AREA RISORSE TECNICO OPERATIVE

DIREZIONE INFRASTRUTTURE E DIFESA DEL SUOLO

Realizzazione della nuova calata ad uso cantieristica navale all'interno del Porto Petroli di Genova Sestri Ponente e sistemazione idraulica del rio Molinassi
Lotto 3

Progetto definitivo per appalto integrato

Verifica di Assoggettabilità a VIA ai sensi dell'art. 19 del D.Lgs. 152/2006

Studio Preliminare Ambientale

Allegato 2 – Valutazione emissioni

PINASCO STEF
2020.11.30 13:41:06
CN=PINASCO STEFANO
C=IT
O=COMUNE DI GENOVA
2.5.4.97=VATIT-00856930
RSA/2048 bits

Il Responsabile Unico di Procedimento
(ing. Stefano Pinasco)

Milano, 30 Novembre 2020

Cod. Doc.	Data	Revisione	Redatto	Verificato	Approvato
	Novembre 2020	*1° Emissione*	*C. Grassi* *S. Verrilli*	*C. Grassi*	*P Bacchi*

INDICE

1.0 PREMESSA 3

2.0 CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA 4

3.0 MODELLI DI DISPERSIONE 7
3.1 SCELTA E TIPOLOGIE DI MODELLI DIFFUSIONALI 7

4.0 QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI 10
4.1 ATTIVITA' DI CANTIERE 10
4.2 CRITERI PER LA STIMA DELLE EMISSIONI 11
4.2.1 Fattori di Emissione da attività di cantiere (PM10) 12
4.2.2 Emissioni dai gas di scarico di macchine e mezzi d'opera (PM10, NOx) 16
4.3 STIMA DELLE EMISSIONI 17

5.0 VALUTAZIONE IMPATTI AREA DI CANTIERE 20
5.1 IMPOSTAZIONI CODICE DI CALCOLO 20
5.1.1 Calpuff Model System 20
5.1.2 Configurazione del codice Calpuff per le attività di cantiere 21
5.2 RISULTATI AREA DI CANTIERE 23
5.2.1 Mappe di isoconcentrazione 23

6.0 VALUTAZIONE IMPATTI TRAFFICO INDOTTO 30
6.1 APPROCCIO METODOLOGICO 30
6.2 CALINE4 31
6.3 APPLICAZIONE DEL CODICE 37
6.3.1 Applicazione GIS e redazione delle mappe di concentrazione 39
6.3.2 Emissioni per le simulazioni del traffico indotto. 40
6.3.3 Simulazioni con CALINE4 41
6.4 RISULTATI 43
6.4.1 MAPPE di ISOCONCENTRAZIONE 43

7.0 CONCLUSIONI 45

1.0 PREMESSA

La presente relazione tecnica è finalizzata ad identificare, quantificare e valutare i potenziali impatti ambientali che l'intervento per la sistemazione idraulica del Rio Molinassi e lavorazioni area Briglia indurranno a carico della componente ambientale atmosfera durante la fase della cantierizzazione.

Le valutazioni condotte comprendono 2 aspetti:

1. **Emissioni da lavorazioni in cantiere**

   Si è provveduto alla **stima delle emissioni delle lavorazioni di cantiere** applicando le "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali pulverulenti" redatte da ARPAT previa convenzione con la Provincia di Firenze e recepite con DGP.213-09 dalla Provincia di Firenze. I dati di emissione di polveri risultanti sono stati implementati nel codice di calcolo CALPUFF per la valutazione delle concentrazioni al suolo e della compatibilità delle fasi e lavorazioni con lo stato della qualità dell'aria ambiente.

2. **Emissioni da traffico indotto (esterno all'area di cantiere)**

   La relazione sviluppa la **stima delle emissioni del traffico indotto** dalle operazioni di cantiere e dagli approvvigionamenti dei materiali per le opere civili, applicando i fattori di emissione ISPRA SINANET per il **traffico veicolare** al fine di stimare per ogni percorso la ricaduta al suolo e presso i recettori individuati sul territorio tramite l'applicazione del codice CALINE4.

In relazione vengono prima quantificate le emissioni, e poi riportate le valutazioni del potenziale impatto previsto sulla qualità dell'aria generato in particolare da ognuno degli scenari sopra riportati.

BOZZA

2.0 CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA

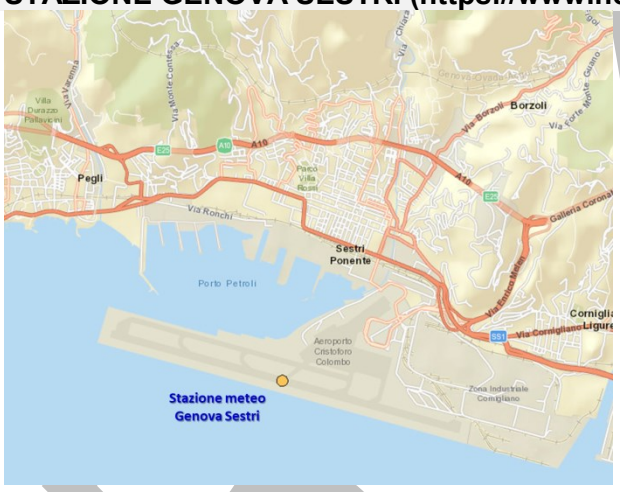
In questo paragrafo, relativo alla caratterizzazione meteorologica dell'area allo studio, si illustrano i dati meteorologici selezionati per il dominio di calcolo.

In relazione all'estensione territoriale del dominio di calcolo e al fine di una corretta caratterizzazione meteorologica dell'area, sono stati acquisiti i dati calcolati dal modello LAMA ed archiviati dal servizio ARPA-SIM dell'Emilia Romagna relativamente all'anno 2017 ed i dati della stazione Genova Sestri ubicata all'aeroporto Cristoforo Colombo in prossimità dell'area di progetto.

Tali dati sono stati elaborati ed utilizzati nelle simulazioni con il codice Caline e Calpuff

Il clima dell'area di Genova è stato caratterizzato attraverso l'analisi dei dati acquisiti dal sito https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/ registrati dalla stazione meteorologica Genova – Sestri, posta ad una latitudine di 44.411953 e longitudine di 8.841875 ad un a quota di 3.96m slm.

STAZIONE GENOVA SESTRI (https://www.ncdc.noaa.gov/)



LATITUDINE 44.411953
LONGITUDINE 8.841875
LOCALIZZAZIONE: Aeroporto Colombo

PARAMETRI:

- *direzione e velocità del vento*
- *pressione atmosferica*
- *temperatura*

Regime anemologico

Il regime anemologico del sito è caratterizzato da una assai elevata dinamicità e da relativamente scarsa presenza di venti a bassa intensità, risultando quindi assai favorevole ad un efficace trasporto e dispersione degli inquinati eventualmente immessi in atmosfera.

Nelle figure seguenti sono riportati le rose dei venti delle distribuzione dei venti su base annuale e stagionale e le rispettive frequenze di accadimento delle classi di velocità.

