82	3.4	
2020	residenziale	0.18	0.38	
2045	residenziale	0.22	0.68	

Tabella 18 Concentrazioni ricettori NO₂- media annua

NO ₂ * (µg/m ³)				
Ricettori	Tipologia	AO	PO	LIMITE NORMATIVO
1001	residenziale	34.89	31.57	200 µg/m ³
1005	terziario	45.13	39.22	
1012	box	24.79	69.74	
1043	residenziale	17.97	70.83	
1052	residenziale	23.65	91.79	
2020	residenziale	8.84	28.14	
2045	residenziale	22.65	34.47	

Tabella 19 Concentrazioni ricettori NO₂- media orari

* Si precisa che la stima del parametro NO₂ è svolta considerando cautelativamente l'equazione NO₂= NO_x.

CO (µg/m ³)				
Ricettori	Tipologia	AO	PO	LIMITE NORMATIVO
1001	residenziale	98.83	74.5	10000 µg/m ³
1005	terziario	118.89	96.3	
1031	box	107.25	47.1	
1043	residenziale	37.53	135.2	
1052	residenziale	67.53	173.8	
2020	residenziale	44.06	52.3	
2045	residenziale	13.45	40.5	

Tabella 20 Concentrazioni ricettori CO- media 8h

PM 10 (µg/m ³)				
Ricettori	Tipologia	AO	PO	LIMITE NORMATIVO
1001	residenziale	0.13	0.09	40 µg/m ³
1005	terziario	0.16	0.12	
1031	box	0.14	0.09	
1043	residenziale	0.05	0.15	
1052	residenziale	0.16	0.19	
2020	residenziale	0.015	0.03	
2045	residenziale	0.02	0.04	

Tabella 21 Concentrazioni ricettori PM10- media annua

PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
Ricettori	Tipologia	AO	PO	LIMITE NORMATIVO
1001	residenziale	1.72	1.45	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1005	terziario	2.19	1.88	
1031	box	1.69	0.86	
1043	residenziale	1.66	1.89	
1052	residenziale	1.14	2.46	
2020	residenziale	0.66	0.8	
2045	residenziale	0.24	0.75	

Tabella 22 Concentrazioni ricettori PM10- media giornaliera

PM 2,5($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
Ricettori	Tipologia	AO	PO	LIMITE NORMATIVO
1001	residenziale	0.11	0.08	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1005	terziario	0.13	0.1	
1031	box	0.11	0.04	
1043	residenziale	0.04	0.12	
1052	residenziale	0.13	0.17	
2020	residenziale	0.013	0.02	
2045	residenziale	0.015	0.03	

Tabella 23 Concentrazioni ricettori PM2.5- media annua

BENZENE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
Ricettori	Tipologia	AO	PO	LIMITE NORMATIVO
1001	residenziale	0.006	0.007	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1005	terziario	0.007	0.009	
1031	box	0.006	0.005	
1043	residenziale	0.002	0.012	
1052	residenziale	0.006	0.017	
2020	residenziale	0.001	0.002	
2045	residenziale	0.001	0.004	

Tabella 24 Concentrazioni ricettori Benzene – media annua

In tutti i casi analizzati, per ogni inquinante, le concentrazioni calcolate per ciascun ricettore risultano ben al di sotto del limite normativo corrispondente.

9 LE INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE

Gli impatti più significativi esercitate dai cantieri sulla componente atmosfera è sicuramente generata dal sollevamento di polveri nonché da tutte quelle attività di scavo, movimentazione dei materiali terrogeni potenzialmente polverulenti e stoccaggio in cumulo dei materiali delle lavorazioni.

Contestualmente è necessario individuare i ricettori presenti al contorno dell'area di lavoro e dei cantieri fissi per le quali l'impatto atmosferico risulta maggiormente critico.

La significatività degli effetti stimati per la dispersione delle polveri prodotte dalle attività di cantiere dipende dalla tipologia e dall'entità delle attività stesse e dalla tipologia e dalla localizzazione dei ricettori, ossia dalla quantità di popolazione esposta alle attività di cantiere.

Prima di entrare nel merito delle risultanze delle analisi, si sottolinea che, per quanto riguarda le tipologie di attività/aree di cantiere prese in considerazione, sono state considerate le aree di cantiere interessate dalle operazioni di scavo, movimentazione, stoccaggio terre e accumulo pertanto i Cantieri operativi, il Cantiere Base (CB), le Aree di stoccaggio (AS), nonché le aree di lavoro.

9.1 GLI INPUT TERRITORIALI

9.1.1 I Dati Orografici

Come per le simulazioni in fase di esercizio, anche per la valutazione delle interferenze in fase di cantiere è stato utilizzato il software Aermid View. Questo, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare l'orografia del territorio in esame. Come per le precedenti simulazioni, con riferimento all'area di intervento si è adottata una conformazione del territorio di tipo "elevated terrain".

9.1.2 I Dati Meteorologici

Un altro input fondamentale per l'applicazione del modello di simulazione in Aermid è il dato meteorologico. Come già detto in precedenza, al fine di realizzare un dato compatibile con il preprocessore AERMET, il dato grezzo della centralina di Olbia Aeroporto è stato elaborato e trasformato in formato SAMSON. Pertanto, come dato meteorologico di riferimento per le simulazioni della fase di cantiere sono stati considerati gli stessi dati utilizzati per le simulazioni della fase di esercizio, ossia gli ultimi dati disponibili registrati dalla centralina nell'anno 2019.

9.2 GLI INPUT PROGETTUALI

9.2.1 La Metodologia Del Worst Case Scenario

La metodologia che è stata seguita per la definizione degli input di progetto e quindi delle sorgenti emissive presenti durante la fase di cantiere dell'opera in esame è quella del "Worst Case Scenario". Tale metodologia, ormai consolidata ed ampiamente utilizzata in molti campi dell'ingegneria civile ed ambientale, consiste, una volta definite le variabili che determinano gli scenari, nel simulare la situazione peggiore possibile tra una gamma di situazioni "probabili". Pertanto, il primo passo sta nel definire le variabili che influenzano lo scenario, che nel caso in esame sono le variabili che influenzano il modello di simulazione.

Una volta valutati gli scenari è possibile fare riferimento ad uno o più scenari, ritenuti maggiormente critici.

9.2.2 La definizione delle sorgenti emissive di cantiere

Nel caso in esame relativo alla realizzazione della nuova S.S. 125/133bis Olbia-Palau, le aree studiate fanno riferimento agli scenari di cantiere qui di seguito riportati:

Scenario 1

- Cantiere operativo e area di stoccaggio
- Aree di lavoro lungo l'asse della nuova viabilità

Scenario 2

- Cantiere operativo e area di stoccaggio
- Lavori imbocco galleria

Scenario 3

- Galleria artificiale

Analizzando in dettaglio i tre scenari, ciascuno è caratterizzato dalle seguenti attività, come mostrato in Tabella 25.

