

Tratta AV / AC Milano – Verona

Lotto Funzionale Brescia - Verona

R ID_ VIP: 2854

Procedura di VIA Speciale

(ex artt. 166,167 comma 5 e 183 del D.Lgs. 163/2006 e ss.mm.ii.)

Progetto Definitivo opere in variante

**Integrazioni richieste con lettera
prot CTVA-2014-0004376 del 23.12.2014**

ALLEGATO AL PUNTO 65 d





1. PREMESSA

Le simulazioni per la stima degli impatti in atmosfera sono state aggiornate facendo ricorso al modello AERMOD.

2. AGGIORNAMENTO DELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE RELATIVE ALLA DISPERSIONE DEL PM10 CON NUOVO STRUMENTO DI CALCOLO

L'aggiornamento delle simulazioni modellistiche è stato condotto con il modello AERMOD che costituisce, tra l'altro, il codice di calcolo di riferimento attualmente indicato dalla U.S. EPA. Di seguito viene brevemente illustrato tale modello e sono altresì descritte le assunzioni adottate ai fini delle simulazioni modellistiche. L'uso di un modello di simulazione differente rispetto a quello precedentemente adottato ha inoltre determinato la necessità di aggiornare altri parametri e ipotesi alla base delle simulazioni quale, ad esempio il set di dati meteoroclimatici. Si ricorda inoltre che la richiesta formulata al punto 65.a), ha richiesto un aggiornamento dei fattori emissivi per la stima del particolato generato dai motori dei mezzi di cantiere, qui considerati ai fini della previsione dei livelli di concentrazione.

2.1. DESCRIZIONE DEL MODELLO ADOTTATO

AERMOD è un modello di riferimento indicato dalla U.S. EPA, di tipo ibrido, nato dall'esigenza di unire la semplicità del modello gaussiano con l'utilizzo dei parametri di turbolenza del PBL, in particolare per simulare più realisticamente le situazioni convettive.

AERMOD è stato sviluppato da una collaborazione tra l'American Meteorological Society (AMS) e la stessa EPA, che sono confluiti in un unico gruppo di lavoro, l'AERMIC (AMS/EPA Regulatory Model Improvement Committee).

Il codice AERMOD rappresenta un'evoluzione del precedente modello gaussiano ISC3, ed è costituito da tre moduli, di cui due di pre-processamento dei dati d'ingresso, che a loro volta sono dei veri e propri modelli; quindi, si può correttamente parlare di una catena modellistica formata da:

- il modulo di dispersione atmosferica, chiamato esso stesso AERMOD;
- il pre-processore del terreno, AERMAP, il quale prepara i dati orografici per il loro utilizzo all'interno del modello di dispersione;
- il pre-processore meteorologico, AERMET, che è utilizzato per preparare l'input meteorologico del modulo di dispersione.

Sono di seguito elencate alcune particolarità del codice.

- Il modello utilizza dati meteorologici orari per stimare le concentrazioni d'inquinanti, restituendo medie da un'ora ad un anno,
- Utilizza il concetto di streamline (linea di flusso intermedia), l'altezza al di sopra della quale il pennacchio segue il terreno, mentre al di sotto rimane su un piano orizzontale (aggirando o impattando contro un ostacolo, a seconda dei casi) che divide il pennacchio in due parti sulla verticale; al di sotto il pennacchio contribuisce alle concentrazioni secondo le equazioni
- valide per terreni piani, al di sopra per il calcolo delle concentrazioni si tiene conto dell'andamento delle quote stabilito da AERMAP
- A differenza di ISC non bisogna differenziare il dominio in semplice, complesso o intermedio, ma si



considera unicamente la posizione della massa d'inquinante rispetto alla linea di flusso intermedia (Snyder,1985)

- La dispersione verticale in caso di atmosfera instabile è simulata da AERMOD, attraverso l'uso di una funzione densità di probabilità bi-gaussiana
- Alle ultime versioni di AERMOD è associato il modulo Prime. Quest'ultimo è l'aggiornamento dell'algoritmo utilizzato per simulare i fenomeni turbolenti legati all'effetto downwash; Prime modifica, sia la risalita del pennacchio, sia i parametri di dispersione.
- Vento orizzontale: i profili verticali di vento sono calcolati per ogni ora e si basano su valori misurati o simulati. I valori della velocità del vento al di sopra dello strato di mescolamento sono stimati costanti sull'intero dominio. - Gli effetti sulla dispersione di inquinanti e quindi sul calcolo della concentrazione, a causa delle variazioni verticali del vento orizzontale, sono considerate utilizzando un valore della velocità del vento mediato sull'altezza del pennacchio; più precisamente la media viene eseguita sulla porzione di atmosfera compresa tra il centro di massa del pennacchio e l'altezza del recettore.
- Vento Verticale: in atmosfera turbolenta una funzione bi-gaussiana rappresenta gli andamenti verticali. La media della velocità verticale del vento è sempre uguale a zero, sia in condizioni Stabili che Turbolente.
- Coefficiente di dispersione orizzontale: è un coefficiente di tipo gaussiano e rappresenta la turbolenza orizzontale; sono inclusi i fenomeni di galleggiamento ed il fenomeno di downwash in condizioni stabili e convettive, solo per il pennacchio di tipo diretto. Profili verticali della turbolenza laterale sono elaborati in base alle misure o alle simulazioni, considerando sia la turbolenza meccanica, sia quella convettiva. Il valore della turbolenza effettiva è ricavato tramite calcolo del valore medio sulla porzione di verticale compresa tra l'altezza della sorgente e del recettore (come per il vento orizzontale). In base a tale turbolenza è possibile ricavare la dispersione orizzontale. Il caso di atmosfera instabile vede il calcolo di tre coefficienti di dispersione orizzontale, uno per ciascun tipo di pennacchio. Un nuovo valore del coefficiente è stimato nel caso di ambiente urbano, in cui si tiene conto degli effetti turbolenti dovuti ad una temperatura dell'aria più alta.
- Coefficiente di dispersione verticale: in atmosfera stabile il coefficiente è di tipo gaussiano. Rappresenta la turbolenza verticale. In atmosfera turbolenta il coefficiente è di tipo bi-gaussiano. Rappresenta la turbolenza verticale. Profili verticali di turbolenza sono ricavati da misure o simulazioni, è considerata sia la turbolenza meccanica, sia quella convettiva. La turbolenza effettiva è ricavata sempre nell'intervallo verticale tra sorgente e recettore, questa è poi usata per calcolare il coefficiente di dispersione. Il caso di atmosfera instabile vede il calcolo di tre coefficienti di dispersione verticale, uno per ciascun tipo di pennacchio. Il pennacchio Diretto ed Indiretto possiedono sia la componente legata ai flussi ascendenti, sia quella legata ai flussi discendenti, mentre il pennacchio Penetrato si comporta come un pennacchio in atmosfera stabile, da cui riprende le formule. È da notare che il modello, per determinare il coefficiente di dispersione verticale, lo ripartisce in due contributi; uno legato all'influenza della superficie terrestre per il cui calcolo compaiono parametri come la scala Lagrangiana (L), l'altezza di mescolamento (z_i), la velocità media del vento (u) o la velocità di frizione (u^*) ed uno indipendente dalla superficie in cui è la turbolenza verticale ($s_w T$) ad essere usata. Solo il pennacchio Penetrato per sua definizione non ammette una componente superficiale, in quanto totalmente indipendente dal terreno. Un nuovo valore del coefficiente è stimato nel caso di ambiente urbano, in cui si tiene conto degli effetti turbolenti dovuti ad una temperatura ambientale più alta.

2.2. DEFINIZIONE DEI DATI DI INGRESSO DEL MODELLO

L'aggiornamento richiesto dalle prescrizioni citate riguarda il modello di simulazione utilizzato per la stima degli impatti in atmosfera e l'adeguamento dei fattori emissivi dei mezzi di cantiere.

Restano valide le ipotesi e le condizioni previste per le lavorazioni della fase realizzativa, illustrate nello Studio di Impatto.

L'uso di un modello dispersivo di più recente concezione ha comportato le seguenti modifiche:



- La necessità di un nuovo set di dati meteo di superficie e di profilo ad hoc per AERMOD;
- La definizione della variabilità temporale delle sorgenti, consentita da AERMOD: per una maggior attendibilità delle simulazioni le sorgenti emmissive connesse alle attività di cantiere sono state modulate sulle ore di effettivo esercizio (pari a 8) durante la giornata. Nelle restanti 16 ore l'emissione da ciascuna sorgente è stata impostata pari a zero. I fattori emissivi riportati nello Studio di Impatto Ambientale presentato erano mediati sulle 24 ore, in quanto il modello dispersivo utilizzato non consentiva modulazioni temporali delle sorgenti. Nel presente paragrafo sono riassunti, quindi, i fattori emissivi già previsti nello SIA, mediati sulle 8 ore lavorative. Le ipotesi che hanno portato alla loro determinazione non sono state modificate.