BOZZA

L'andamento annuale mostra dei picchi di intensità distribuiti in modo variabile durante tutto il periodo considerato.

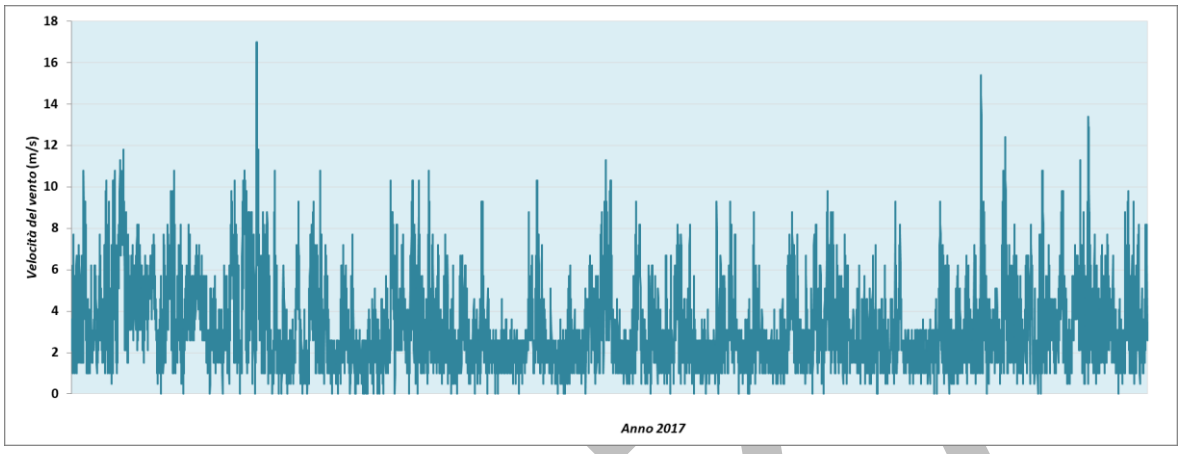
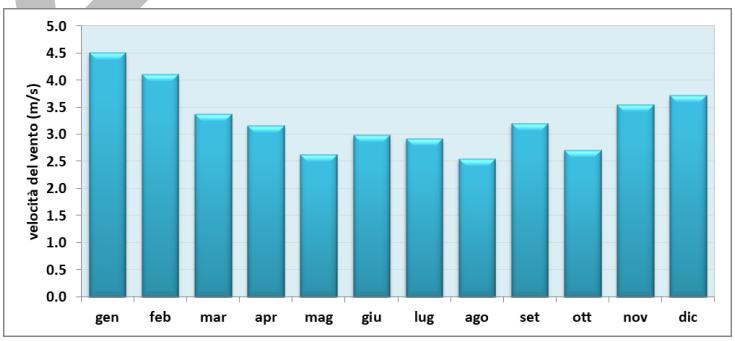


Figura 1 Andamento orario annuale (2017) della velocità del vento – Stazione Genova Sestri

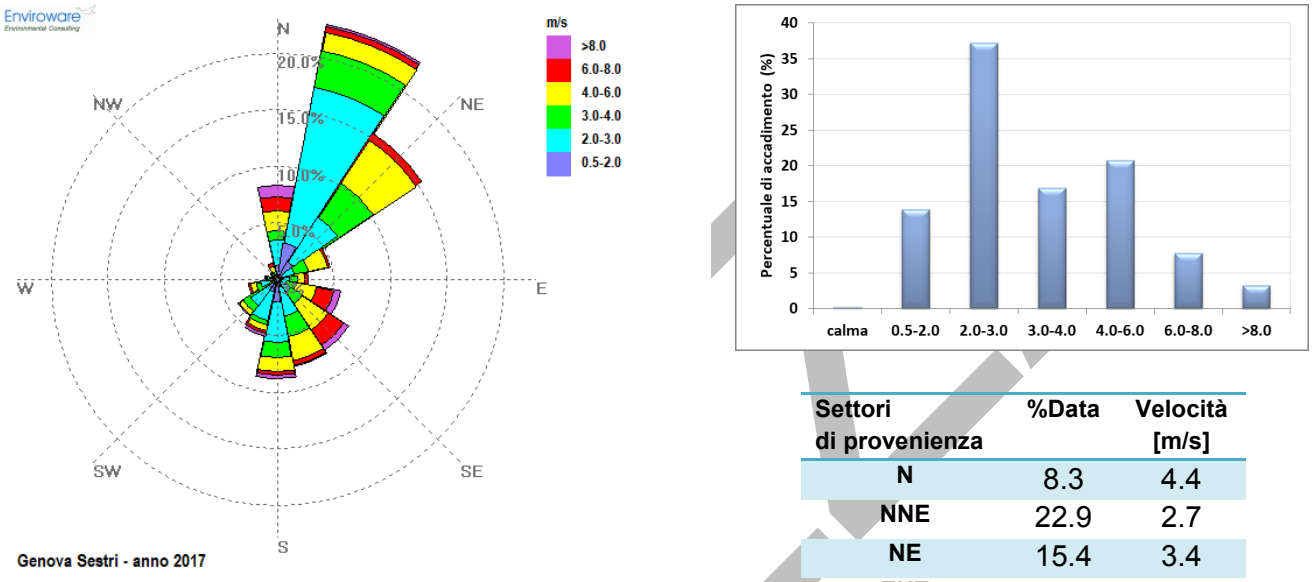
L'intensità del vento registrata nell'anno 2017, Figura 1, mostra una media assoluta di 3,3 m/s. Il valore massimo assoluto è stato raggiunto nel mese di marzo ed è pari a 17 m/s. l'andamento medio mensile mostra valori di intensità maggiori nei mesi invernali e autunnali e valori più bassi nei mesi estivi/primaverili.

Mesi	Massimo (m/s)	Media (m/s)	Minimo (m/s)
gen	11.8	4.5	0.0
feb	10.8	4.1	0.0
mar	17.0	3.4	0.0
apr	10.3	3.2	0.0
mag	10.8	2.6	0.0
giu	11.3	3.0	0.0
lug	10.3	2.9	0.0
ago	9.3	2.6	0.0
set	9.8	3.2	0.0
ott	9.3	2.7	0.0
nov	15.4	3.6	0.0
dic	13.4	3.7	0.0
Anno 2017	**17.0**	**3.3**	**0.0**



Su base annuale dominano i venti dal primo quadrante ed in particolare da NE – NNE, circa il 42% dei dati validi, con venti di media- alta intensità. Assai meno frequenti sono i venti dal secondo quadrante, con ancora una significativa presenza di venti medio-forti. Trascurabile è la presenza di

venti da terzo e quarto quadrante. Le velocità si attestano tra 2.0-3.0 m/s per circa il 37% e tra 4.0-6.0 m/s per circa il 20% dei dati. Le calme di vento (< 0.5 m/s) hanno un frequenza annua molto bassa ad indicazione della sostenuta ventosità del sito.