Scenario 1		
Codice	Area	Attività di cantiere
C.O.	Cantiere Operativo	Carico e scarico del materiale Erosione del vento sui cumuli Trasporto su terreno non pavimentato
F.A.L.	Fronte Avanzamento Lavori	Realizzazione del manto stradale Carico del materiale Trasporto su terreno non pavimentato
Scenario 2		
Codice	Area	Attività di cantiere
C.O.	Cantiere Operativo	Carico e scarico del materiale Erosione del vento sui cumuli Trasporto su terreno non pavimentato
F.A.L.	Fronte Avanzamento Lavori	Attività di sbancamento per la realizzazione della galleria Carico del materiale Trasporto su terreno non pavimentato
Scenario 3		

Codice	Area	Attività di cantiere
F.A.L.	Fronte Avanzamento Lavori	Scarico del materiale Trasporto su terreno non pavimentato

Tabella 25 Attività di cantiere per ciascuno scenario

Per ogni scenario le attività di cantiere sopra citate sono considerate contemporanee tra loro in termini temporali e spaziali al fine di simulare la configurazione di cantiere peggiore.

Gli scenari oggetto delle simulazioni modellistiche in fase di cantiere sono caratterizzati da sorgenti areali dell'area di stoccaggio e da sorgenti lineari della strada su cui si lavora.

In relazione alle attività previste, dalle quali vengono generate le emissioni polverulente, sarà effettuata la stima dei fattori di emissione, per i quali si rimanda al Par. 9.4, che rappresentano uno degli input principali per l'applicazione del modello di simulazione.

Si specifica come per tali attività di movimentazione di terra verranno valutati come inquinanti le polveri (PM10 e PM2.5), tralasciando gli altri inquinanti di poco interesse per la tipologia di sorgente individuata.

9.3 LA METODOLOGIA DI RIFERIMENTO

I fattori di emissione rappresentano la capacità unitaria di emissione delle attività che si stanno analizzando. Il fattore di emissione, quindi, rappresenta la parte unitaria delle emissioni che, moltiplicata per l'unità di tempo in cui la sorgente rimane in condizione "attive", permette il calcolo delle emissioni di inquinanti totali "uscenti" dalla sorgente.

Per la stima di tali valori si è ricorso ai dati bibliografici messi a disposizione dalla U.S. E.P.A. (United States Environmental Protection Agency) Emission Factors&AP42 "Compilation of Air Pollutant Emission Factor". In tale documento sono riportati tutti i fattori di emissione riguardanti le principali sorgenti, dagli impianti industriali, agli impianti estrattivi, sino alle operazioni di costruzioni civili.

Nei seguenti paragrafi, verranno calcolati i singoli fattori di emissione relativi al PM10 e al PM2.5 (principali inquinanti generati dalle attività di cantiere), in relazione alle attività di cantiere ritenute critiche per l'inquinamento atmosferico.

9.4 I FATTORI DI EMISSIONE

Nel seguente paragrafo verrà trattato in maniera approfondita il calcolo dei fattori di emissione per ogni scenario, valutando il contributo di ciascuna attività all'impatto atmosferico correlato alla polverosità indotta su tutto il periodo di lavorazione.

Le emissioni di inquinanti sono dovute sia a sorgenti lineari che areali. Fra le prime è possibile riconoscere strade di cantiere percorse dagli autoveicoli e dai mezzi pesanti per il trasporto del materiale scavato; le seconde sono costituite dalle zone di deposito.

Le emissioni che si originano dalle strade dipendono essenzialmente dal numero e dal peso dei mezzi che vi transitano oltre che dal tipo di ricoprimento della strada stessa. Le emissioni che derivano dagli accumuli di inerti sono dovute al vento, che, quando assume particolare intensità è in grado di risospingere la frazione fine del materiale depositato.

La trattazione verrà svolta per ogni scenario, valutando separatamente la fase di Fronte Avanzamento Lavori e il Cantiere Operativo.

9.4.1 SCENARIO 1

Per la fase di C.A. avremo i seguenti fattori di emissione:

- Carico e scarico [codice EPA13.2.4]
- Trasporto su strada non pavimentata [codice EPA13.2.2]
- Erosione del vento sui cumuli [codice EPA13.2.5]

Per la fase di F.A.L. invece:

- Scarico codice [EPA 13.2.4]
- Trasporto su strada pavimentata [codice EPA 13.2.1]
- Realizzazione manto stradale [codice EPA11.9.2 "GRADING"]

9.4.1.1 I fattori di emissione relativi AL CARICO E SCARICO DEL MATERIALE NEL CANTIERE OPERATIVO

Con riferimento alle attività in esame è stata applicata la formulazione fornita dall'E.P.A. 13.2.4 relativa alle attività di carico e scarico, di seguito riportata.

$$EF_c = k(0.0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} \text{ [kg/t]}$$

Il fattore di emissione sopra definito, pertanto, dipende da una costante k che tiene conto della dimensione del particolato che si intende analizzare, della velocità media del vento espressa in metri al secondo, e della % M di umidità del materiale.

Per il valore di k si può fare riferimento ai valori di tabella seguente.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)				
<30 µm	<15 µm	<10 µm	<5 µm	<2.5 µm
0,74	0,48	0,35	0,20	0,053

Tabella 26 Valori coefficiente aerodinamico fonte: EPA AP42

Mentre per il range di validità degli altri parametri è possibile fare riferimento alla tabella seguente.

Ranges Of Source Conditions			
Silt Content (%)	Moisture Content (%)	Wind speed	
		m/s	Mph
0,44 – 19	0,25 – 4,8	0,6 – 6,7	1,3 – 15

Tabella 27 Range di validità dei coefficienti per il calcolo di EF fonte: EPA AP42

Con riferimento ai valori dei coefficienti, assunti per l'analisi in esame, si è considerato:

- U = velocità media del vento pari a 4,1 m/s (valore desunto dall'analisi meteorologica);
- M = percentuale di umidità considerata pari a 4,8% per i rilevati tradizionali;
- k = pari a 0,35 per considerare l'apporto del PM10 e 0,053 per considerare l'apporto del PM2.5.

Applicando la formulazione sopra indicata ed ipotizzata una produttività di circa 160 m3/giorno, le emissioni di PM10 e PM2.5 generate dall'attività considerata all'interno del cantiere in esame risultano pari rispettivamente a 0,001g/s e 0,0001 g/s.

9.4.1.2 I Fattori Di Emissione Relativi Al Trasporto Su Strada Non Pavimentata CANTIERE OPERATIVO

All'interno del cantiere viene preso in considerazione il sollevamento delle polveri originato dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste, indotta dalle ruote dei mezzi. Tale attività può essere schematizzata attraverso la formulazione dell'EPA 13.2.2 qui riportata:

$$F = k(s/12)^a * (W/3)^b \quad [g/VKT]$$

Dove:

- s= contenuto di silt in %
- W= peso medio dei mezzi sul cantiere
- K, a , b dipendono dalla dimensione del particolato considerato, facendo riferimento alla tabella sottostante

	PM 2,5	PM 10	PM 30
K	0,15	1,5	4,9
a	0,9	0,9	0,7
b	0,45	0,45	0,45

Tabella 28 Coefficienti di K, a, b

Essendo il coefficiente espresso in VKT (veicolo per km percorso), considerato che un percorso di 250 m e un numero di viaggi pari a 20 al giorno, i fattori di emissione saranno: 0.025 g/s per il PM10 e 0.00024 g per il PM2.5.

9.4.1.3 I Fattori Di Emissione Relativi All'erosione Del Vento Sui Cumuli nel cantiere operativo

All'interno dell'area di stoccaggio viene tenuta in considerazione, come altra attività che genera emissioni di PM10 e PM2.5, l'erosione del vento sui cumuli di materiale depositati.

Al fine di poter determinare il fattore di emissione di tale azione è possibile riferirsi alla già citata guida dell'EPA.