Di seguito vengono descritti nel dettaglio tali aspetti.

• **Dati meteoroclimatici**

I dati adottati per le simulazioni modellistiche sono stati elaborati attraverso ricostruzione meteoroclimatica con risoluzione spaziale di 4 km effettuata attraverso l'applicazione del modello CALMET utilizzando i dati meteorologici misurati nelle stazioni SYNOP-ICAO (international Civil Aviation Organization) presenti nell'area SUD-Adriatica dell'Italia e ad una operazione di "data assimilation" dei dati misurati nella stazione SYNOP-ICAO di BRESCIA/GHEDI - LIPL - 160880 all'interno del campo sinottico tridimensionale precedentemente ricostruito.

I profili verticali sono stati ricavati dalla ricostruzione del campo meteorologico sinottico attraverso il modello CALMET applicato alle stazioni meteorologiche nazionali SYNOP-ICAO presenti nell'area SUD-Adriatica.

Nello specifico i dati meteoroclimatici utilizzati sono stati elaborati con riferimento al Comune di Castenedolo e precisamente alle seguenti coordinate:

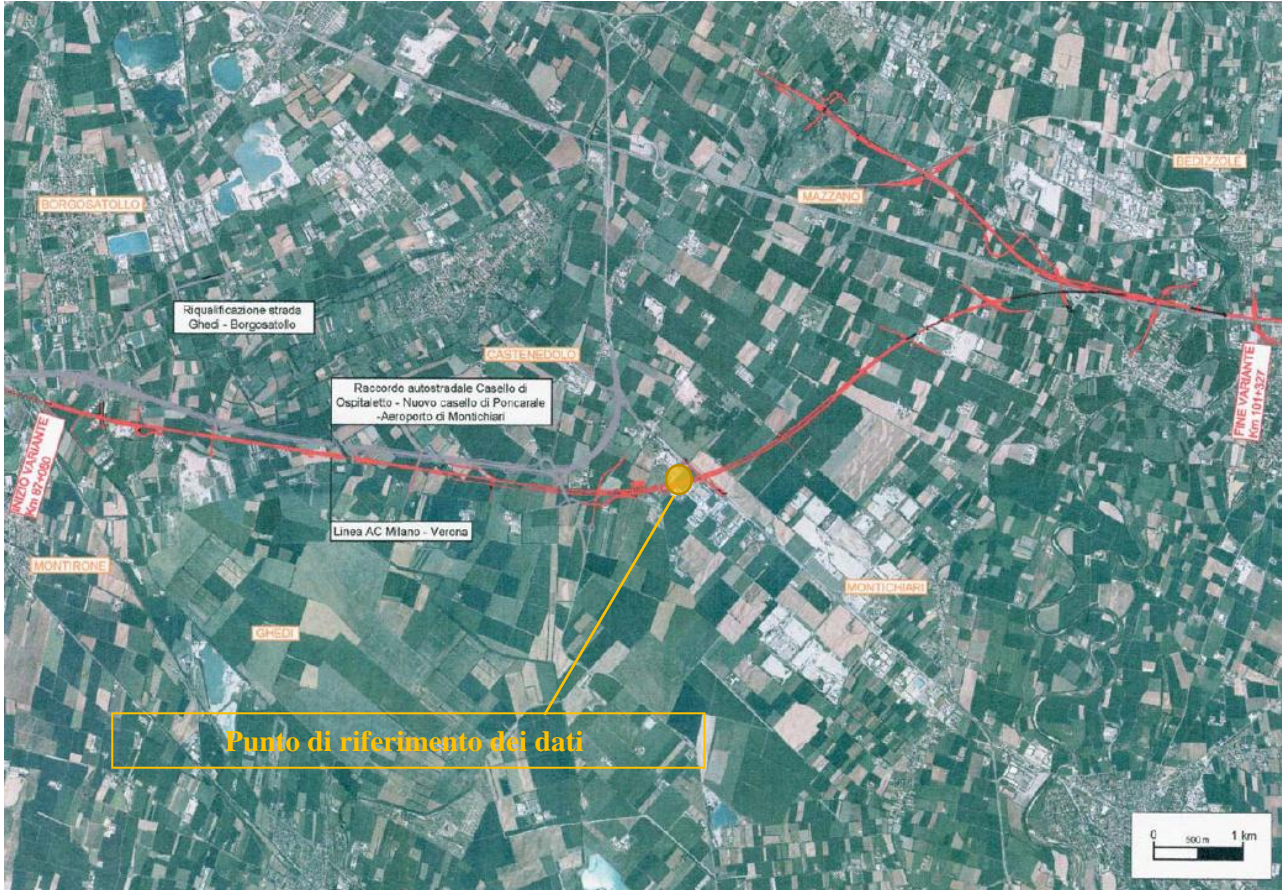
- Lat = 45°26'57.63"N
- Lon = 10°19'37.06"E

Il punto di cui alle suddette coordinate è stato individuato quale posizione intermedia lungo il tracciato della variante e rappresentativo delle condizioni meteorologiche che caratterizzano l'area in esame.

L'analisi statistica dei dati meteoroclimatici ha permesso di definire il quadro della situazione dal punto di vista di:

- Temperatura,
- Pressione atmosferica,
- Umidità relativa,
- Precipitazioni,
- Ventosità.

Di seguito si riportano le elaborazioni inerenti tali aspetti.



Anno	Temperatura (°C)		
	Minima	Massima	Media
Anno	-4.37	36.08	13.64
Primavera	2.17	22.60	12.15
Estate	11.74	35.09	23.99
Autunno	3.31	23.51	14.80
Inverno	-3.62	12.52	3.41

gennaio	-4.05	13.24	3.21
febbraio	-3.62	11.65	3.05
marzo	-4.37	16.32	7.24
aprile	4.10	25.56	13.31
maggio	6.77	25.91	15.89
giugno	11.89	34.01	21.93
luglio	15.33	36.08	25.81
agosto	8.00	35.17	24.23
settembre	10.40	30.16	20.03
ottobre	2.80	21.92	15.16
novembre	-3.26	18.45	9.19
dicembre	-3.19	12.68	3.98

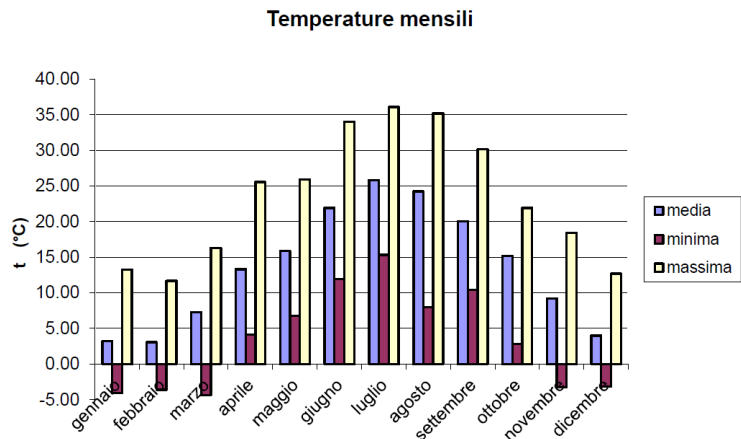


Figura 1: andamento della temperatura dai dati meteo di input del modello



Pressione (mb)

	Minima	Massima	Media
Anno	978.80	1024.99	1003.33
Primavera	985.37	1012.85	999.24
Estate	995.63	1011.08	1004.73
Autunno	987.63	1016.73	1004.21
Inverno	985.23	1020.80	1005.02

gennaio	983.80	1023.80	1001.34
febbraio	978.80	1013.60	1000.20
marzo	980.70	1011.40	995.75
aprile	988.00	1019.00	1003.16
maggio	987.40	1008.14	998.80
giugno	991.10	1011.11	1003.79
luglio	997.40	1012.00	1005.98
agosto	998.40	1010.12	1004.41
settembre	986.70	1014.80	1003.37
ottobre	991.10	1016.50	1007.40
novembre	985.10	1018.90	1001.87
dicembre	993.10	1024.99	1013.53