Settori di provenienza	%Data	Velocità [m/s]
N	8.3	4.4
NNE	22.9	2.7
NE	15.4	3.4
ENE	4.8	3.6
E	2.7	3.6
ESE	5.7	5.4
SE	7.5	4.8
SSE	7.9	3.4
S	8.8	3.0
SSO	5.1	3.0
SO	4.1	2.8
OSO	2.6	3.1
O	1.0	2.6
ONO	0.6	3.2
NO	0.8	3.2
NNO	1.5	4.1
Calma	0.3	<0.5

Figura 2 Rosa dei venti e accadimento delle classi di velocità del vento anno 2017– Stazione Genova Sestri

Di seguito si riportano le rose dei venti stagionali

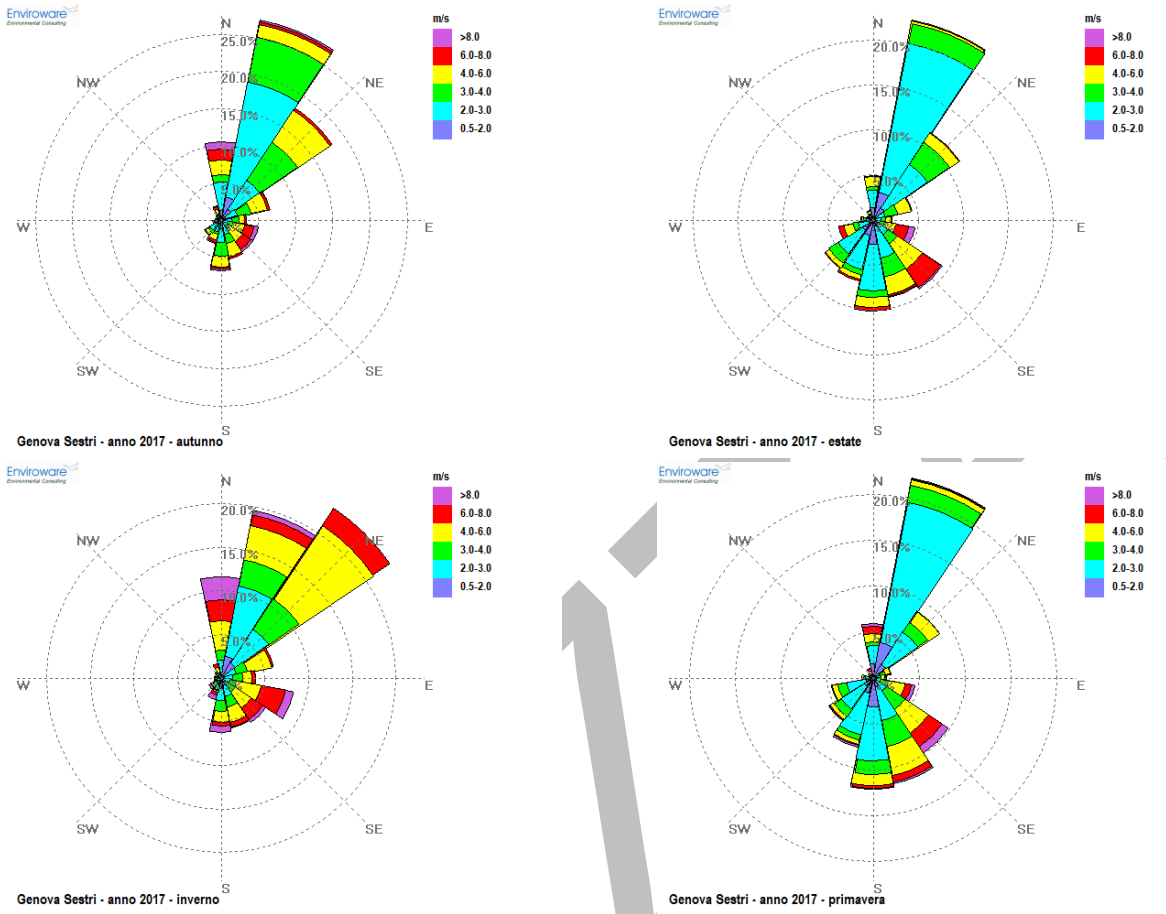


Figura 3 Rosa dei venti stagionali anno 2017– Stazione Genova Sestri

3.0 MODELLI DI DISPERSIONE

3.1 SCELTA E TIPOLOGIE DI MODELLI DIFFUSIONALI

Quando gas o particelle vengono immessi in atmosfera si disperdono per opera del moto caotico dell'aria; tale fenomeno è noto come diffusione turbolenta. Scopo dello studio del comportamento degli inquinanti in atmosfera è la conoscenza della loro distribuzione spaziale e temporale.

Nella maggior parte dei casi si ricorre alla descrizione matematica dei processi di trasporto, reazione chimica e rimozione attraverso l'ausilio di modelli matematici di simulazioni (detti modelli di diffusione) atti a descrivere la distribuzione di una determinata sostanza in atmosfera.

La scelta dello strumento modellistico adeguato alle esigenze dello specifico caso di studio necessita di un'attenta fase di valutazione di applicabilità, da espletarsi attraverso la verifica

- del problema: scala spaziale, temporale, dominio, tipo di inquinante, tipo di sorgenti, finalità delle simulazioni;
- dell'effettiva disponibilità dei dati di input;
- delle risorse di calcolo disponibili;
- del grado di complessità dei vari strumenti disponibili e delle specifiche competenze necessarie per la sua applicazione;
- delle risorse economico-temporali disponibili.

Naturalmente, la complessità della realtà fisica fa sì che nessun modello possa rappresentare la situazione reale nella sua completezza: ciascun modello rappresenta necessariamente una semplificazione e un'approssimazione della realtà.

Criteri che concorrono alla scelta del modello

In generale, i modelli matematici diffusionali si possono dividere in due categorie:

- modelli deterministici;
- modelli statistici.

I modelli deterministici si basano su equazioni che si propongono di descrivere in maniera quantitativa i fenomeni che determinano il comportamento dell'inquinante in atmosfera.

Si dividono a loro volta in due classi:

- modelli euleriani: riferiti ad un sistema di coordinate fisse;
- modelli lagrangiani: riferiti ad un sistema di coordinate mobile, che segue gli spostamenti degli elementi di cui si desidera riprodurre il comportamento in atmosfera.

I modelli euleriani si suddividono, a loro volta, in:

- modelli analitici,
- modelli a box,
- modelli a griglia.

I modelli analitici si basano sull'integrazione, in condizioni semplificate, dell'equazione generale di trasporto e diffusione. Le condizioni meteoclimatiche possono considerarsi stazionarie (plume models) oppure dipendenti dal tempo (puff models).

I modelli a box suddividono il dominio in celle, all'interno delle quali si assume che l'inquinante sia perfettamente miscelato. E' inoltre possibile tenere conto di eventuali termini di trasformazione chimica e di rimozione dovuta a fenomeni di deposizione.