In questo caso il modello fa dipendere il fattore di emissione da due fattori che concorrono alla possibile emissione di particolato da parte del cumulo:

- il numero di "movimentazioni" ovvero di interferenze intese come deposito e scavo di materiale sul/dal cumulo;

- la velocità del vento a cui è sottoposto il cumulo stesso.

La formula per il calcolo del fattore di emissione è data pertanto da:

$$EF = k \sum_{i=1}^N P_i$$

dove k è la costante che tiene conto della grandezza della particella considerata, N è il numero di giorni l'anno in cui la superficie è sottoposta a "movimentazioni" e P_i è pari all'erosione potenziale corrispondente alla velocità massima del vento al giorno. Il valore di k è, anche in questo caso, tabellato.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)

30 μm	<15 μm	<10 μm	<2.5 μm
1,0	0,6	0,5	0,075

Tabella 29 Valori coefficiente aerodinamico (Fonte: EPA AP42)

Il fattore N, invece, dipende dal numero di movimentazioni a cui è sottoposto un cumulo ogni anno. Nel caso in esame si è supposto, in via cautelativa, che tutti i cumuli fossero sottoposti a movimentazione 150 volte l'anno. In ultimo, l'erosione potenziale, P_i , parte dal concetto di profilo di velocità del vento, per il quale è possibile utilizzare la seguente equazione:

$$u(z) = \frac{u^*}{0,4} \ln \frac{z}{z_0}$$

in cui u è la velocità del vento e u^* rappresenta la velocità di attrito.

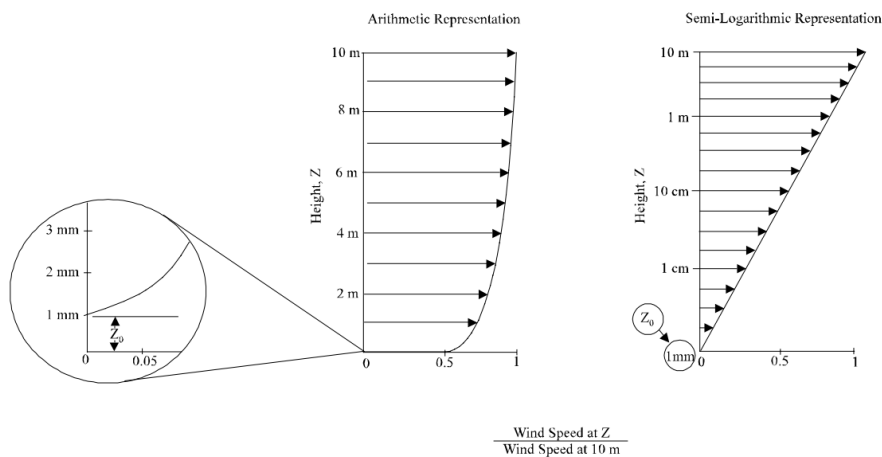


Figura 30 Illustrazione del profilo logaritmico della velocità (Fonte: EPA AP42)

L'erosione potenziale pertanto dipende dalla velocità di attrito e dal valore soglia della velocità d'attrito secondo l'equazione:

$$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$$

Da tale espressione si evince come ci sia erosione potenziale solo qualora la velocità d'attrito superi il valore soglia. Per la determinazione di tale valore il modello individua una procedura sperimentale (cfr. 1952

laboratory procedures published by W. S. Chepil). Tuttavia, in mancanza di tali sperimentazioni è possibile fare riferimento ad alcuni risultati già effettuati e riportati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Material	Threshold Friction Velocity (m/s)	Roughness Height (cm)	Threshold Wind Velocity At 10 m (m/s)	
			Z0=act	Z0=0,5cm
Overburden	1,02	0,3	21	19
Scoria (roadbed material)	1,33	0,3	27	25
Ground coal (surrounding coal pile)	0,55	0,01	16	10
Uncrusted coal pile	1,12	0,3	23	21
Scraper tracks on coal pile	0,62	0,06	15	12
Fine coal dust on concrete pad	0,54	0,2	11	10

Tabella 30 Valore di velocità di attrito limite

La velocità del vento massima tra due movimentazioni può essere determinata dai dati meteorologici utilizzati per le simulazioni.

Tali dati, essendo riferiti ad un'altezza dell'anemometro pari a 5 metri, hanno bisogno di una correzione, secondo la seguente legge:

$$u_{10}^+ = u^+ * [\ln(10/0.005) / \ln(z/0.005)]$$

in cui u_{10}^+ è la massima intensità misurata nell'arco della giornata attraverso i dati sopracitati, ad un'altezza dell'anemometro pari a 10 m.

A questo punto è possibile determinare u^* utilizzando la relazione:

$$u^* = 0,053u_{10}^+$$

È importante, inoltre, evidenziare come tale formulazione sia valida per cumuli "bassi", ovvero cumuli per cui il rapporto base su altezza sia inferiore a 2. Nel caso in esame, in relazione all'operatività del cantiere si è ipotizzata la realizzazione di tali tipologie di cumuli. Non si necessita pertanto di ulteriori correzioni ed è quindi possibile determinare i casi in cui il valore di u^* supera il valore di u_t^* . A tale proposito si è scelto di fare riferimento alla classe "overburden".

Dall'analisi dei risultati emerge come u^* assuma valori soglia in due casi.

Determinati tutti i parametri è pertanto possibile calcolare il valore del fattore di emissione con le formule viste in precedenza.

N°	U^* [m/s]	U_t^* [m/s]	P	Valore P[g/m ²]
1	1,19	1.02	$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$	6,32
2	1,16	1.02	$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$	4,9
3	1,05	1.02	$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$	0,89

Tabella 31 Valore di P

I fattori di emissione relativi al PM10 e al PM2.5 sono stati stimati applicando la formula sottostante in cui k è stato preso pari a 0,5 considerando le dimensioni del PM10 e pari a 0,075 considerando il PM2.5.

$$EF_{PM10} = k \sum_{i=1}^N P_i = 6,05 [g/m^2]$$

$$EF_{PM2.5} = k \sum_{i=1}^N P_i = 0,90 [g/m^2]$$

Al fine di ricavare il fattore di emissione espresso in g/s, come richiesto dal software, è necessario sapere l'area in cui sono presenti tali cumuli, considerata cautelativamente pari a 300m². Pertanto, i fattori di emissione per il PM10 ed il PM2.5 risultano rispettivamente pari a 0,00002 g/s e 0,000004 g/s.

9.4.1.4 I fattori di emissione relativi ALLO SCARICO DEL MATERIALE NEL FRONTE AVANZAMENTO LAVORI

Con riferimento alle attività in esame è stata applicata la formulazione fornita dall'E.P.A. 13.2.4 relativa alle attività di carico e scarico, di seguito riportata.

$$EF_c = k(0.0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} [kg/t]$$

Il fattore di emissione sopra definito, pertanto, dipende da una costante k che tiene conto della dimensione del particolato che si intende analizzare, della velocità media del vento espressa in metri al secondo, e della % M di umidità del materiale.

Per il valore di k si può fare riferimento ai valori di tabella seguente.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)				
<30 µm	<15 µm	<10 µm	<5 µm	<2.5 µm
0,74	0,48	0,35	0,20	0,053

Tabella 32 Valori coefficiente aerodinamico fonte: EPA AP42

Mentre per il range di validità degli altri parametri è possibile fare riferimento alla tabella seguente.