Pressioni mensili

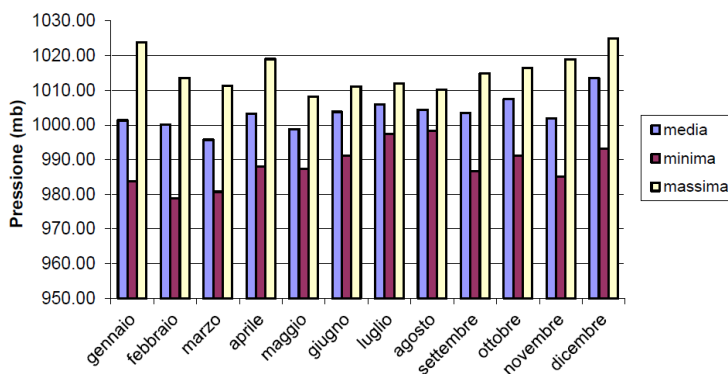


Figura 2: andamento della pressione atmosferica dai dati meteo di input del modello

Umidità relativa (%)

	Minima	Massima	Media
Anno	9.00	99.00	76.78
Primavera	27.33	99.00	77.65
Estate	23.33	98.00	61.93
Autunno	26.33	99.00	79.48
Inverno	32.00	99.00	88.10

gennaio	60.00	99.00	92.68
febbraio	27.00	99.00	82.51
marzo	20.00	99.00	81.22
aprile	37.00	99.00	78.09
maggio	25.00	99.00	73.63
giugno	22.00	99.00	62.34
luglio	23.00	97.00	61.15
agosto	25.00	98.00	62.30
settembre	24.00	99.00	73.06
ottobre	36.00	99.00	84.26
novembre	19.00	99.00	81.11
dicembre	9.00	99.00	89.10

Umidità relativa mensile

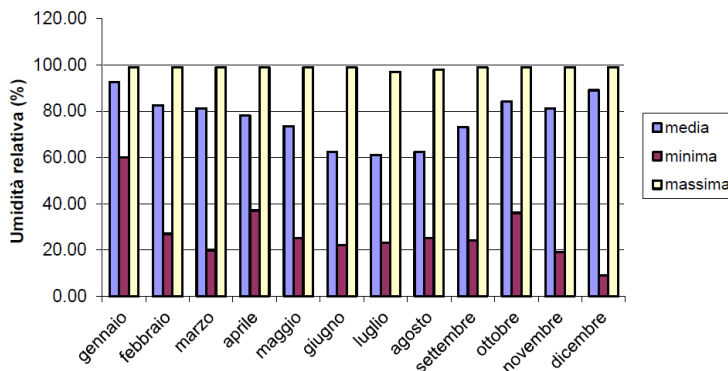


Figura 3: andamento dell'umidità relativa dai dati meteo di input del modello



	Precipitazioni (mm)		
	Minima	Massima	Cumulata
Anno	0.00	3.56	202.25
Primavera	0.00	2.15	78.25
Estate	0.00	1.31	39.47
Autunno	0.00	1.32	48.32
Inverno	0.00	1.14	36.21

gennaio	0.00	1.03	13.28
febbraio	0.00	1.10	10.74
marzo	0.00	1.95	24.46
aprile	0.00	0.95	16.32
maggio	0.00	3.56	37.47
giugno	0.00	1.63	15.37
luglio	0.00	0.80	8.02
agosto	0.00	1.50	16.08
settembre	0.00	1.06	6.01
ottobre	0.00	1.00	22.60
novembre	0.00	1.91	19.71
dicembre	0.00	1.30	12.19

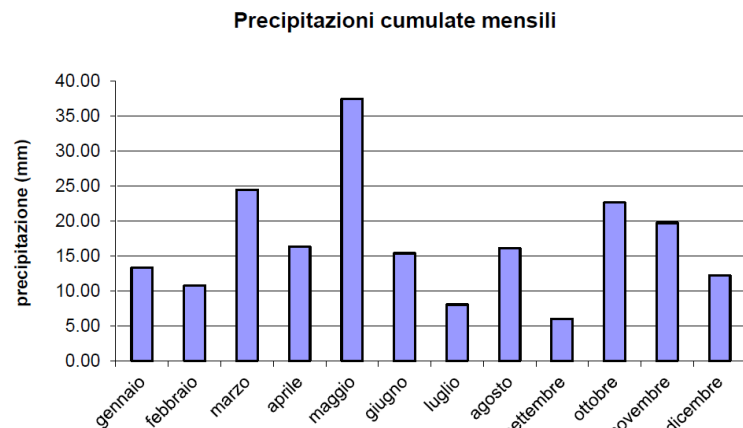


Figura 4: andamento delle precipitazioni dai dati meteo di input del modello

Tabella 1: Distribuzione delle frequenze per direzione di provenienza a classi di velocità

Settore Angolare (*)	Classi di velocità (m/s)							Totali
	< 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 10	> 10	
0	0.80	1.15	0.33	0.08	0.04	0.04	0.00	2.43
22.5	1.16	1.51	0.64	0.14	0.03	0.04	0.00	3.53
45	1.57	3.70	2.06	0.50	0.35	0.31	0.00	8.49
67.5	1.45	4.58	3.84	1.67	0.93	1.59	0.01	14.08
90	1.08	3.32	2.52	1.96	0.95	0.74	0.00	10.58
112.5	0.74	2.64	2.17	1.06	0.48	0.43	0.00	7.52
135	0.97	1.65	1.72	0.43	0.21	0.07	0.00	5.04
157.5	0.86	1.82	0.84	0.16	0.03	0.00	0.00	3.70
180	0.77	1.16	0.37	0.01	0.00	0.00	0.00	2.31
202.5	0.80	1.31	0.35	0.10	0.09	0.05	0.00	2.70
225	1.24	2.35	0.61	0.14	0.05	0.03	0.00	4.43
247.5	1.72	4.37	1.68	0.29	0.04	0.03	0.00	8.14
270	1.88	4.07	2.98	1.27	0.48	0.14	0.00	10.83
292.5	1.58	3.13	2.30	1.20	0.37	0.18	0.00	8.76
315	1.38	1.79	0.93	0.43	0.13	0.07	0.00	4.73
337.5	1.04	1.10	0.50	0.07	0.03	0.03	0.00	2.76
Totali	19.05	39.64	23.83	9.51	4.20	3.75	0.01	100.00

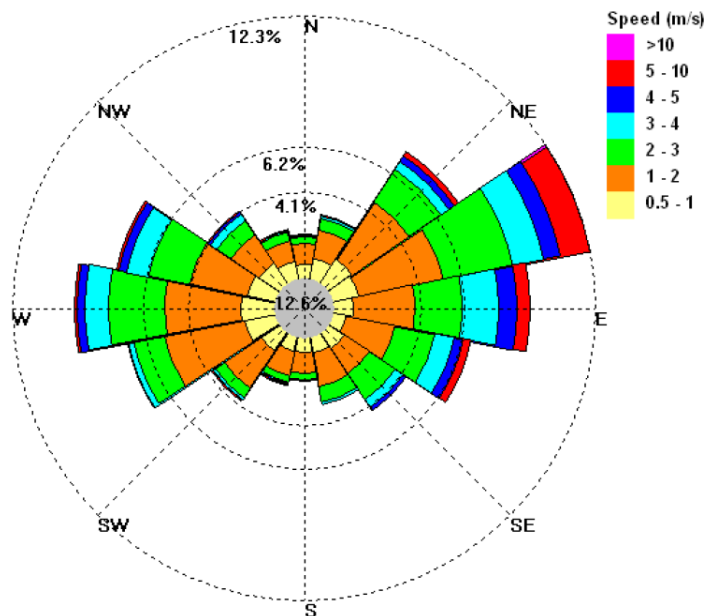


Figura 5: Rosa dei venti dai dati meteo

- **Aggiornamento delle ipotesi di input del modello dispersivo**

Sono state condotte le simulazioni riguardo le tre categorie di attività di cantiere già ipotizzate nello SIA:

1. Realizzazione di rilevati o trincee;
2. Realizzazione di viadotti;
3. Realizzazione di gallerie artificiali.

Per una descrizione approfondita delle attività si rimanda allo SIA (IN0500DE2RGSA00000011 paragrafo 4.2.5).

Ciascuna simulazione è stata effettuata in un dominio di calcolo quadrato di lato pari a 2000 m, con una griglia con passo 50 m.

Per tutte e tre le tipologie di cantiere è prevista la stima delle emissioni delle seguenti attività:

- attività di trasporto, in particolare degli inerti, sulle piste localizzate lungo la linea in costruzione;
- attività di realizzazione vera e propria di rilevati/trincee, viadotti o gallerie.

La caratterizzazione di ciascuna di queste due attività si divide in:

- stima del particolato (PM_{10}) emesso dalla combustione nei motori dei mezzi di cantiere: sia nell'attività di trasporto dove i mezzi sono in movimento lungo una pista di cantiere, sia nelle lavorazioni che necessitano di macchinari e mezzi motorizzati (scavo, sbancamento, trivellazione, ecc.) vengono emessi inquinanti dai motori;
- stima del particolato (PM_{10}) sollevato e aerodisperso dalla movimentazione di materiale sciolto, dal transito su piste non asfaltate o dalle lavorazioni sul terreno.