I modelli a griglia si basano sulla soluzione dell'equazione di diffusione atmosferica tramite tecniche alle differenze finite. Prendono il nome dalla suddivisione del dominio in un grigliato

BOZZA

tridimensionale e sono in grado di tener conto di tutte le misure meteorologiche disponibili e delle loro variazioni spaziali e temporali, nonché di trasformazioni quali le reazioni chimiche, la deposizione secca o umida.

I modelli lagrangiani si suddividono in:

- modelli a box,
- modelli a particelle.

I modelli lagrangiani a box, differentemente dai corrispondenti modelli euleriani, ottengono una risoluzione spaziale lungo l'orizzontale, non possibile nei primi a causa dell'ipotesi di perfetto miscelamento. La dimensione verticale del box è posta uguale all'altezza di miscelamento. L'ipotesi semplificatrice più significativa consiste nell'assumere la dispersione orizzontale nulla (assenza di scambio con l'aria circostante).

Nei modelli a particelle la dispersione dell'inquinante viene schematizzata attraverso pseudo-particelle di massa nota, che evolvono in un dominio tridimensionale. Il moto delle particelle viene descritto mediante la componente di trasporto, espressa attraverso il valore medio del vento, e quella turbolenta, espressa attraverso le fluttuazioni dello stesso intorno al valore medio. Questo approccio permette di tener conto delle misure meteorologiche disponibili, anche relative a situazioni spaziali e temporali complesse, evitando parametrizzazioni sulla turbolenza (classi di stabilità e coefficienti di diffusione semi-empirici).

I modelli statistici si basano su relazioni statistiche fra insiemi di dati misurati e possono suddividersi, a seconda delle tecniche statistiche implementate, in:

- modelli di distribuzione,
- modelli stocastici,
- modelli di recettore.

Tutti i modelli statistici non prevedono l'utilizzo delle equazioni che descrivono la realtà fisica, ma utilizzano i soli dati misurati nel passato dalla rete di monitoraggio e forniscono le previsioni dei valori di concentrazione nei soli punti della rete stessa. Nelle loro forme più semplici, questi modelli si basano su espressioni lineari formate dal termine che esplicita la relazione tra dati passati e dato previsto e dal termine stocastico vero e proprio; le ulteriori affinazioni possono derivare con l'apporto esplicito o implicito di altre variabili, meteorologiche o emissive.

In questo studio sono stati utilizzati due differenti modelli di dispersione:

- **CALPUFF per la valutazione delle ricadute dalle attività di cantiere.**
- **CALINE4 per la descrizione del traffico veicolare indotto dal cantiere (materiali in uscita e in ingresso)**

BOZZA

4.0 QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI

4.1 ATTIVITA' DI CANTIERE

Le informazioni di input necessarie ed utilizzate per le valutazioni della stima delle emissioni e il conseguente impatto sulla qualità dell'aria, sono costituite dal cronoprogramma di massima, dati sulla movimentazione materiali, tipologia delle attività in cantiere, approvvigionamenti e dati sui percorsi di traffico indotto.

In particolare in questo capitolo sono considerate tutte le attività che avvengono all'interno del cantiere, nel seguito elencate, traffico interno all'area di cantiere per la movimentazione materiali, demolizioni, scavi.

Per la programmazione delle attività di cantiere per la sistemazione idraulica del Rio Molinassi e area Briglia si rimanda al cronoprogramma di progetto.
Con riferimento a tale cronoprogramma, le attività di lavoro vengono svolte in due differenti Fasi non concomitanti:

- FASE 3
- FASE 4

Si riportano nelle seguenti tabelle il dettaglio dei volumi di scavo, dei giorni di lavoro effettivi di cantiere e delle ore giorno di lavoro.

Le stime delle emissioni di gas e polveri sono state valutate anche per la viabilità esterna di cantiere per due differenti attività: le operazioni di scavo e demolizione (trasporto verso l'esterno) e le operazioni di costruzione (approvvigionamento di materiale).

Descrizione attività	scavo [mc]	Demolizioni [mc]	Giorni di cantiere	Ore/gg
FASE 3	1544	495	535	8
FASE 4	23176	2230	725	8

Descrizione attività	Mezzi operatrici	Tipo di mezzo operatrice
FASE 3	1	Escavatore o pala gommata
FASE 4	1	Escavatore o pala gommata

Approvvigionamento	cls [mc]	acciaio [ton]	Giorni di cantiere	Ore/gg
FASE 3	270	3.2	535	8
FASE 4	4766	1179.8	725	8

BOZZA

4.2 CRITERI PER LA STIMA DELLE EMISSIONI

La valutazione delle emissioni di polveri e l'individuazione dei necessari interventi di mitigazione sono state effettuate secondo le indicazioni di cui ai contenuti delle "*Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali pulverulenti"* redatte da ARPAT previa convenzione con la Provincia di Firenze.

Tali linee guida introducono i metodi di stima delle emissioni di particolato di origine diffusa prodotte dalle attività di trattamento degli inerti e dei materiali pulverulenti in genere, e le azioni e le opere di mitigazione che si possono effettuare, anche ai fini dell'applicazione del D.Lgs 152/06 (Allegato V alla Parte 5°, Polveri e sostanze organiche liquide, Parte 1: Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti).

I metodi di valutazione proposti nelle Linee guida ARPAT provengono principalmente da dati e modelli dell'US-EPA (AP-42 *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*) ai quali si rimanda per la consultazione della trattazione originaria, in particolare degli algoritmi di calcolo, e qualora sorgessero dubbi interpretativi.

Le linee guida ARPAT sono suddivise principalmente in due capitoli: nel Capitolo 1 sono analizzate le sorgenti di particolato dovute alle attività di trattamento di materiali polverulenti e per ciascuna sorgente vengono individuate le variabili da cui dipendono le emissioni ed il metodo di calcolo, in taluni casi semplificato rispetto al modello originale ed adattato dove possibile alla realtà locale. Nel Capitolo 2 sono presentate delle soglie di emissione al di sotto delle quali l'attività di trattamento di materiali polverulenti può essere ragionevolmente considerata ad impatto non significativo sull'ambiente. Tale conclusione deriva dall'analisi effettuata tramite l'applicazione di modelli di dispersione, i cui risultati indicano che al di sotto dei valori individuati non sussistono presumibilmente rischi di superamento o raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria di PM_{10} dovuti alle emissioni dell'attività in esame.

Le due principali tipologie di emissioni di inquinanti sono:

- Emissioni particellari dovute alle lavorazioni all'interno del cantiere: quali demolizioni e scavi, carico/scarico del materiale, formazioni e stoccaggio di cumuli, trasporto del materiale su aree non pavimentate; (PM10)
- Emissioni particellari dovute alle macchine operatrici e mezzi pesanti in cantiere. (PM10, NOX)

Per la valutazione delle citate emissioni si è fatto riferimento alla metodologia precedentemente citata.