Ranges Of Source Conditions			
Silt Content (%)	Moisture Content (%)	Wind speed	
		m/s	Mph
0,44 – 19	0,25 – 4,8	0,6 – 6,7	1,3 – 15

Tabella 33 Range di validità dei coefficienti per il calcolo di EF fonte: EPA AP42

Con riferimento ai valori dei coefficienti, assunti per l'analisi in esame, si è considerato:

- U = velocità media del vento pari a 4,1 m/s (valore desunto dall'analisi meteorologica);
- M = percentuale di umidità considerata pari a 4,8% per i rilevati tradizionali;
- k = pari a 0,35 per considerare l'apporto del PM10 e 0,053 per considerare l'apporto del PM2.5.

Applicando la formulazione sopra indicata ed ipotizzata una produttività di circa 160 m³/giorno, le emissioni di PM10 e PM2.5 generate dall'attività considerata all'interno del cantiere in esame risultano pari rispettivamente a 0,001g/s e 0,0001 g/s.

9.4.1.5 I Fattori Di Emissione Relativi Al Trasporto Su Strada Non Pavimentata FRONTE AVANZAMENTO LAVORI

All'interno del cantiere viene preso in considerazione il sollevamento delle polveri originato dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste, indotta dalle ruote dei mezzi. Tale attività può essere schematizzata attraverso la formulazione dell'EPA 13.2.2 qui riportata:

$$F = k(s/12)^a * (W/3)^b \quad [g/VKT]$$

Dove:

- s= contenuto di silt in %
- W= peso medio dei mezzi sul cantiere
- K, a , b dipendono dalla dimensione del particolato considerato, facendo riferimento alla tabella sottostante

	PM 2,5	PM 10	PM 30
K	0,15	1,5	4,9
a	0,9	0,9	0,7
b	0,45	0,45	0,45

Tabella 34 Coefficienti di K, a, b

Essendo il coefficiente espresso in VKT (veicolo per km percorso), considerato un tragitto di 600m e 12 viaggi al giorno, i fattori di emissione saranno: 0.02 g/s per il PM10 e 0.002 g per il PM2.5.

9.4.1.6 I Fattori Di Emissione Relativi Alla Fase di realizzazione del rilevato

Per il calcolo del fattore di emissione dovuto all'attività di costruzione del rilevato si è ritenuta idonea la formulazione dell'EPA al capitolo 11.9.2 "Grading". L'equazione è la seguente:

$$EF_{PM10} = 0.00336 * (S)^2 \quad [kg/VKT]$$

$$EF_{PM2.5} = 0.000105 * (S)^{2.5} \quad [kg/VKT]$$

Dove:

- S è la velocità media del veicolo.

Essendo il coefficiente espresso in VKT (veicolo per Km percorso), si consideri che il grader lavora su tratte di 100 m.

Applicando la formulazione precedente e supponendo una velocità media del grader di 2km/h, le emissioni di PM10 e PM2.5 risultano pari rispettivamente a 0,000016 g/se 0,000001 g/s.

9.4.2 SCENARIO 2

Per la fase di C.A. avremo i seguenti fattori di emissione:

- Carico e scarico [codice EPA13.2.4]
- Trasporto su strada non pavimentata [codice EPA13.2.2]
- Erosione del vento sui cumuli [codice EPA13.2.5]

Per la fase di F.A.L. invece:

- Carico codice [EPA 13.2.4]
- Trasporto su strada pavimentata [codice EPA 13.2.1]
- Sbiancamento per la realizzazione della galleria [codice EPA11.9.2 “BULLDOZING OVERBURDEN”]

9.4.2.1 I fattori di emissione relativi al carico e scarico del materiale nel cantiere operativo

Con riferimento alle attività in esame è stata applicata la formulazione fornita dall’E.P.A. 13.2.4 relativa alle attività di carico e scarico, di seguito riportata.

$$EF_c = k(0.0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} [kg/t]$$

Il fattore di emissione sopra definito, pertanto, dipende da una costante k che tiene conto della dimensione del particolato che si intende analizzare, della velocità media del vento espressa in metri al secondo, e della % M di umidità del materiale.

Per il valore di k si può fare riferimento ai valori di tabella seguente.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)				
<30 µm	<15 µm	<10 µm	<5 µm	<2.5 µm
0,74	0,48	0,35	0,20	0,053

Tabella 35 Valori coefficiente aerodinamico fonte: EPA AP42

Mentre per il range di validità degli altri parametri è possibile fare riferimento alla tabella seguente.

Ranges Of Source Conditions			
Silt Content (%)	Moisture Content (%)	Wind speed	
		m/s	Mph
0,44 – 19	0,25 – 4,8	0,6 – 6,7	1,3 – 15

Tabella 36 Range di validità dei coefficienti per il calcolo di EF fonte: EPA AP42

Con riferimento ai valori dei coefficienti, assunti per l’analisi in esame, si è considerato:

- U = velocità media del vento pari a 4,1 m/s (valore desunto dall’analisi meteo climatica);
- M = percentuale di umidità considerata pari a 4,8% per i rilevati tradizionali;
- k = pari a 0,35 per considerare l’apporto del PM10 e 0,053 per considerare l’apporto del PM2.5.

Applicando la formulazione sopra indicata ed ipotizzata una produttività di circa 160 m³/giorno, le emissioni di PM10 e PM2.5 generate dall'attività considerata all'interno del cantiere in esame risultano pari rispettivamente a 0,001g/s e 0,0001g/s.

9.4.2.2 I Fattori Di Emissione Relativi Al Trasporto Su Strada Non Pavimentata cantiere operativo

All'interno del cantiere viene preso in considerazione il sollevamento delle polveri originato dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste, indotta dalle ruote dei mezzi. Tale attività può essere schematizzata attraverso la formulazione dell'EPA 13.2.2 qui riportata:

$$F = k(s/12)^a * (W/3)^b \quad [g/VKT]$$

Dove:

- s= contenuto di silt in %
- W= peso medio dei mezzi sul cantiere
- K, a , b dipendono dalla dimensione del particolato considerato, facendo riferimento alla tabella sottostante

	PM 2,5	PM 10	PM 30
K	0,15	1,5	4,9
a	0,9	0,9	0,7
b	0,45	0,45	0,45

Tabella 37 Coefficienti di K, a, b

Essendo il coefficiente espresso in VKT (veicolo per km percorso), considerato una tratta di 150 m e 20 viaggi al giorno, i fattori di emissione saranno: 0.015 g/s per il PM10 e 0.0015 g per il PM2.5.

9.4.2.3 I Fattori Di Emissione Relativi All'erosione Del Vento Sui Cumuli nel cantiere operativo

All'interno dell'area di stoccaggio viene tenuta in considerazione, come altra attività che genera emissioni di PM10 e PM2.5, l'erosione del vento sui cumuli di materiale depositati.

Al fine di poter determinare il fattore di emissione di tale azione è possibile riferirsi alla già citata guida dell'EPA.

In questo caso il modello fa dipendere il fattore di emissione da due fattori che concorrono alla possibile emissione di particolato da parte del cumulo:

- il numero di "movimentazioni" ovvero di interferenze intese come deposito e scavo di materiale sul/dal cumulo;
- la velocità del vento a cui è sottoposto il cumulo stesso.