L'attività di trasporto sulle piste di cantiere è comune a tutte e tre le tipologie costruttive ed è descritta da simbolo S_{L2} . La prescrizione 65 a) ha chiesto un aggiornamento dei fattori di emissione dei motori dei mezzi di cantiere. Come riportato in dettaglio nell'allegato predisposto in risposta alla citata richiesta, tali fattori di emissione sono stati tratti dall'inventario messo a disposizione da SINAnet (anno di riferimento: 2012) e sono qui di seguito richiamati:



Settore	Alimentazione	Ambito	Fattore emissivo PM ₁₀	
Heavy Duty Track	Diesel	Urbano	g/km	0.2938
Heavy Duty Track	Diesel	Urbano	t/t	0.0009917

Le piste di cantiere sono state considerate lunghe 1000 m.

Le emissioni generate del trasporto su tali piste è dato dai due contributi: emissioni dei motori dei mezzi e emissioni per sollevamento in seguito al transito di veicoli su strada non asfaltata. Si adottano le stesse ipotesi di calcolo dello SIA, ad eccezione del fattore emissivo dei motori, sopra riportato. Il fattore emissivo finale, inoltre, è stato mediato sulle 8 ore di attività e non su tutta la giornata (24 ore).

La stima del sollevamento di polveri è stata effettuata applicando l'equazione riportata nel documento AP 42, redatto all'EPA americana: il capitolo di riferimento è il n. 13 Miscellaneous Sources, paragrafo 2.2 Unpaved Roads (ora aggiornato all'ultima versione del novembre 2006).

Tabella 2: Calcolo fattore di emissione particolato generato dai motori dei mezzi sulle piste

Emissione particolato da motori dei mezzi sulle piste	
Parametri	Valore
Fattore di emissione camion [g/km*veic]	e = 0.294
Numero di veicoli/ora nel periodo lavoro	V = 15
Numero ore lavorate nella giornata	h = 8
Lunghezza della pista [km]	l = 1
Fattore di Emissione in g/s nel periodo lavorativo (8ore)	E = 0.00122
Fattore di Emissione in g/s medi nella giornata	E = 0.00041

Tabella 3: Calcolo fattore di emissione particolato sollevato dal transito dei mezzi sulle piste

Emissione particolato sollevato dal transito dei mezzi sulle piste	
Parametri	Valore
Coefficiente per dimensione particolato (lb/VTM ¹)	k = 15
Contenuto in silt della superficie stradale %	s = 13
Peso medio dei veicoli in tonnellate [tonn]	W = 15
Fattore di Emissione in kg/(veic.*km)	e = 0.93
Numero di veicoli/ora nel periodo lavoro	V = 12
Numero ore lavorate nella giornata	h = 8
Fattore di Emissione in g/s nel periodo lavorativo (8ore)	E = 3.125
Fattore di Emissione in g/s medi nella giornata	E = 1.042

Di seguito si descrivono brevemente le emissioni specifiche per ciascuna delle tre tipologie costruttive.

- **Realizzazione di rilevati o trincee**

La realizzazione di rilevati e trincee comporta le operazioni di sbancamento, stesa degli strati e compattazione. Il fronte di avanzamento è ipotizzato di lunghezza pari a 600 m.

Lo schema costruttivo è il seguente.

¹) Lo stesso valore espresso in unità previste dal SI è 0.42 kg/Veic.*km

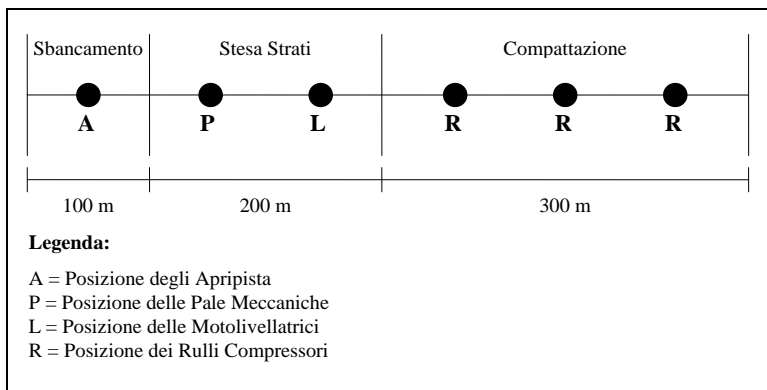


Figura 6: Schema di costruzione tipologia rilevato

In questo caso le emissioni di particolato sono dovute in parte alla combustione dei motori dei mezzi di cantiere e dall'altra al sollevamento di polveri dalle lavorazioni vere e proprie.

Per la stima delle emissioni dei motori si è aggiornato il fattore emissivo, come descritto in precedenza. La definizione della sorgente è quindi definita come nella tabella seguente.

Tabella 4: Calcolo fattore di emissione particolato dal motore dei mezzi di cantiere in opera

Emissione particolato da motori macchinari	
Parametri	Valore
Consumo specifico di gasolio [l/(CV*h)]	c = 0.22
Peso specifico gasolio [kg/l]	ps = 0.825
Potenza media dei mezzi [CV]	CV = 120
Coefficiente di utilizzo	cu = 0.6
Emissione particolato [g/kg gasolio]	g = 0.99
Fattore di emissione per veicoli pesanti [g/s*veic]	e = 0.0036
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V = 19
Numero ore lavorate nella giornata	h = 8
Fattore di Emissione in g/s nel periodo lavorativo (8ore)	E = 0.068
Fattore di Emissione in g/s medi nella giornata	E = 0.023

Per la stima delle emissioni dalla attività di sbancamento, stesa e compattazione degli strati si è fatto riferimento al documento dell'EPA AP 42, Capitolo 11 Mineral Products Industry, paragrafo 9 Western Surface Coal Mining. Sono state modellizzate 6 sorgenti areali (S_{A1} , S_{A2} , S_{A3} , S_{A4} , S_{A5} , S_{A6}) di lato pari a 50 m poste ad una distanza l'una dell'altra di 100 m, come illustrato nello schema precedente.

Tabella 5: Calcolo fattore di emissione particolato dalle attività di sbancamento, stesa e compattazione degli strati

Emissione particolato da sbancamento-stesa strati-compattazione	
Parametri	Valore
Contenuto in silt del terreno %	s = 10
Contenuto in umidità del terreno %	M = 10
Fattore di Emissione in kg/h*veic	e = 2.32
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V = 6
Numero ore lavorate nella giornata	h = 6
Fattore di Emissione in g/s nel periodo lavorativo (8ore)	E = 2.90
Fattore di Emissione in g/s medi nella giornata	E = 0.97



Le sorgenti emmissive sono state attivate solo nelle 8 ore di esercizio del cantiere.
Il layout del modello di simulazione per rilevato/trincea è riportato di seguito.

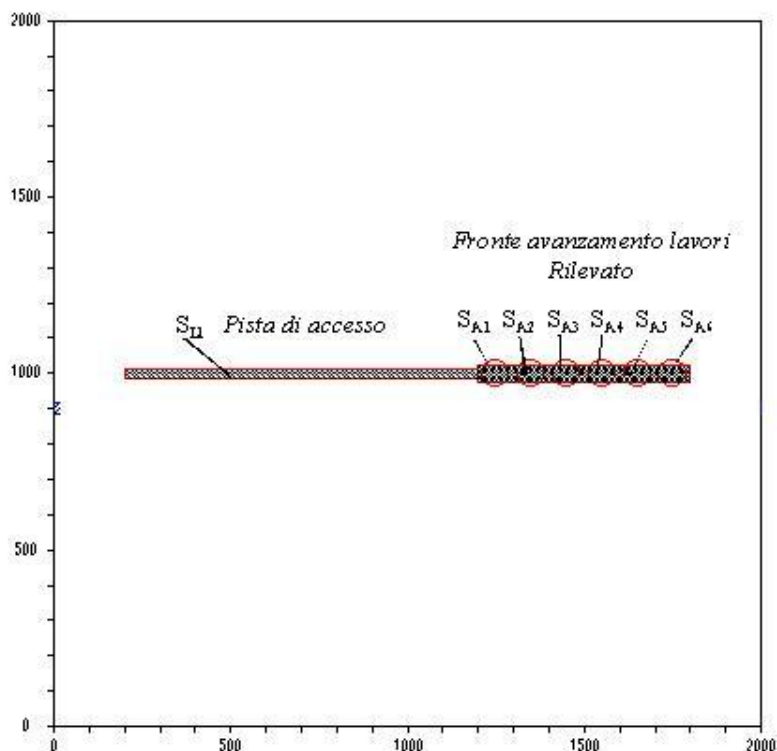


Figura 7: Sorgenti di particolato connesse alla realizzazione dei rilevati

- **Realizzazione di viadotti**

Le attività di realizzazione di un viadotto, dal punto di vista emissivo, possono essere riassunte come segue:

- realizzazione pali, pile e pulvini;
- varo dei cassoni.