BOZZA

Nei seguenti paragrafi si descrive l'approccio utilizzato per la stima delle emissione connese alle attività di cantiere (comprese le movimentazioni, demolizioni, trasporti da e per le aree di cantiere).

4.2.1 Fattori di Emissione da attività di cantiere (PM10)

Nel presente paragrafo si riportano le metodologie utilizzate per la stima delle emissioni di polveri dalle attività di cantiere, suddivise in fasi come riportato nel paragrafo precedente.

In particolare, facendo riferimento alle linee guida ARPAT della regione Toscana si sono stimati i fattori di emissione per ogni singola attività di cantiere così da poter calcolare il rateo emissivo di Polveri PM10 per ogni fase del cantiere.

Il materiale in lavorazione è stato considerato avere una densità media di 1,7 Mg/mc (tonnellate per metro cubo) pertanto nelle stime quantitative i metri cubi di materiale sono stati convertiti in peso considerando questo fattore di conversione.

ATTIVITÀ DI SCOTICO E SBANCAMENTO

Nel presente paragrafo vengono calcolati i fattori di emissione generati dall'attività di scotico sbancamento del materiale nelle aree di lavorazione. Lo stesso fattore è stato utilizzato per le demolizioni.

Per tale operazione si utilizza il fattore di emissione delle operazioni di scotico/scavo previsto in "13.2.3 Heavy construction operation", pari a 5.7 kg/km di PTS. Ipotizzando una frazione di PM10 dell'ordine del 60% del PTS, si ottiene un fattore di emissione per il PM10 pari a 3.42 kg/km.

Nella fase di scavo si ipotizza che una ruspa rimuova circa 12 m³/h di materiale L'emissione oraria stimata per questa fase è quindi pari a 0.02394 kg/h di PM10. Le ore di lavorazione sono poi calcolate in base al quantitativo giornaliero di materiale previsto dal programma dei lavori. Questo determina direttamente il numero di mezzi che contemporaneamente lavorano nella singola area di cantiere.

- **FE scavo (PM10)= 3.42 kg/km**

Per la fase di sbancamento o estrazione non è presente uno specifico fattore di emissione; considerando che il materiale estratto è bagnato, si considera cautelativamente il fattore di emissione associato al SCC 3-05-027-60 Sand Handling, Transfer, and Storage in "Industrial Sand and Gravel", pari a 1.30x10-3 lb/tons di PTS equivalente a 3.9x10-4 kg/Mg di PM10 avendo considerato il 60% del particolato come PM10

- **FE sbancamento (PM_{10})= 3.9x10-4 kg/Mg**

ATTIVITÀ DI CARICO/SCARICO DEL MATERIALE

Per le operazioni relative al "carico camion" del materiale estratto cui corrisponde il codice EPA SCC 3-05-020-33, non è disponibile un fattore di emissione. Può essere eventualmente utilizzato quello del SCC 3-05-010-37 "*Truck Loading: Overburden*" presente per il settore "*Coal Mining,*

BOZZA

Cleaning and Material Handling", corrispondente alla fase di carico del materiale superficiale rimosso dallo scotico.

Osservando i rapporti tra i fattori di emissione di PM_{10} e PTS, si può ritenere cautelativo considerare una componente PM_{10} dell'ordine del 60% del PTS.

Il fattore di emissione espresso in Kg per ogni Mg (tonnellata) di materiale caricato è pari a 0.0075 per il PM10 calcolato in base a SCC 3-05-010-37.

- **FE carico camion (PM_{10})= 0.0075 kg/Mg**

Per la fase di scarico è stato considerato il fattore SCC 3-05-010-42 "Truck unloading: Buttom-Dump- Overburden"pari a 0,0005 Kg/Mg di PM10 materiale scaricato.

- **Fattore: PM10 : 0.0005 kg/t**

FORMAZIONE E STOCCAGGIO CUMULI

Il fattore di emissione utilizzato per la stima della polverosità generata dalle attività di formazione e stoccaggio cumuli prende in considerazione le attività di sollevamento delle polveri per via eolica dei cumuli (si sottolinea che tale circostanza risulta in realtà considerata a scopo cautelativo) ed è il seguente:

$$E = k \cdot (0{,}0016) \cdot \frac{(\frac{U}{2.2})^{1.3}}{(\frac{M}{2})^{1.4}}$$

dove: k rappresenta la costante adimensionale variabile in funzione della dimensione delle particelle:

k= 0.35 per il calcolo di PM_{10}

U = velocità media del vento (m/s)

M = umidità del materiale accumulato (%)

Il parametro k varia a seconda della dimensione del particolato come riportato in tabella:

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k) For Equation 1				
< 30 μm	< 15 μm	< 10 μm	< 5 μm	< 2.5 μm
0.74	0.48	0.35	0.20	0.053[a]

BOZZA

La suddetta formula empirica garantisce una stima attendibile delle emissioni considerando valori di U e M compresi nel *range* di valori (ben rappresentativo della situazione oggetto di studio) specificati nella tabella seguente.

Parametro	**Range**
Velocità del vento	0,6 – 6.7 m/s
Umidità del materiale	0,25 – 4,8 %

Nel caso in esame, la velocità del vento è stata cautelativamente assunta pari a 6,7 m/s: tale valore descrive la peggiore situazione riscontrabile in sito, compatibilmente con l'intervallo di applicabilità della formula sopra riportato. Tale valore appare ampiamente cautelativo. L'umidità del materiale è assunta pari a 4%.

Le quantità di materiale da movimentare sono state individuate dall'analisi congiunta degli elaborati e planimetrie di progetto. Si riporta di seguito il fattore di emissione associato alle operazioni di formazione e stoccaggio cumuli:

- **FE formazione cumuli (PM10)= 0.0009 kg/Mg**

<u>EROSIONE del VENTO dei CUMULI</u>

Facendo riferimento a quanto riportato nel paragrafo 1.4 delle Linee guida ARPAT ed applicando l'espressione :

EF_i(Kg/h)= EFi * a * mvh

a: superficie dell'area movimentata in m2

movh: numero di movimentazioni/ora

e definendo conservativamente le caratteristiche del cumulo come segue:

tipologia	**tipologia**	**Area movimentata**	**Movimentazioni/h**	**EFi [kg/m2]**
Deposito temporaneo	Cumulo alto H/D>2	30 m2	1	7.9E-06

Il valore è stato valutato impostando un'altezza del cumulo pari a 2 m, ipotizzandolo conico con un diametro di 5.6 m e con una superficie laterale di circa 30 m2. Il rapporto tra altezza del cumulo e diametro è superiore a 0.2 quindi il cumulo è considerato "alto" e il fattore di emissione risulta pari a 7.9x10-6 kg/m

BOZZA

- **Fattore PM10: 0,00024 Kg/h**

TRAFFICO DI MEZZI PESANTI NELLE AREE NON PAVIMENTATE

Per la stima delle emissioni di polvere generate dal traffico veicolare per azione del risollevamento nelle aree non pavimentate è stato utilizzato il seguente fattore di emissione:

$$E = k \cdot (\frac{s}{12})^a \cdot (\frac{W}{3})^b$$ [kg/km]

dove:

- W = peso medio dei mezzi di cantiere che percorrono le aree considerate (t)
- S = contenuto del limo dello strato superficiale delle aree non pavimentate (%)

Il contenuto di limo è stato assunto pari al 14 %, conforme all'intervallo di valori compresi tra l'1,8% e il 25,2% e coerente con quanto indicato nelle Linee Guida ARPAT. I valori di K, a e b sono stati assunti:

- per PM_{10}

K= 0.423

a= 0.900

b= 0.450

Si riportano di seguito i fattori di emissione associati al passaggio su aree non pavimentate:

I Km medi percorsi sono stati stimati a partire dall'estensione media del percorso nelle aree non pavimentate secondo la viabilità ipotizzata (desunta a partire dalla consultazione congiunta degli elaborati grafici di progetto), moltiplicata per il numero dei mezzi stimati durante la specifica attività in esame. Il peso medio dei mezzi di cantiere (W) che percorrono le aree considerate viene considerato apri a 35 t. Pertanto il fattore di emissione per le polveri PM10 che si può utilizzare è pari a :

- **FE passaggio su piste non pavimentate (PM10)= 1.4679kg/Km**

Riepilogo fattori di emissione

Nella seguente tabella i fattori di emissione considerati ed utilizzati per il calcolo delle emissioni di PM10.

Tabella 1 riepilogo fattori di emissione.

BOZZA

Fattori di Emissione	PM10	UM
Scavo e demolizione	0.02394	kg/h
Sbancamento	3.9x10-4	kg/t
Formazione e stoccaggio cumuli	0.0009	kg/t
Erosione del vento dai cumuli	0.00024	kg/h
Movimentazione materiale su pista non pavimentata	1.4679	kg/kg materiale movimentato*km
Carico camion	0.0075	kg/t
Scarico camion	0.0005	kg/t

4.2.2 Emissioni dai gas di scarico di macchine e mezzi d'opera (PM10, NOx)

Con riferimento all'emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi meccanici e degli automezzi in circolazione sulle piste di cantiere e sulla viabilità principale, si aggiungono anche le PM10, da traffico veicolare. Per la stima dei fattori di emissione delle macchine e dei mezzi d'opera impiegati è stato fatto riferimento al database del programma di calcolo COPERT III ed all'Atmospheric Emission Inventory Guidebook dell'EEA. All'interno del documento è possibile individuare dati relativi ai seguenti macchinari principali (Other Mobile SouRes and Machinery – SNAP 0808XX):

- Macchine escavatrici (wheel/crawler type): utilizzati principalmente per movimenti di terra e lavori di carico/scarico. Possono essere distinti in tre classi: piccola taglia con potenza da 10 a 40kW, di media taglia da 50 a 500kW, e superiori ai 500kW utilizzati per lavori pesanti di estrazione e movimentazione del materiale. In questo contesto si ipotizza di utilizzare macchinari con potenza 200 kW

Si fa presente che in fase di realizzazione delle opere saranno presenti macchine di movimento terra e automezzi per il trasporto di personale, materiali ed apparecchiature. Per lo svolgimento delle attività è previsto, indicativamente, l'impiego dei seguenti mezzi/attrezzature:

- autocarri, escavatori cingolati, pale meccaniche, miniescavatori, pompe sommerse ad aria e/o elettriche, autobetoniera, pompa per getti di cls, oltre che pontoni e mezzi navali per eseguire le lavorazioni di dragaggio sedimenti e di supporto per la posa degli elementi in calcestruzzo.

Le attività verranno svolte nel corso dell'intera giornata 8h e per cinque giorni alla settimana (da lunedì a venerdì). Si precisa che i mezzi su elencati non funzioneranno mai tutti contemporaneamente, ma si alterneranno durante le varie fasi di lavoro e le attività previste. I mezzi meccanici e di movimento terra, una volta portati sul cantiere resteranno in loco per tutta la

BOZZA

durata delle attività e, pertanto, non altereranno il normale traffico delle strade limitrofe alle aree di progetto.

Tabella 2 fattori di emissione per mezzi d'opera di cantiere.

sorgenti emissive	PM10	NOX	U.M.	Fonte
Macchine escavatrici	0.3	7	gr/h*kW	EEA-BV810v3-Other Mobile SouRes and Machinery – SNAP 0808XX

Per la stima delle emissioni dei mezzi operatrici, è stato fatto uso dei fattori di emission della tabella precdente considerando un fattore specific, Load-specific fuel consumption, riferito alle modalità di lavoro delle machine pari al 30% come riportato in letteratura (fonte: *Fuel consumption and engine load factors of equipment in quarrying of crushed stone Tomislav Korman, Trpimir Kujundžić Mario Klanfar February 2016 https://www.researchgate.net/publication/296573614)*

Per i mezzi pesanti in transito sulle piste di cantiere i fattori di emissione degli scarichi sono stati desunti per mezzi pesanti dal sito di ISPRA Inventaria – fattori di emissione medi per traffico autoveicolare anno 2018.

Tabella 3 Fattori di emissione (fonte Ispra)

inquinante	Fattore di emissione medi (g/km*veic)
PM10	0.1534
NOX	3.1316

4.3 STIMA DELLE EMISSIONI

Applicando i fattori di emissione selezionati e calcolati in precedenza ad ognuna delle attività previste nelle diverse fasi del cantiere si sono stimate le emissioni di polveri PM10 espresse, come richiesto dalle Linee Guida ARPAT, in termini di rateo emissivo di PM10 in grammi per ora, e GAS derivanti dai mezzi d'opera. Nelle seguenti tabelle si mostra il risultato delle stime delle emissioni per le opere, suddivise per attività.

Le stime comprendono:

- le emissioni delle attività di cantiere, il traffico di mezzi su piste interne al cantiere non pavimentate e le emissioni dei mezzi d'opera previsti per la singola fase.
- le emissioni dalle attività di approvvigionamento su gomma.

Per il calcolo delle emissioni si è applicato un fattore di densità del materiale movimentato pari a 1.7 ton/m3 di terreno. Ogni mezzo pesante è stato considerato di portata pari a 35 t. I mezzi per approvvigionamento dei tubi di acciaio sono stati considerati da 10t

BOZZA

Si fa presente che i sedimenti derivanti da dragaggio sono considerati bagnati e quindi si assume che la movimentazione non produce emissioni di polveri. Nella seguenti tabelle 4, 5 e 6 si riporta il dettaglio delle stime di PM10 e NOx per ognuna delle attività del cantiere e per le seguenti tipologie:

- Emissioni da lavorazioni di scavo, demolizione e movimentazione materiali.
- Emissioni da trasporto via terra (camion da e per il cantiere)

L'analisi dei volumi di materiale e relativi transiti dei mezzi pesanti da e per il cantiere è stata svolta conisderando i giorni di cantiere: in funziona dei volumi di materiale da movimentare si sono stimati il numero di mezzi in ingresso e uscita dal cantiere considerando un numero di ore di accesso pari a 8h al giorno nel periodo diurno come per le attività di lavorazione interne al cantiere.