La formula per il calcolo del fattore di emissione è data pertanto da:

$$EF = k \sum_{i=1}^N P_i$$

dove k è la costante che tiene conto della grandezza della particella considerata, N è il numero di giorni l'anno in cui la superficie è sottoposta a "movimentazioni" e Pi è pari all'erosione potenziale corrispondente alla velocità massima del vento al giorno. Il valore di k è, anche in questo caso, tabellato.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)

30 µm	<15 µm	<10 µm	<2.5 µm
1,0	0,6	0,5	0,075

Tabella 38 Valori coefficiente aerodinamico (Fonte: EPA AP42)

Il fattore N, invece, dipende dal numero di movimentazioni a cui è sottoposto un cumulo ogni anno. Nel caso in esame si è supposto, in via cautelativa, che tutti i cumuli fossero sottoposti ad almeno una movimentazione giornaliera. In ultimo, l'erosione potenziale, Pi, parte dal concetto di profilo di velocità del vento, per il quale è possibile utilizzare la seguente equazione:

$$u(z) = \frac{u^*}{0,4} \ln \frac{z}{z_0}$$

in cui u è la velocità del vento e u* rappresenta la velocità di attrito.

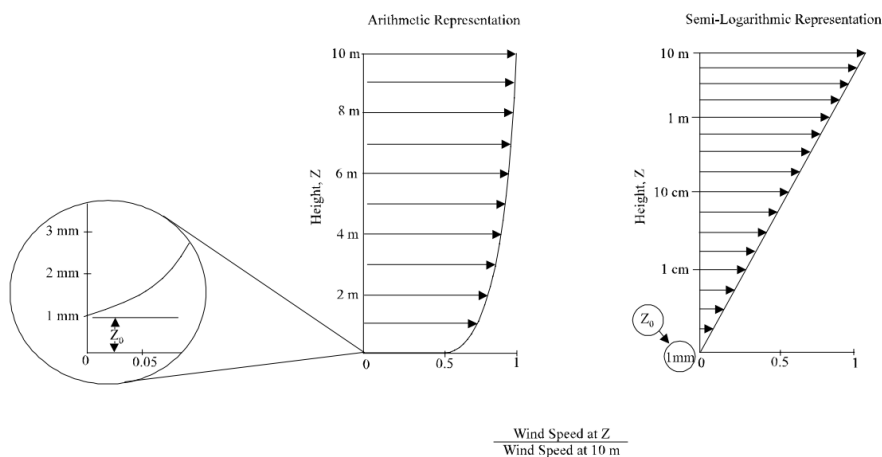


Figura 31 Illustrazione del profilo logaritmico della velocità (Fonte: EPA AP42)

L'erosione potenziale pertanto dipende dalla velocità di attrito e dal valore soglia della velocità d'attrito secondo l'equazione:

$$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$$

Da tale espressione si evince come ci sia erosione potenziale solo qualora la velocità d'attrito superi il valore soglia. Per la determinazione di tale valore il modello individua una procedura sperimentale (cfr. 1952 laboratory procedures published by W. S. Chepil). Tuttavia, in mancanza di tali sperimentazioni è possibile fare riferimento ad alcuni risultati già effettuati e riportati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Material	Threshold Friction Velocity (m/s)	Roughness Height (cm)	Threshold Wind Velocity At 10 m (m/s)
			Z0=act Z0=0,5cm

Material	Threshold Friction Velocity (m/s)	Roughness Height (cm)	Threshold Wind Velocity At 10 m (m/s)	
			Z0=act	Z0=0,5cm
Overburden	1,02	0,3	21	19
Scoria (roadbed material)	1,33	0,3	27	25
Ground coal (surrounding coal pile)	0,55	0,01	16	10
Uncrusted coal pile	1,12	0,3	23	21
Scraper tracks on coal pile	0,62	0,06	15	12
Fine coal dust on concrete pad	0,54	0,2	11	10

Tabella 39 Valore di velocità di attrito limite

La velocità del vento massima tra due movimentazioni può essere determinata dai dati meteorologici utilizzati per le simulazioni.

Tali dati, essendo riferiti ad un'altezza dell'anemometro pari a 5 metri, hanno bisogno di una correzione, secondo la seguente legge:

$$u_{10}^+ = u^+ * [\ln(10/0.005) / \ln(z/0.005)]$$

in cui u_{10}^+ è la massima intensità misurata nell'arco della giornata attraverso i dati sopracitati, ad un'altezza dell'anemometro pari a 10 m.

A questo punto è possibile determinare u^* utilizzando la relazione:

$$u^* = 0,053u_{10}^+$$

E' importante, inoltre, evidenziare come tale formulazione sia valida per cumuli "bassi", ovvero cumuli per cui il rapporto base su altezza sia inferiore a 2. Nel caso in esame, in relazione all'operatività del cantiere si è ipotizzata la realizzazione di tali tipologie di cumuli. Non si necessita pertanto di ulteriori correzioni ed è quindi possibile determinare i casi in cui il valore di u^* supera il valore di u_t^* . A tale proposito si è scelto di fare riferimento alla classe "overburden".

Dall'analisi dei risultati emerge come u^* assuma valori soglia in due casi.

Determinati tutti i parametri è pertanto possibile calcolare il valore del fattore di emissione con le formule viste in precedenza.

N°	U^* [m/s]	U_t^* [m/s]	P	Valore P[g/m ²]
1	1,19	1.02	$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$	6,32
2	1,16	1.02	$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$	4,9
3	1,05	1.02	$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$	0,89

Tabella 40 Valore di P

I fattori di emissione relativi al PM10 e al PM2.5 sono stati stimati applicando la formula sottostante in cui k è stato preso pari a 0,5 considerando le dimensioni del PM10 e pari a 0,075 considerando il PM2.5.

$$EF_{PM10} = k \sum_{i=1}^N P_i = 6,05 [g/m^2]$$

$$EF_{PM2.5} = k \sum_{i=1}^N P_i = 0,90 [g/m^2]$$

Al fine di ricavare il fattore di emissione espresso in g/s, come richiesto dal software, è necessario sapere l'area in cui sono presenti tali cumuli, considerata cautelativamente pari all'intera superficie di 300 m². Pertanto, i fattori di emissione per il PM10 ed il PM2.5 risultano rispettivamente pari a 0,000024 g/s e 0,000004 g/s.

9.4.2.4 I fattori di emissione relativi allo scarico del materiale nel fronte avanzamento lavori

Con riferimento alle attività in esame è stata applicata la formulazione fornita dall'E.P.A. 13.2.4 relativa alle attività di carico e scarico, di seguito riportata.

$$EF_c = k(0.0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} [kg/t]$$

Il fattore di emissione sopra definito, pertanto, dipende da una costante k che tiene conto della dimensione del particolato che si intende analizzare, della velocità media del vento espressa in metri al secondo, e della % M di umidità del materiale.

Per il valore di k si può fare riferimento ai valori di tabella seguente.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)				
<30 µm	<15 µm	<10 µm	<5 µm	<2.5 µm
0,74	0,48	0,35	0,20	0,053

Tabella 41 Valori coefficiente aerodinamico fonte: EPA AP42

Mentre per il range di validità degli altri parametri è possibile fare riferimento alla tabella seguente.