Il fronte avanzamento lavori è costituito da 300 m entro i quali vengono eseguiti i pali e 300 m nei quali i pali sono già stati realizzati e si gettano le pile e i pulvini. Lo schema realizzativo è il seguente.

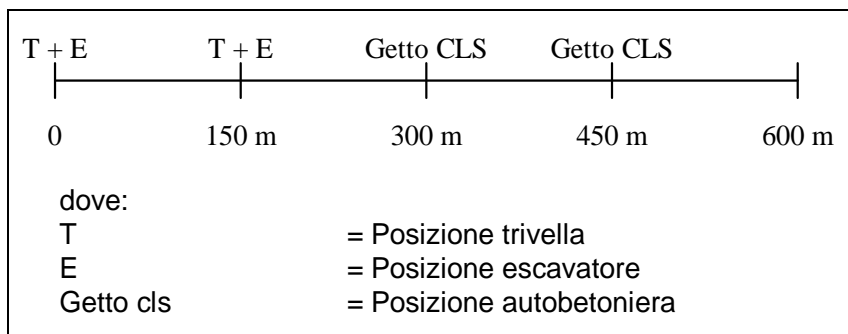


Figura 8: Schema di costruzione tipologia viadotto

Anche in questo caso le lavorazioni sono state simulate tramite due sorgenti areali di lato 50 m per la realizzazione dei pali (S_{A3} , S_{A4}) e due sorgenti areali (S_{A1} , S_{A2}) di uguali dimensioni per il getto di pile e pulvini. La distanza reciproca tra le quattro sorgenti è stata posta pari a 150.



Come per la tipologia costruttiva dei rilevati, l'emissione è in parte legata ai motori dei mezzi e in parte al sollevamento di polveri in seguito alla lavorazioni. In particolare si ipotizza che il getto di pile e pulvini determini le sole emissioni dei motori dei mezzi, mentre la realizzazione dei pali comporti, oltre alle emissioni dei motori, anche quelle legate allo scotico del terreno e alla trivellazione vera e propria. Queste ultime emissioni sono state determinate applicando le equazioni previste dal già citato documento AP 42 (Capitolo 11 Mineral Products Industry, paragrafo 9 Western Surface Coal Mining).

È stata presa in considerazione anche l'emissione legata al transito, all'interno della zona di avanzamento lavori, delle betoniere (S_{LI}). Si tratta del sollevamento di polveri dovute al passaggio di mezzi su piste non asfaltate. Questa sorgente è stata stimata mediamente pari alla metà del traffico totale sulle piste, in quanto il flusso risulta via via decrescente verso la testa del fronte. Per la stima di questa emissione si è fatto riferimento al documento AP 42, capitolo 13 Miscellaneous Sources, paragrafo 2.2 Unpaved Roads.

Le emissioni prodotte dalle sorgenti che descrivono le attività di realizzazione dei pali sono riportate di seguito.

Tabella 6: Calcolo fattore di emissione particolato emesso dai motori dei mezzi adibiti alla realizzazione dei pali

Emissione particolato da motori (realizzazione pali)	
Parametri	Valore
Consumo specifico di gasolio [l/(CV*h)]	c = 0.22
Peso specifico gasolio [kg/l]	ps = 0.825
Potenza media dei mezzi [CV]	CV = 120
Coefficiente di utilizzo	cu = 0.6
Emissione particolato [g/kg gasolio]	g = 0.99
Fattore di emissione per veicoli pesanti [g/s*veic]	e = 0.0036
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V = 6
Numero ore lavorate nella giornata	h = 8
Fattore di Emissione in g/s nel periodo lavorativo (8ore)	E = 0.022
Fattore di Emissione in g/s medi nella giornata	E = 0.007

Tabella 7: Calcolo fattore di emissione particolato emesso dalle operazione di escavazione e scotico per la realizzazione dei pali

Emissione particolato da escavazione (realizzazione pali)	
Parametri	Valore
Contenuto in silt del terreno %	s = 10
Contenuto in umidità del terreno %	M = 10
Fattore di Emissione in kg/h*veic	e = 2.32
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V = 6
Numero ore lavorate nella giornata	h = 6
Fattore di Emissione in g/s nel periodo lavorativo (8ore)	E = 2.90
Fattore di Emissione in g/s medi nella giornata	E = 0.97

Tabella 8: Calcolo fattore di emissione particolato emesso dalla trivellazione dei pali

Emissione particolato da trivellazione (realizzazione pali)	
Parametri	Valore
Fattore di Emissione in kg/palo	e = 0.59
Numero di pali/giorno/trivella	n = 2
Numero di trivelle	n = 2
Fattore di Emissione in g/s nel periodo lavorativo (8ore)	E = 0.08
Fattore di Emissione in g/s nella giornata	E = 0.03



Le emissioni prodotte dall'attività di getto di pile e pulvini sono determinate unicamente dalle emissioni dei motori di mezzi, riportate di seguito.

Tabella 9: Calcolo fattore di emissione particolato emesso dai motori dei mezzi adibiti al getto di pile e pulvini

emissione particolato da motori (getto pile e pulvini)	
Parametri	Valore
Consumo specifico di gasolio [l/(CV*h)]	c = 0.22
Peso specifico gasolio [kg/l]	ps = 0.825
Potenza media dei mezzi [CV]	CV = 120
Coefficiente di utilizzo	cu = 0.6
Emissione particolato [g/kg gasolio]	g = 0.99
Fattore di emissione per veicoli pesanti [g/s*veic]	e = 0.0036
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V = 10
Numero ore lavorate nella giornata	h = 8
Fattore di Emissione in g/s nel periodo lavorativo (8ore)	E = 0.036
Fattore di Emissione in g/s medi nella giornata	E = 0.012

Le emissioni dovute al transito delle betoniere lungo il fronte avanzamento lavori è stimato come segue.

Tabella 10: Calcolo fattore di emissione particolato sollevato dal transito delle betoniere sulle piste del fronte avanzamento lavori

emissione particolato sollevato dal transito dei mezzi sulle piste	
Parametri	Valore
Coefficiente per dimensione particolato (lb/VTM ²)	k = 15
Contenuto in silt della superficie stradale %	s = 13
Peso medio dei veicoli in tonnellate [tonn]	W = 15
Fattore di Emissione in kg/(veic.*km)	e = 0.93
Numero di veicoli/ora nel periodo lavoro	V = 5
Numero ore lavorate nella giornata	h = 8
Lunghezza della pista [km]	l = 0.5
Fattore di Emissione in g/s nel periodo lavorativo (8ore)	E = 0.651
Fattore di Emissione in g/s medi nella giornata	E = 0.217

Lo schema del modello per la tipologia costruttiva dei viadotti è rappresentato nella figura seguente.

²⁾ Lo stesso valore espresso in unità previste dal SI è 0.42 kg/Veic.*km

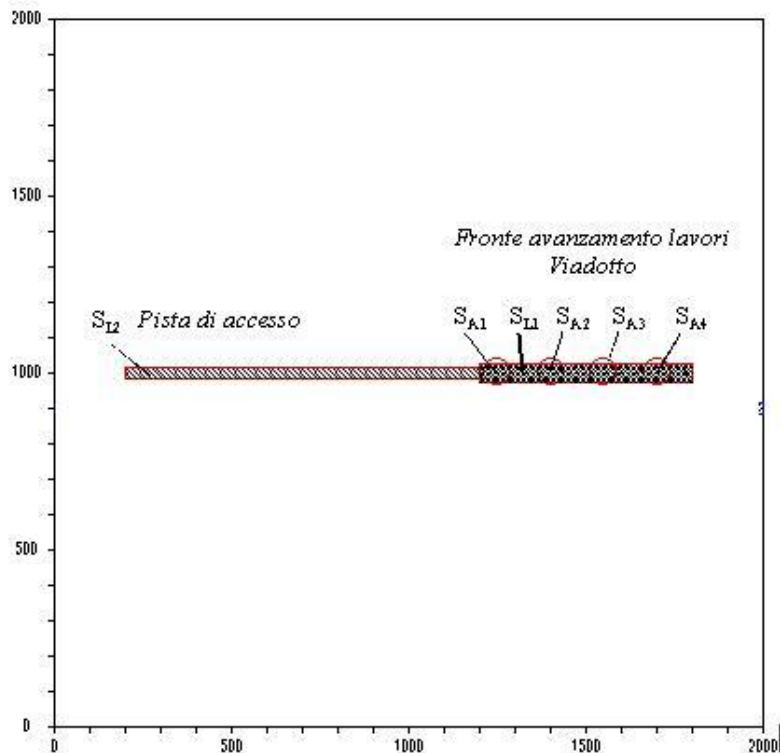


Figura 9: Sorgenti di particolato connesse alla realizzazione dei viadotti

- **Realizzazione di gallerie artificiali**

Le attività svolte nell'ambito del cantiere tipo galleria sono le seguenti:

- scavo;
- getto arco rovescio;
- getto piedritti;
- getto copertura;
- ripristino dei luoghi.