Sulla base dei risultati illustrati nelle tabelle a seguire, si è successivamente configurato il codice di calcolo per simulare l'emissione delle due fasi con valori di emissione pari a **0.0207**kg/h e **0.1147** kg/h rispettivamente per la fase 3 e la fase 4

BOZZA

Tabella 4 stime delle emissioni di PM10 e NOx. Emissioni da lavorazioni di scavo e movimentazione materiali.

Descrizione	scavo	sbancamento	Formazione cumuli	erosione vento	carico camion	traffico su piste non pavimentate	PM10 scavo e movimentazione	PM10 (scavo movimentazione+ emissioni macchine operatrici e camion)	NOx (emissioni macchine operatrici e camion)
	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
FASE 3	0.0010	0.0003	0.0007	0.0002	0.0061	0.0034	0.012	**0.0207**	**0.2100**
FASE4	0.0088	0.0029	0.0067	0.0002	0.0559	0.0312	0.106	**0.1147**	**0.2101**

BOZZA

5.0 VALUTAZIONE IMPATTI AREA DI CANTIERE

5.1 IMPOSTAZIONI CODICE DI CALCOLO

5.1.1 Calpuff Model System

Il sistema di modelli CALPUFF MODEL SYSTEM, inserito dall'U.S. EPA in Appendix A di "Guideline on Air Quality Models", è stato sviluppato da Sigma Research Corporation, ora parte di Earth Tech, Inc, con il contributo di California Air Resources Board (CARB).
Il sistema di modelli è composto da tre componenti:

- Il preprocessore meteorologico CALMET: utile per la ricostruzione del campo tridimensionale di vento e temperatura all'interno del dominio di calcolo;

- Il processore CALPUFF: modello di dispersione, che 'inserisce' le emissioni all'interno del campo di vento generato da Calmet e ne studia il trasporto e la dispersione;

- Il postprocessore CALPOST: ha lo scopo di processare i dati di output di CALPUFF, in modo da renderli nel formato più adatto alle esigenze dell'utente.

CALMET è un preprocessore meteorologico di tipo diagnostico, in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura e campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa. Il campo di vento viene ricostruito attraverso stadi successivi, in particolare un campo di vento iniziale viene rielaborato per tenere conto degli effetti orografici, tramite interpolazione dei dati misurati alle centraline di monitoraggio e tramite l'applicazione di specifici algoritmi in grado di simulare l'interazione tra il suolo e le linee di flusso. Calmet è dotato, infine, di un modello micrometeorologico per la determinazione della struttura termica e meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera.

CALPUFF è un modello di dispersione 'a puff' multi-strato non stazionario. È in grado di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti, in condizioni meteorologiche variabili spazialmente e temporalmente. CALPUFF è in grado di utilizzare campi meteorologici prodotti da CALMET, oppure, in caso di simulazioni semplificate, di assumere un campo di vento assegnato dall'esterno, omogeneo all'interno del dominio di calcolo. CALPUFF contiene diversi algoritmi che gli consentono, opzionalmente, di tenere conto di diversi fattori, quali: l'effetto scia dovuto agli edifici circostanti (building downwash) o allo stesso camino di emissione (stack-tip downwash), shear verticale del vento, deposizione secca ed umida, trasporto su superfici d'acqua e presenza di zone costiere, presenza di orografia complessa, ecc. CALPUFF è infine in grado di trattare diverse tipologie di sorgente emissiva, in base essenzialmente alle caratteristiche geometriche: sorgente puntiforme, lineare, areale, volumetrica. CALPOST consente di

BOZZA

elaborare i dati di output forniti da CALPUFF, in modo da ottenere i risultati in un formato adatto alle esigenze dell'utente. Tramite Calpost si possono ottenere dei file di output direttamente interfacciabili con software grafici per l'ottenimento di mappe di concentrazione.

5.1.2 Configurazione del codice Calpuff per le attività di cantiere

Al fine dell'implementazione della catena modellistica per la valutazione del potenziale impatto in atmosfera derivante dalle attività di cantiere è stato necessario definire i parametri di impostazione del codice. Nel file di controllo del modello sono state impostate le seguenti opzioni:

- trasformazioni chimiche non considerate (condizione cautelativa);
- deposizione umida non simulata (condizione cautelativa);
- deposizione secca simulata per gli inquinanti particellari e non simulata per quelli gassosi;
- coefficienti di dispersione calcolati in base alle variabili micro-meteorologiche

Per tutte le altre impostazioni sono stati utilizzati i valori di default consigliati. Per meglio valutare il reale impatto delle emissioni inquinanti considerate si sono inseriti nel codice di calcolo, file di controllo di CALPUFF, i coefficienti di ripartizione giornaliera delle emissioni da ogni area di cantiere Per l'applicazione del codice di calcolo CALPUFF MODEL SYSTEM sono stati predisposti i necessari files di ingresso, per le simulazioni del periodo solare dell'anno 2017, configurazione del codice, realizzati come di seguito riportato in tabella.

Tabella 5 Configurazione CALPUFF per le sorgenti

Parametro	***Descrizione***
Periodo	Anno solare 2017
Emissioni CANTIERE	Le emissioni di cantiere sono state rappresentate nel codice di calcolo come emissioni areali ed inserite come variabili su scala oraria per le effettive ore di lavorazione del cantiere.(8 h/giorno). Le simulazioni sono state svolte per le attività svolte in area Broglia e nell'area di sistemazione idraulica del Rio Molinassi
Meteorologia	La configurazione prevede impostazione di Meteorological Data Format (METFM ! METFM = 2 ! , METFM = 2 - ISC ASCII file (ISCMET.MET), come previsto nel Manuale Operativo del codice.
Simulazioni	
Dispersione	Sono state effettuate simulazioni "short term" per la valutazione della dispersione degli inquinanti emessi su scala oraria per il periodo di riferimento e per i vari scenari. Le sorgenti areali sono state impostate con valori di emissione pari a quelli calcolati nel mese di massimo impatto e simulati come costanti per tutto l'anno solare (a favore di sicurezza).Le emissioni sono state impostate con sz=5 metri e altezza del rilascio pari a 4 metri.
Output	
	Sono stati elaborati i dati di concentrazioni di polveri e gas calcolati da CALPUFF

BOZZA

	come "recettori grigliati" per ottenere le mappe di isonconcentrazione sul dominio di indagine

Calcolo degli Ossidi di Azoto e Biossido di Azoto ARM2

Al fine stimare l'impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni inquinanti derivanti del progetto e dalla fase di cantiere ed in relazione al fatto che il sistema modellistico applicato studia l'impatto degli inquinanti primari, dunque gli ossidi di azoto nel loro complesso, si pone l'attenzione sulla metodologia necessaria a riportare i risultati modellistici calcolati in termini di NOx come concentrazioni in aria di NO2 in modo da poterli confrontare con i valori limite riportati nel D.Lgs. 155/2010 e smi. La relazione tra NO2 ed NOx è oggetto di numerosi studi ed è stata formalizzata in una procedura che impiega il metodo ARM2 (Ambient Ratio Method Version 2) adottato da US-EPA che permette di sviluppare questo calcolo per applicazioni di modellistica ambientale diffusionale.