Ranges Of Source Conditions			
Silt Content (%)	Moisture Content (%)	Wind speed	
		m/s	Mph
0,44 – 19	0,25 – 4,8	0,6 – 6,7	1,3 – 15

Tabella 42 Range di validità dei coefficienti per il calcolo di EF fonte: EPA AP42

Con riferimento ai valori dei coefficienti, assunti per l'analisi in esame, si è considerato:

- U = velocità media del vento pari a 4,1 m/s (valore desunto dall'analisi meteorologica);
- M = percentuale di umidità considerata pari a 4,8% per i rilevati tradizionali;
- k = pari a 0,35 per considerare l'apporto del PM10 e 0,053 per considerare l'apporto del PM2.5.

Applicando la formulazione sopra indicata ed ipotizzata una produttività di circa 160 m³/giorno, le emissioni di PM10 e PM2.5 generate dall'attività considerata all'interno del cantiere in esame risultano pari rispettivamente a 0,001g/s e 0,0001 g/s.

9.4.2.5 I Fattori Di Emissione Relativi Al Trasporto Su Strada Non Pavimentata FRONTE AVANZAMENTO LAVORI

All'interno del cantiere viene preso in considerazione il sollevamento delle polveri originato dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste, indotta dalle ruote dei mezzi. Tale attività può essere schematizzata attraverso la formulazione dell'EPA 13.2.2 qui riportata:

$$F = k(s/12)^a * (W/3)^b \quad [g/VKT]$$

Dove:

- s= contenuto di silt in %
- W= peso medio dei mezzi sul cantiere
- K, a , b dipendono dalla dimensione del particolato considerato, facendo riferimento alla tabella sottostante

	PM 2,5	PM 10	PM 30
K	0,15	1,5	4,9
a	0,9	0,9	0,7
b	0,45	0,45	0,45

Tabella 43 Coefficienti di K, a, b

Essendo il coefficiente espresso in VKT (veicolo per km percorso), considerato un tragitto di 900 m e 20 viaggi al giorno, i fattori di emissione saranno: 0.09 g/s per il PM10 e 0.009 g per il PM2.5.

9.4.2.6 I fattori di emissione relativi all'attività di sbancamento

Per il calcolo del fattore di emissione dovuto all'attività di scavo da parte dei bulldozer si è ritenuta idonea la formulazione dell'EPA al capitolo 11.9.2 "Bulldozing Overburden" . L'equazione è la seguente :

$$EF_{PM10} = 0.45 * 0.75 * \frac{(s)^{1.5}}{(M)^{1.4}} \quad [kg/h]$$

$$EF_{PM2.5} = 2.6 * 0.105 * \frac{(s)^{1.2}}{(M)^{1.3}} \quad [kg/h]$$

Dove:

- s è il contenuto di silt (limo) espresso in %
- M è il contenuto di umidità espresso in %

Per i valori di s e M si è fatto riferimento alla tabella del documento EPA riportata qui sotto, scegliendo come fonte Overburden, in particolare:

- s= 8.6 %
- M= 10.4 %

Table 11.9-3 (Metric And English Units). TYPICAL VALUES FOR CORRECTION FACTORS APPLICABLE TO THE PREDICTIVE EMISSION FACTOR EQUATIONS^a

Source	Correction Factor	Number Of Test Samples	Range	Geometric Mean	Units	
Blasting	Area blasted	17	100 - 6,800	1,590	m ²	
	Area blasted	17	1100 - 73,000	17,000	ft ²	
Coal loading	Moisture	7	6.6 - 38	17.8	%	
Bulldozers	Coal	Moisture	3	4.0 - 22.0	10.4	%
		Silt	3	6.0 - 11.3	8.6	%
Overburden	Moisture	8	2.2 - 16.8	7.9	%	
		8	3.8 - 15.1	6.9	%	
Dragline	Drop distance	19	1.5 - 30	8.6	m	
	Drop distance	19	5 - 100	28.1	ft	
Scraper	Moisture	7	0.2 - 16.3	3.2	%	
	Silt	10	7.2 - 25.2	16.4	%	
	Weight	15	33 - 64	48.8	Mg	
	Weight	15	36 - 70	53.8	ton	
Grader	Speed	7	8.0 - 19.0	11.4	kph	
	Speed		5.0 - 11.8	7.1	mph	
Haul truck	Silt content	61	1.2 - 19.2	4.3	%	
	Moisture	60	0.3 - 20.1	2.4	%	
	Weight	61	20.9 - 260	110	mg	
	Weight	61	23.0 - 290	120	ton	

Tabella 44 Valori tipici di limo e umidità

Applicando la formulazione precedente, considerando una giornata lavorativa di 8 h, le emissioni di PM10 e PM2. risultano pari rispettivamente a 0,0297 g/s e 0,0233 g/s.

9.4.3 SCENARIO 3

Per la fase di F.A.L.:

- Scarico codice [EPA 13.2.4]
- Trasporto su strada non pavimentata [codice EPA 13.2.1]

9.4.3.1 I fattori di emissione relativi allo scarico del materiale nel fronte avanzamento lavori

Con riferimento alle attività in esame è stata applicata la formulazione fornita dall'E.P.A. 13.2.4 relativa alle attività di carico e scarico, di seguito riportata.

$$EF_c = k(0.0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} [kg/t]$$

Il fattore di emissione sopra definito, pertanto, dipende da una costante k che tiene conto della dimensione del particolato che si intende analizzare, della velocità media del vento espressa in metri al secondo, e della % M di umidità del materiale.

Per il valore di k si può fare riferimento ai valori di tabella seguente.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)				
<30 µm	<15 µm	<10 µm	<5 µm	<2.5 µm
0,74	0,48	0,35	0,20	0,053

Tabella 45 Valori coefficiente aerodinamico fonte: EPA AP42

Mentre per il range di validità degli altri parametri è possibile fare riferimento alla tabella seguente.

Ranges Of Source Conditions

Silt Content (%)	Moisture Content (%)	Wind speed	
		m/s	Mph
0,44 – 19	0,25 – 4,8	0,6 – 6,7	1,3 – 15

Tabella 46 Range di validità dei coefficienti per il calcolo di EF fonte: EPA AP42

Con riferimento ai valori dei coefficienti, assunti per l'analisi in esame, si è considerato:

- U = velocità media del vento pari a 4,1 m/s (valore desunto dall'analisi meteorologica);
- M = percentuale di umidità considerata pari a 4,8% per i rilevati tradizionali;
- k = pari a 0,35 per considerare l'apporto del PM10 e 0,053 per considerare l'apporto del PM2.5.

Applicando la formulazione sopra indicata ed ipotizzata una produttività di circa 160 m³/giorno, le emissioni di PM10 e PM2.5 generate dall'attività considerata all'interno del cantiere in esame risultano pari rispettivamente a 0,001g/s e 0,0001 g/s.

9.4.3.2 I Fattori Di Emissione Relativi Al Trasporto Su Strada Non Pavimentata FRONTE AVANZAMENTO LAVORI

All'interno del cantiere viene preso in considerazione il sollevamento delle polveri originato dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste, indotta dalle ruote dei mezzi. Tale attività può essere schematizzata attraverso la formulazione dell'EPA 13.2.2 qui riportata:

$$F = k(s/12)^a * (W/3)^b \quad [g/VKT]$$

Dove:

- s= contenuto di silt in %
- W= peso medio dei mezzi sul cantiere
- K, a , b dipendono dalla dimensione del particolato considerato, facendo riferimento alla tabella sottostante

	PM 2,5	PM 10	PM 30
K	0,15	1,5	4,9
a	0,9	0,9	0,7
b	0,45	0,45	0,45

Tabella 47 Coefficienti di K, a, b

Essendo il coefficiente espresso in VKT (veicolo per km percorso), considerato un tragitto di 600 m e un numero di viaggi pari a 20 al giorno, i fattori di emissione saranno: 0.06 g/s per il PM10 e 0.006 g per il PM2.5.