Queste si svolgono ad una distanza pari a 50 m, in una porzione lunga complessivamente 300 m. Si è ipotizzato che le operazioni di getto del calcestruzzo non determinino emissioni significative. Le attività di scavo sono state modellizzate con due sorgenti areali (S_{A1} e S_{A2}) poste in testa al fronte di avanzamento, a 50 m l'una dall'altra.

In analogia ai modelli precedenti, anche in questo caso le emissioni sono legate sia alla combustione dei motori dei mezzi di cantiere, sia al sollevamento di polveri dovuto alle attività che coinvolgono materiale sciolto.

Anche in questo caso è stata presa in considerazione l'emissione legata al transito, all'interno della zona di avanzamento lavori, delle betoniere (S_{L1}). Si tratta del sollevamento di polveri dovute al passaggio di mezzi su piste non asfaltate. Questa sorgente è stata stimata mediamente pari alla metà del traffico totale sulle piste. Per la stima di questa emissione si è fatto riferimento al documento AP 42, capitolo 13 Miscellaneous Sources, paragrafo 2.2 Unpaved Roads.

Le operazioni di scavo determinano quindi le emissioni riportate di seguito.


Tabella 11: Calcolo fattore di emissione particolato emesso dai motori dei mezzi adibiti allo scavo

emissione particolato da motori (scavo)	
Parametri	Valore
Consumo specifico di gasolio [l/(CV*h)]	c = 0.22
Peso specifico gasolio [kg/l]	ps = 0.825
Potenza media dei mezzi [CV]	CV = 120
Coefficiente di utilizzo	cu = 0.6
emissione particolato [g/kg gasolio]	g = 0.99
Fattore di emissione per veicoli pesanti [g/s*veic]	e = 0.0036
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V = 8
Numero ore lavorate nella giornata	h = 8
Fattore di Emissione in g/s nel periodo lavorativo (8ore)	E = 0.029
Fattore di Emissione in g/s medi nella giornata	E = 0.010

Tabella 12: Calcolo fattore di emissione particolato emesso dalle operazione di escavazione

emissione particolato da escavazione	
Parametri	Valore
Contenuto in silt del terreno %	s = 10
Contenuto in umidità del terreno %	M = 10
Fattore di Emissione in kg/h*veic	e = 2.32
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V = 2
Numero ore lavorate nella giornata	h = 6
Fattore di Emissione in g/s nel periodo lavorativo (8ore)	E = 0.97
Fattore di Emissione in g/s medi nella giornata	E = 0.32

La stima dell'emissione del transito delle betoniere è riportata di seguito.

Tabella 13: Calcolo fattore di emissione particolato sollevato dal transito delle betoniere sulle piste del fronte avanzamento lavori

Emissione particolato sollevato dal transito dei mezzi sulle piste	
Parametri	Valore
Coefficiente per dimensione particolato (lb/VTM ³)	k = 15
Contenuto in silt della superficie stradale %	s = 13
Peso medio dei veicoli in tonnellate [tonn]	W = 15
Fattore di Emissione in kg/(veic.*km)	e = 0.93
Numero di veicoli/ora nel periodo lavoro	V = 5
Numero ore lavorate nella giornata	h = 8
Lunghezza della pista [km]	l = 0.1
Fattore di Emissione in g/s nel periodo lavorativo (8ore)	E = 0.130
Fattore di Emissione in g/s medi nella giornata	E = 0.043

Lo schema del modello realizzativo della galleria artificiale è riportato di seguito.

³) Lo stesso valore espresso in unità previste dal SI è 0.42 kg/Veic.*km

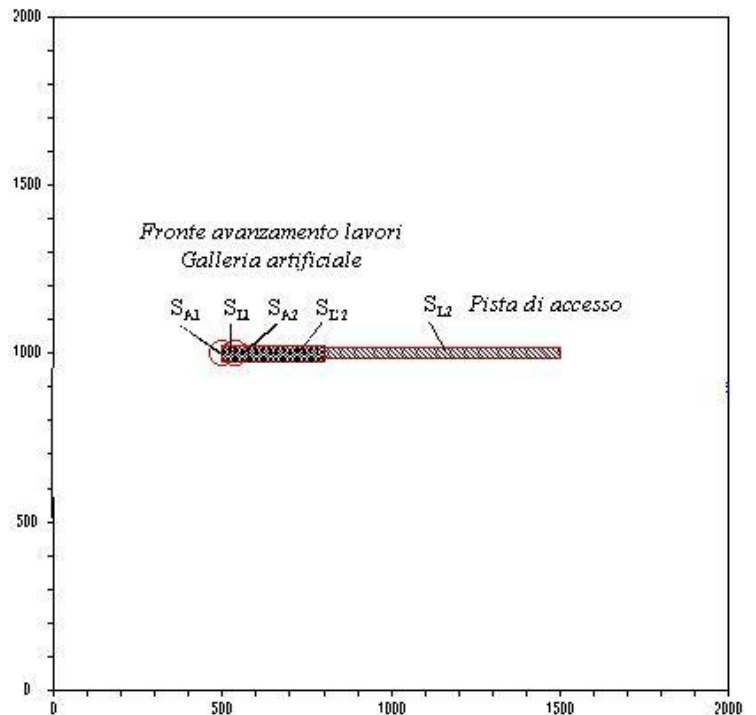


Figura 10: Sorgenti di particolato connesse alla realizzazione delle gallerie artificiali

3. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE RELATIVE ALLA DISPERSIONE DEL PM10 CON NUOVO STRUMENTO DI CALCOLO

Sono di seguito illustrati i risultati ottenute dalle simulazioni modellistiche relative alla dispersione del PM10, con le ipotesi e dati sopra descritte.

Le simulazioni sono state sviluppate, come richiesto, in modo da determinare sia i valori di concentrazione medi su base annua e presentati sia come mappe, sia in forma tabellare. Per maggiore informazione, in accordo con i criteri secondo i quali la normativa definisce i limiti di concentrazione di PM10 a tutela della salute della popolazione, sono stati altresì condotte le simulazioni per determinare i valori di concentrazione medi giornalieri superati per non più di 35 giorni/anno.

I risultati riportati nelle figure seguenti meritano le seguenti considerazioni:

- il modello è stato impostato su base annuale: si è quindi ipotizzato che le sorgenti emmissive fossero attive 8 ore al giorno per 365 giorni in un anno. Il fronte avanzamento lavori è tuttavia di fatto un cantiere mobile che si sposterà in funzione della rapidità di esecuzione dei lavori stessi. La velocità di spostamento del fronte è stimata in circa 450 m/mese per il rilevato, 60 m/mese per il viadotto, 40 m/mese per le gallerie artificiali. Le ipotesi della simulazione sono state quindi molto cautelative, immaginando che il cantiere operasse nello stesso luogo per un anno intero. Nella realtà le sorgenti emmissive si sposteranno, con il risultato che le emissioni saranno distribuite nel tempo e nello spazio, determinando concentrazioni di fatto più basse. Sorgente e recettore saranno alla minima distanza per un periodo limitato nell'anno. Conseguentemente, come già ricordato nello studio, le concentrazioni ottenute dalle simulazioni modellistiche risultano superiori al dato atteso in relazione



alla frazione di anno per la quale la linea risulta effettivamente in costruzione in corrispondenza dei ricettori.

- Poiché le emissioni sono state considerate omogenee durante tutto l'anno, le mappe relative ai valori di concentrazione medi giornalieri non superati per più di 35 giorni, si riferiscono ai giorni nei quali le condizioni meteo climatiche risultano, per ciascun punto di calcolo più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. Considerando che in realtà le lavorazioni (e dunque le emissioni) avvengono procedendo via via lungo il tracciato della linea, l'ipotesi che tali condizioni si verifichino proprio durante la permanenza del fronte avanzamento lavori nello stesso luogo, risulta una assunzione sicuramente cautelativa.

Come si può notare dalle mappe riportate nelle figure seguenti, la concentrazione medie annuali di PM_{10} risultano inferiori ai $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ già entro i 100 m in linea d'aria dal cantiere. Entro i 600 m (400 m nel caso della galleria artificiale) il contributo è inferiore a $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La tipologia costruttiva della galleria è quella che fa registrare concentrazioni più basse di polveri.