9.5 I FATTORI DI EMISSIONE MEDI CALCOLATI PER LE SORGENTI

Alla luce dei fattori di emissione calcolati ai paragrafi precedenti e considerando, in via cautelativa, la contemporaneità di queste attività, è stato stimato un fattore di emissione medio per ogni sorgente dato dalla somma dei fattori di emissione medi calcolati in relazione ad ogni attività di cantiere sopra definita.

In definitiva, i fattori di emissione medi da associare alle sorgenti in esame per ciascuno scenario sono i seguenti:

Sorgenti	Fattore emissione PM10	Fattore emissione PM2.5
FAL	0,037 g/s	0,0037 g/s.
CO	0,027 g/s	0,003g/s

Tabella 48 Fattori di emissione medi per lo scenario 1

Sorgenti	Fattore emissione PM10	Fattore emissione PM2.5
FAL	0,067 g/s	0,02 g/s.
CO	0,017 g/s	0,0019g/s

Tabella 49 Fattori di emissione medi per lo scenario 2

Sorgenti	Fattore emissione PM10	Fattore emissione PM2.5
FAL	0,06 g/s	0.006 g/s.
CO	-	-

Tabella 50 Fattori di emissione medi per lo scenario 3

9.6 I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI

Con riferimento alle polveri PM10 e PM2.5 si è analizzato il contributo delle due sorgenti, considerando la sovrapposizione degli effetti, quindi analizzate in contemporanea. In particolare, è stato possibile determinare il contributo totale delle sorgenti simulate. Per quanto riguarda la rappresentazione cartografica dei valori delle concentrazioni di PM10 è possibile far riferimento agli elaborati 0414_T00IA00AMBCT19A “Planimetria dei recettori e concentrazioni PM10 (annuale) - Corso d'opera” e 0414_T00IA00AMBCT20A “Planimetria dei recettori e concentrazioni PM10 (giornaliero) - Corso d'opera”; per quelle relative al PM2.5 è possibile far riferimento all’elaborato 0414_T00IA00AMBCT21A “Planimetria dei recettori e concentrazioni PM2.5 (annuale) - Corso d'opera”.

Dall’analisi degli elaborati si evince che, in corrispondenza degli edifici, durante la fase critica di cantiere, i livelli di concentrazione delle PM10 e del PM2.5 non superino i relativi valori di riferimento. Nonostante ciò, si è comunque provveduto a prevedere alcune best practice finalizzate, appunto, ad abbattere le concentrazioni di PM10 e PM2.5, nonché a ridurre le emissioni generate dai mezzi di cantiere, come analizzato nel dettaglio nel 9.7.

In particolare, vengono riportati in Tabella 51 i ricettori maggiormente esposti al cantiere con i relativi valori medi annui di concentrazione attesi di PM10.

PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
Ricettori	Tipologia	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	LIMITE NORMATIVO
1009	residenziale	0.91	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1011	residenziale	1.75	
1030	residenziale	0.21	
1035	residenziale	0.82	
1040	residenziale	0.33	
1049	residenziale	1.07	
1050	residenziale	1.92	
2007	residenziale	0.61	
2020	residenziale	0.05	
2041	residenziale	0.15	
2043	residenziale	0.76	
2045	residenziale	0.55	

Tabella 51 Valori di concentrazione PM10 calcolati sui ricettori- media annua

Di seguito, nella Tabella 52, si riportano invece i valori medi giornalieri di PM 10 calcolati sui medesimi ricettori

PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
Ricettori	Tipologia	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	LIMITE NORMATIVO
1009	residenziale	15.67	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1011	residenziale	22.06	
1030	residenziale	8,49	
1035	residenziale	11.66	
1040	residenziale	2.54	
1049	residenziale	12.40	
1050	residenziale	20.11	
2007	residenziale	16.62	
2020	residenziale	1.58	
2041	residenziale	2.02	
2043	residenziale	6.84	
2045	residenziale	5.20	

Tabella 52 Valori di concentrazione PM10 calcolati sui ricettori- media giornaliera

In fine, nella Tabella 52, si riportano invece i valori medi annui di PM 2.5 calcolati sui medesimi ricettori.

PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
Ricettori	Tipologia	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	LIMITE NORMATIVO
1009	residenziale	0.12	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1011	residenziale	0.24	
1030	residenziale	0.03	
1035	residenziale	0.18	
1040	residenziale	0.14	
1049	residenziale	0.12	
1050	residenziale	0.22	
2007	residenziale	0.08	
2020	residenziale	0.008	
2041	residenziale	0.01	
2043	residenziale	0.07	
2045	residenziale	0.05	

Tabella 53 Valori di concentrazione PM2.5 calcolati sui ricettori- media annua

9.7 BEST PRACTICE PER IL CANTIERE

Al fine di ridurre la dispersione delle polveri in atmosfera, si prevedono, durante lo svolgimento delle attività, alcune best practice finalizzate, appunto, ad abbattere le concentrazioni di PM10 e PM2.5, nonché a ridurre le emissioni generate dai mezzi di cantiere.

Tra queste misure si evidenzia:

- utilizzare, per le macchine di cantiere, filtri di abbattimento del particolato, nonché gruppi elettrogeni e di produzione di calore in grado di assicurare le massime prestazioni energetiche e minimizzare le emissioni; impiegare inoltre, ove possibile, apparecchi con motore elettrico;
- limitare la velocità di scarico del materiale al fine di evitare lo spargimento di polveri; il materiale verrà depositato gradualmente modulando l'altezza del cassone e mantenendo la più bassa altezza di caduta;
- ottimizzare il carico dei mezzi di trasporto al fine di ridurre il numero dei veicoli in circolazione;
- applicare appositi teloni di copertura degli automezzi durante l'allontanamento e/o l'approvvigionamento di materiale polverulento per garantire il contenimento della dispersione di polveri in atmosfera;
- umidificare i depositi di materiale sciolto caratterizzati da frequente movimentazione, e coprire con teli e stuoie quelli con scarsa movimentazione;
- utilizzare barriere antipolvere
- bagnamento delle piste di cantiere non pavimentate.

9.7.1 Misure Di Contenimento Delle Polveri Nella Fase Di Transito Su Strada Non Pavimentata

Dalle stime ottenute, pur considerando il carattere temporaneo delle emissioni e delle assunzioni cautelative adottate nelle simulazioni modellistiche, risulta necessario prevedere, durante lo svolgimento delle attività, una serie di misure finalizzate al contenimento dei valori di concentrazione di PM10 e PM2.5; in particolare durante la fase di transito dei veicoli su strada non pavimentata.

Le misure di controllo e abbattimento proposte nel documento dell' EPA, al fine di contenere la produzione di polveri generata dal passaggio dei mezzi di cantiere, prevede il trattamento della superficie- bagnamento (wet suppression) e trattamento chimico (dust suppressants). I costi sono moderati, ma richiedono applicazioni periodiche e costanti. Inoltre bisogna considerare un sistema di monitoraggio per verificare che il trattamento venga effettuato.

L'efficienza di abbattimento è proporzionale al contenuto di umidità, secondo l'andamento sperimentale della curva mostrata in Figura 32 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. Come è prevedibile più il terreno è asciutto minore è l'efficienza di rimozione. Per avere un coefficiente di abbattimento almeno del 75% è necessario un rapporto bagnato/ asciutto pari a 2.

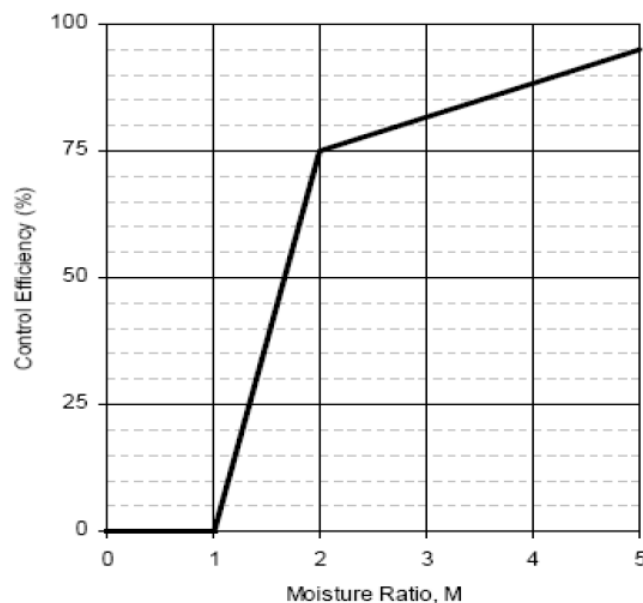


Figura 32 Andamento dell'efficienza di abbattimento delle emissioni in funzione del contenuto di umidità del suolo

Per raggiungere una determinata efficienza media di bagnatura 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, utilizzando la formula proposta da Cowherd et al (1998):

$$C(\%) = 100 - (0.8 * P * trh * T)/I$$

Dove:

- C efficienza di abbattimento del bagnamento (%)
- P potenziale medio dell'evaporazione giornaliera (mm/h) per tale parametro si è utilizzato un valore di 0.34 mm/h (in accordo a quando riportato nelle Linee Guida ARPAT)

- trh traffico medio orario (h^{-1})
- I quantità media del trattamento applicato (l/m^2)
- τ Intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni (h)

Nel nostro caso, sulla base della capacità giornaliera di approvvigionamento si stima un traffico medio orario pari a 5 veic./h. Imponendo di eseguire una bagnatura una volta al giorno e di distribuire sul terreno un quantitativo di acqua pari a $0,5 l/m^2$ si riesce ad ottenere un abbattimento delle polveri del 78% circa.

L'uso di sostanze chimiche, come polimeri a base d'acqua, richiede un'applicazione meno frequente, ma bisogna considerare che può produrre una variazione nel contenuto di particolato della strada con un aumento del contenuto di limo. L'efficienza effettiva di questo tipo di controllo dipende da molti fattori ed è in generale difficile da stimare. In caso di utilizzo di sostanze chimiche si richiede di fornire i dati riportati nella scheda tecnica del prodotto utilizzato.

9.7.2 I dati di output delle simulazioni con mitigazioni

Per le simulazioni con mitigazioni della fase di cantiere è stato considerato soltanto l'abbattimento dell'78% delle polveri dovuto alla bagnatura delle piste di cantiere, perciò tutte le altre misure di mitigazione sono da considerarsi migliorative.

Così facendo, alla luce dei fattori di emissione calcolati ai paragrafi precedenti ed ipotizzando un'efficienza di rimozione delle polveri dell'78%, i fattori di emissione medi da associare alle due sorgenti in esame sono:

Sorgenti	Fattore emissione PM10	Fattore emissione PM2.5
FAL	0,0086 g/s	0,0009 g/s.
CO	0,0078 g/s	0,0009 g/s.

Tabella 54 Fattori di emissione medi per ogni sorgente simulata- con mitigazione- scenario 1

Sorgenti	Fattore emissione PM10	Fattore emissione PM2.5
FAL	0,039 g/s	0,02 g/s.
CO	0,0056 g/s	0,001 g/s

Tabella 55 Fattori di emissione medi per ogni sorgente simulata- con mitigazione- scenario 2

Sorgenti	Fattore emissione PM10	Fattore emissione PM2.5
FAL	0.014 g/s	0.0014 g/s.
CO	-	-

Tabella 56 Fattori di emissione medi per ogni sorgente simulata- con mitigazione- scenario 3

Anche in questo caso si è analizzato il contributo di tutte le sorgenti, considerando la sovrapposizione degli effetti, in contemporanea. In particolare, è stato possibile determinarne il contributo totale delle sorgenti simulate. E' possibile far riferimento agli elaborati 0414_T00IA00AMBCT19A "Planimetria dei recettori e concentrazioni PM10 (annuale) - Corso d'opera" e 0414_T00IA00AMBCT20A "Planimetria dei recettori e concentrazioni PM10 (giornaliero) - Corso d'opera"; per quelle relative al PM2.5 è possibile far riferimento all'elaborato 0414_T00IA00AMBCT21A "Planimetria dei recettori e concentrazioni PM2.5 (annuale) - Corso d'opera".

Dall'analisi degli elaborati si evince che, adottando le opportune misure di mitigazione indicate, è lecito ritenere che durante la fase critica di cantiere i livelli di concentrazione delle PM10 possano risultare in linea con i valori di riferimento. Con riferimento ai ricettori, i valori di concentrazione medi annui attesi di PM10, sono riportati in Tabella 57, quelli di concentrazione medi giornalieri per il PM10 in Tabella 58, mentre quelli del PM2.5 in Tabella 59.

PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
Ricettori	Tipologia	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	LIMITE NORMATIVO
1009	residenziale	0.32	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1011	residenziale	0.63	
1030	residenziale	0.07	
1035	residenziale	0.34	
1040	residenziale	0.20	
1049	residenziale	0.28	
1050	residenziale	0.50	
2007	residenziale	0.18	
2020	residenziale	0.02	
2041	residenziale	0.04	
2043	residenziale	0.16	
2045	residenziale	0.12	

Tabella 57 Valori di concentrazione PM10 calcolati sui ricettori in caso di mitigazione- media annua

PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
Ricettori	Tipologia	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	LIMITE NORMATIVO
1009	residenziale	5.74	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1011	residenziale	8.14	
1030	residenziale	2.96	
1035	residenziale	3.84	
1040	residenziale	1.26	
1049	residenziale	2.89	
1050	residenziale	4.69	
2007	residenziale	4.80	
2020	residenziale	0.54	
2041	residenziale	0.47	
2043	residenziale	1.59	
2045	residenziale	1.21	

Tabella 58 Valori di concentrazione PM10 calcolati sui ricettori in caso di mitigazione- media giornaliera

PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
Ricettori	Tipologia	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	LIMITE NORMATIVO
1009	residenziale	0.03	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1011	residenziale	0.07	
1030	residenziale	0.02	
1035	residenziale	0.14	
1040	residenziale	0.13	
1049	residenziale	0.03	
1050	residenziale	0.05	
2007	residenziale	0.02	
2020	residenziale	0.002	
2041	residenziale	0.004	
2043	residenziale	0.01	
2045	residenziale	0.01	

Tabella 59 Valori di concentrazione PM2.5 calcolati sui ricettori in caso di mitigazione- media annua

Osservando le suddette tabelle, risulta evidente che per tutte le simulazioni, i valori di concentrazione risultano di gran lunga inferiori al limite normativo.