Dalle tabelle successive, che riportano i dati di concentrazione nella maglia di calcolo, si nota che il valore massimo si riscontra, come prevedibile, in corrispondenza dell'asse del cantiere. Le concentrazioni si riducono notevolmente già nei 50 m successivi.

Risultati analoghi si riscontrano per le medie giornaliere. Le mappe rappresentano l'interpolazione della 36esima concentrazione più elevata calcolata in ciascun nodo della maglia del modello. Le concentrazioni si attenuano rapidamente ed entro 100 m dall'asse del cantiere sono già inferiori ai $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per quanto concerne le concentrazioni attese in corrispondenza della discarica di Montichiari ed il sito di cava, si fa osservare che tali zone sono ubicate proprio in corrispondenza del tracciato e che sono interessate da opere in viadotto. Pertanto, per stimare i livelli attesi nelle due aree, si deve far riferimento alle mappe e tabelle per la tipologia costruttiva in viadotto con il livello massimo in corrispondenza della linea per degradare fino ai margini delle singole aree.

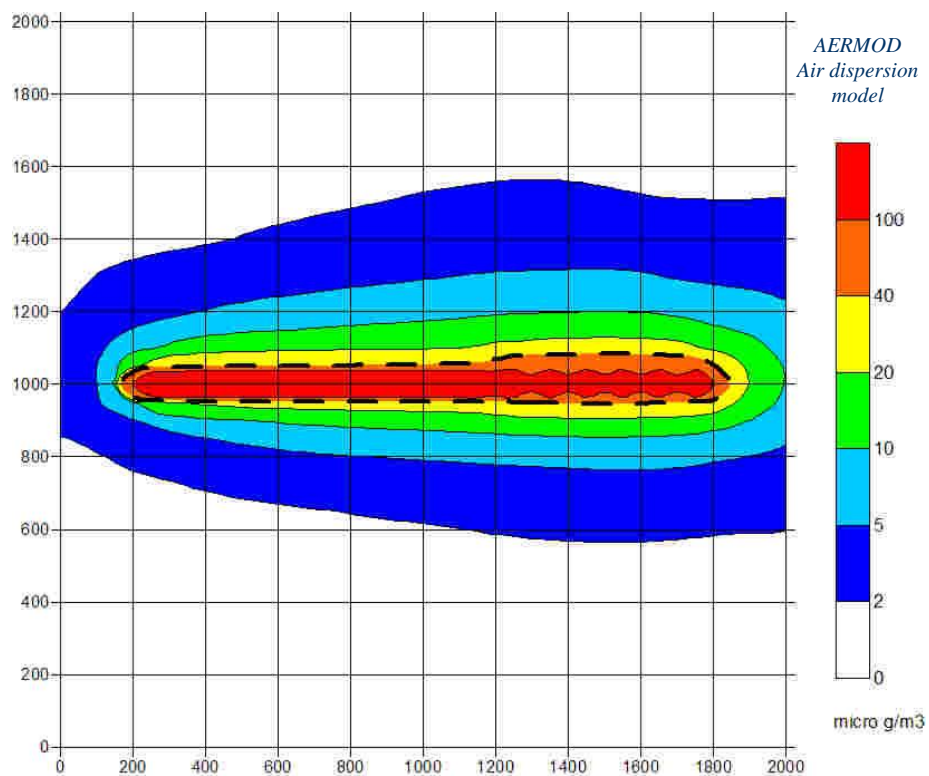


Figura 11: Mappa della concentrazione media annuale di PM₁₀ per la tipologia costruttiva “Rilevato/trincea”

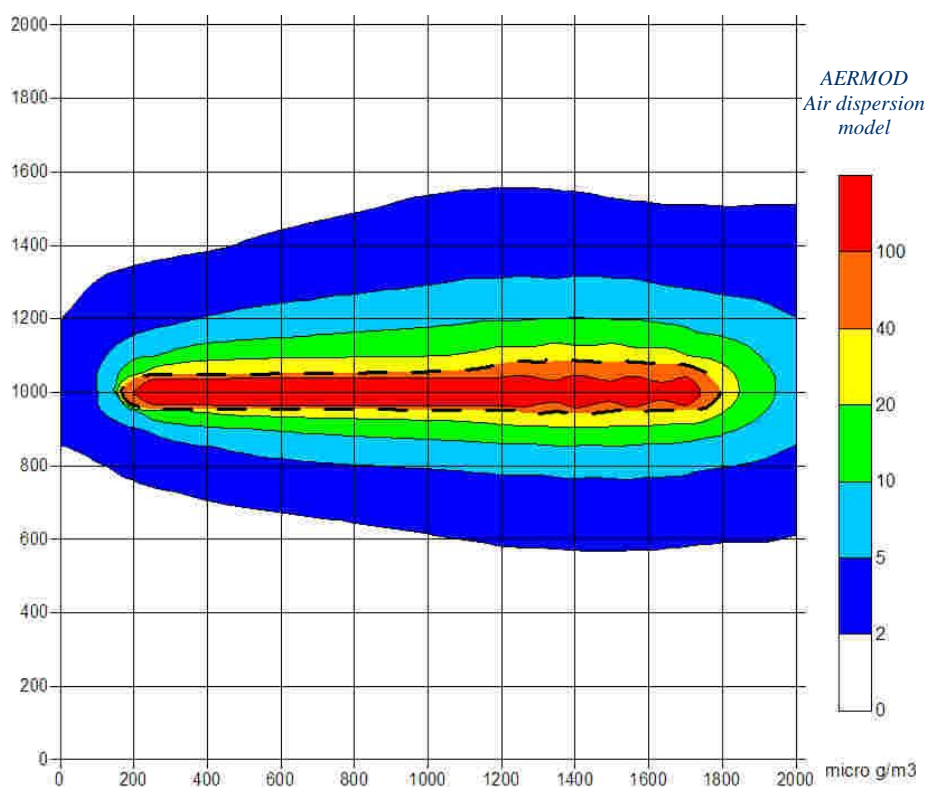




Figura 12: Mappa della concentrazione media annuale di PM₁₀ per la tipologia costruttiva “Viadotto”

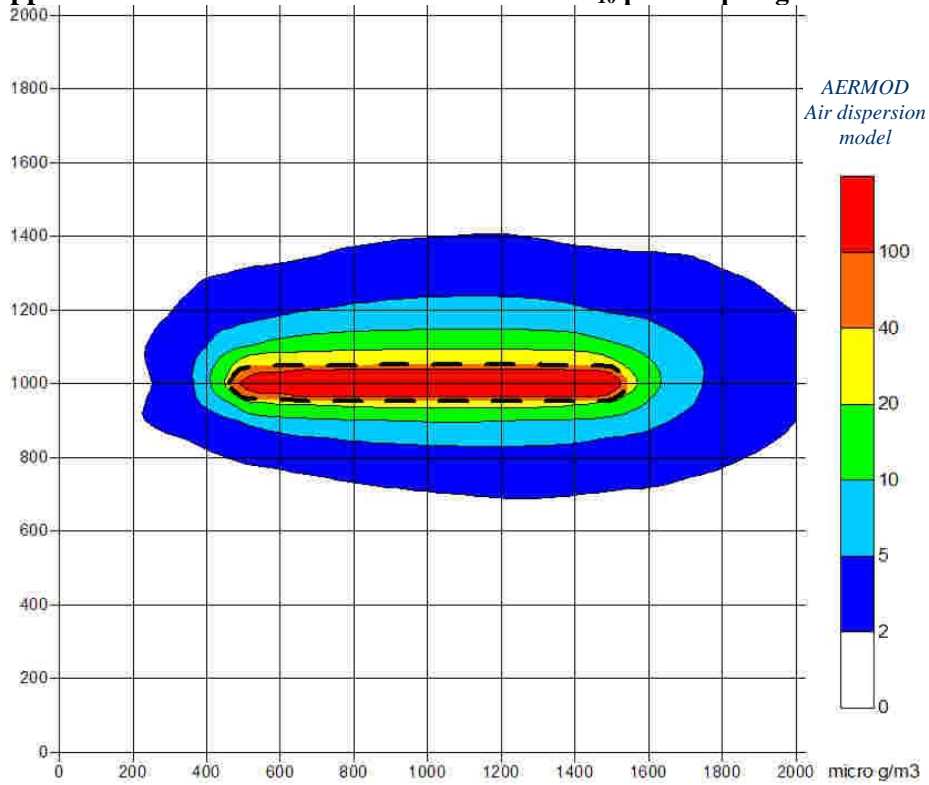


Figura 13: Mappa della concentrazione media annuale di PM₁₀ per la tipologia costruttiva “Galleria artificiale”

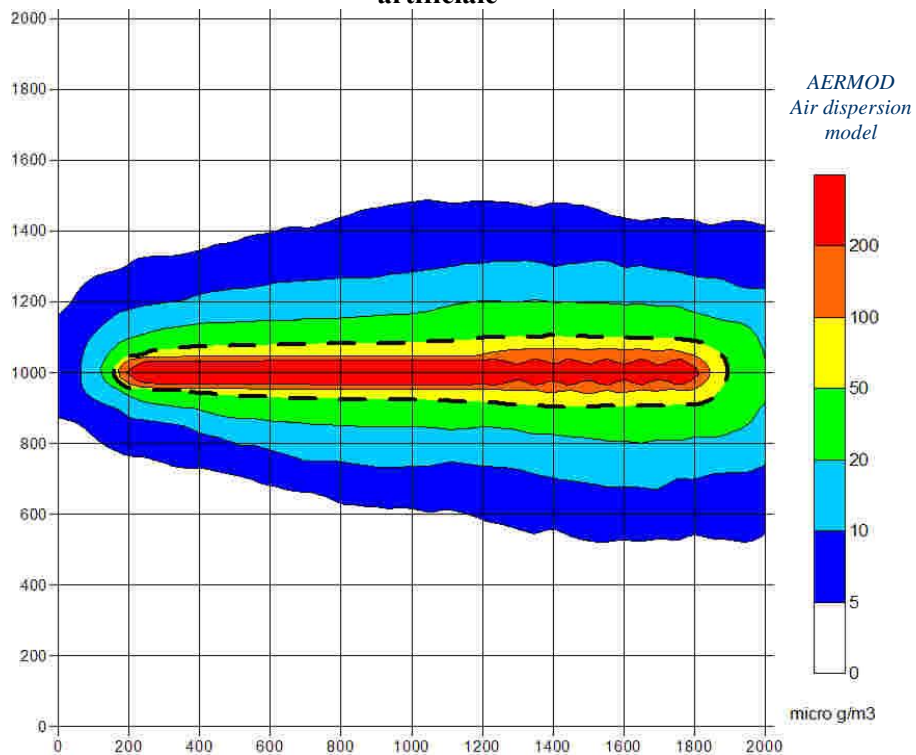




Figura 14: mappa della concentrazione giornaliera di PM_{10} superata non più di 35 volte per anno per la tipologia costruttiva “Rilevato/trincea”

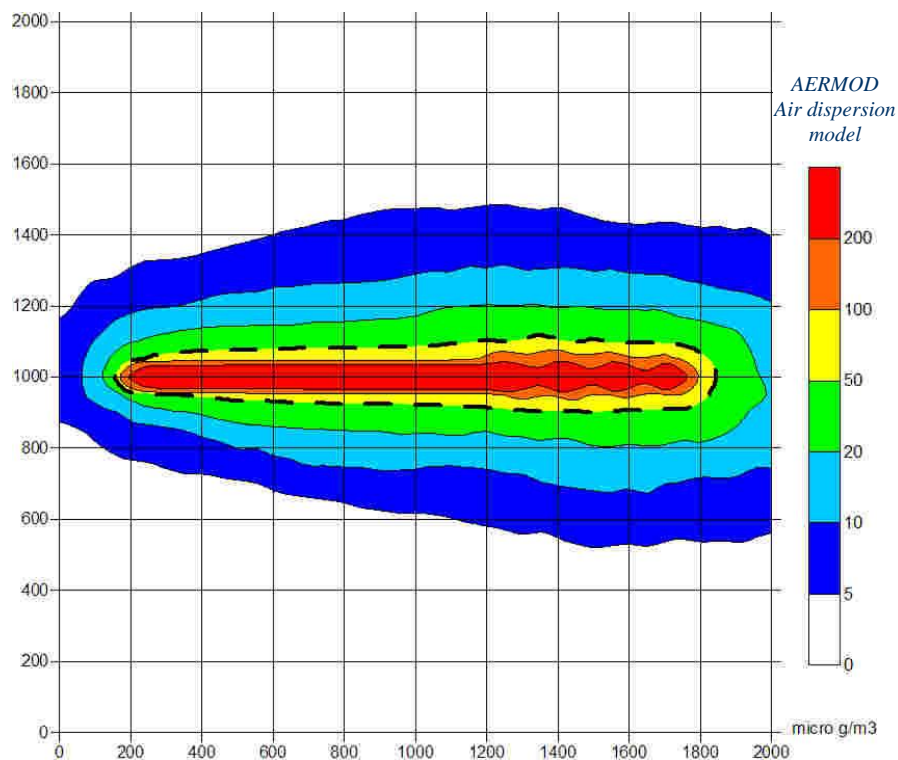


Figura 15: mappa della concentrazione media annuale di PM_{10} superata non più di 35 volte per anno per la tipologia costruttiva “Viadotto”

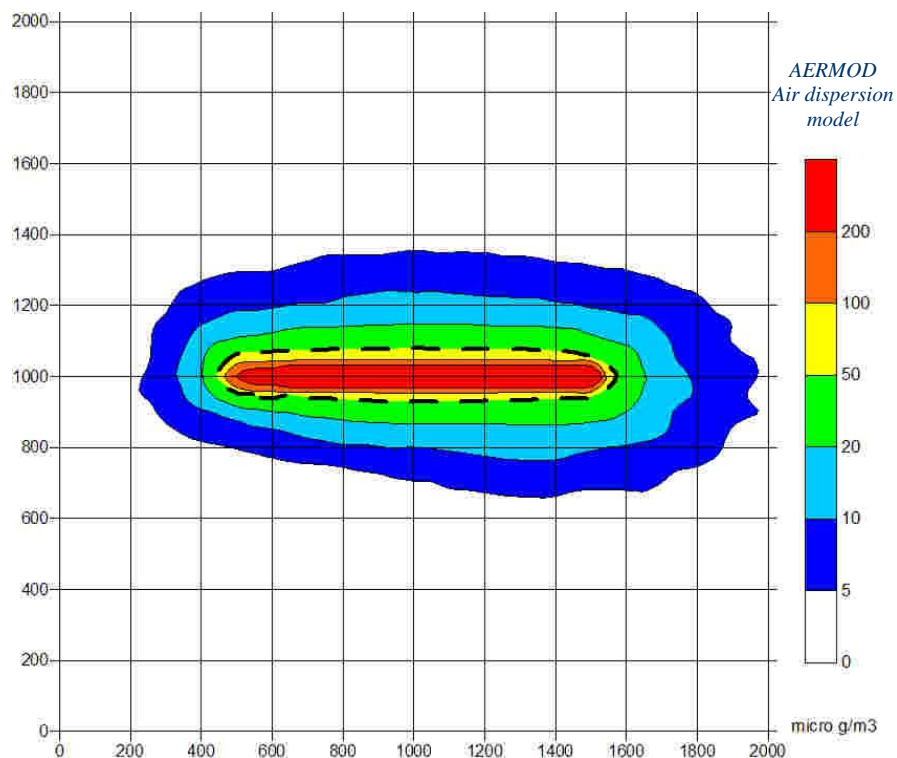


Figura 16: mappa della concentrazione media annuale di PM_{10} superata non più di 35 volte per anno per la tipologia costruttiva “Galleria artificiale”

Nelle pagine seguenti sono presentati i risultati delle simulazioni modellistiche in forma tabellare. Per ciascuna tipologia costruttiva (rilevato/trincea, viadotto, galleria artificiale) sono indicati i livelli di concentrazione medi annui e medi giornalieri superati non più di 35 giorni/anno.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica Documento

Rev

Foglio

23 di 27

Doc. N.

Tabella 15: concentrazioni medie annuali di PM10 per la tipologia costruttiva "Viadotto" [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Table with 42 columns (Y, 40 numerical columns, MAX, MED) and 42 rows (2000, 1950, 1900, 1850, 1800, 1750, 1700, 1650, 1600, 1550, 1500, 1450, 1400, 1350, 1300, 1250, 1200, 1150, 1100, 1050, 1000, 950, 900, 850, 800, 750, 700, 650, 600, 550, 500, 450, 400, 350, 300, 250, 200, 150, 100, 50, 0). Values range from 0.29 to 393.72.



Header table with columns: Progetto, Lotto, Codifica Documento, Rev, Foglio (26 di 27)

Tabella 18: concentrazioni medie giornaliere di PM10 superata non più di 35 volte per anno per la tipologia costruttiva "Viadotto" [µg/m³]

Main data table with columns Y (0 to 2000) and X (0 to 2000), and final MAX/MED columns. Values range from 0.37 to 644.23 µg/m³.