Nella metodologia ARM2 la concentrazione di biossido di azoto [NO2] è calcolata, partendo dalle stime di quella di ossidi di azoto [NOX], applicando la seguente relazione:

= f(x) ; x = concentrazione di NOx

dove f(x) è una curva di regressione polinomiale

Questa relazione è determinata utilizzando una base di dati misurati dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, e per le quali si deve provvedere ad elaborare le serie storiche di concentrazioni medie orarie di NOx e NO2 così da calcolare i rapporti tra NO2 e NOx per poi costruire un modello regressivo che interpreti la relazione e che ne permetta l'applicazione ai risultati del modello di dispersione.

Si è proceduto, in ogni modo, ad applicare la formulazione sviluppata nella trattazione ARM2 utilizzando la formula del "98th Percentile Ambient Ratios and ARM2 Equation for All AQS Sites Data" presente a pag 22 del documento ARM2 Development and Evaluation Report di US-EPA applicabile alle concentrazioni di NOx espresse in µg/m3.

La formula utilizzata è la seguente:

NO2/NOx = -1.1723E-17 NOx^6 + 4.2795E-14 NOx^5 - 5.8345E-11 NOx^4 + 3.4555E-08 NOx^3 - 5.6062E-06 NOx^2 - 2.7383E-03 NOx + 1.2441E+00,

Il valore di concentrazione di NO2 è quindi calcolato applicando la formula di cui sopra al valore di NOx stimato dal modello di dispersione CALPUFF per il valore del rapporto NO2/NOx calcolato con la formula precedente. L'applicazione di questa formula alla serie temporale oraria di NOx stimata da CALPUFF in ognuno dei recettori puntuali e lo scenario di simulazione ha permesso di calcolare il valore di concentrazione di NO2 da confrontare con i valori di qualità dell'aria.

L'applicazione della formula sopra esposta è limitata all'intervallo di valori del rapporto NO2/NOx compresi tra 0,5 e 0,9. Per valori di concentrazione di NOx minori di 100 ug/m3 si è applicato il valore del rapporto pari a 0,9 mentre per valori superiori a 284 ug/m3 si è applicato il rapporto pari a 0,5.

BOZZA

5.2 RISULTATI AREA DI CANTIERE

Si sono elaborati attraverso il post processore CALPOST i risultati dell'applicazione del codice di dispersione CALPUFF, per le attività di realizzazione delle sistemazioni idrauliche del Rio Molinassi e modifiche in area Briglia . I risultati sono stati rappresentati sotto forma di mappe di concentrazione per gli inquinanti considerati. Tutti i valori sono stati confrontati con i valori limite di qualità dell'aria previsti dal DLgs 155/2010 e smi.

Nell simulazioni svolte sono stati considerati i massimi orari per NO2 e i massimi giornalieri di PM10, i valori stimati massimi sono all'interno delle aree di cantiere ed i percentili sono al di sotto dei limiti di legge. Sono state valutate anche le medie annuali ed i valori sono ampiamente al di sotto dei limiti di legge.

5.2.1 Mappe di isoconcentrazione

Nelle seguenti figure si mostrano i risultati delle simulazioni svolte con il codice CALPUFF.

Le mappe sono riportate per PM10 e NO2 per la FASE 3 e la FASE 4

BOZZA

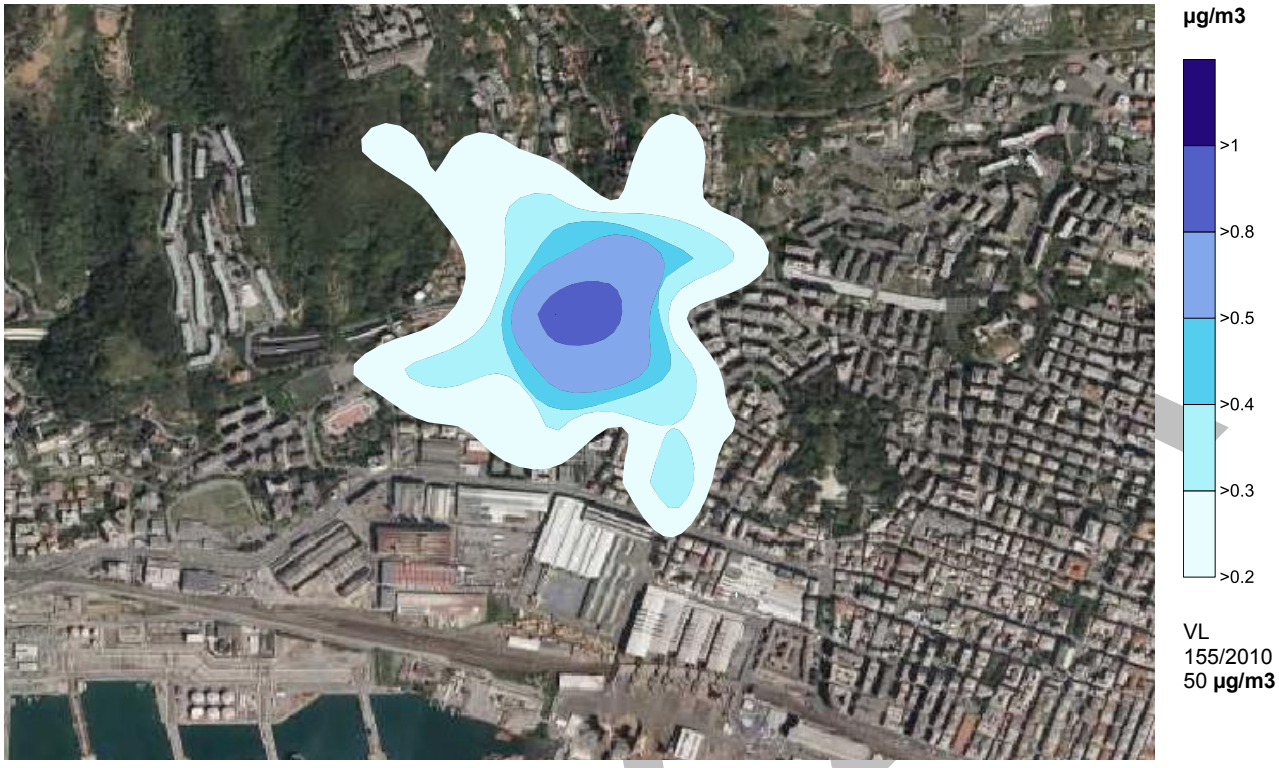
FASE3

MEDIA ANNUALE DI PM10



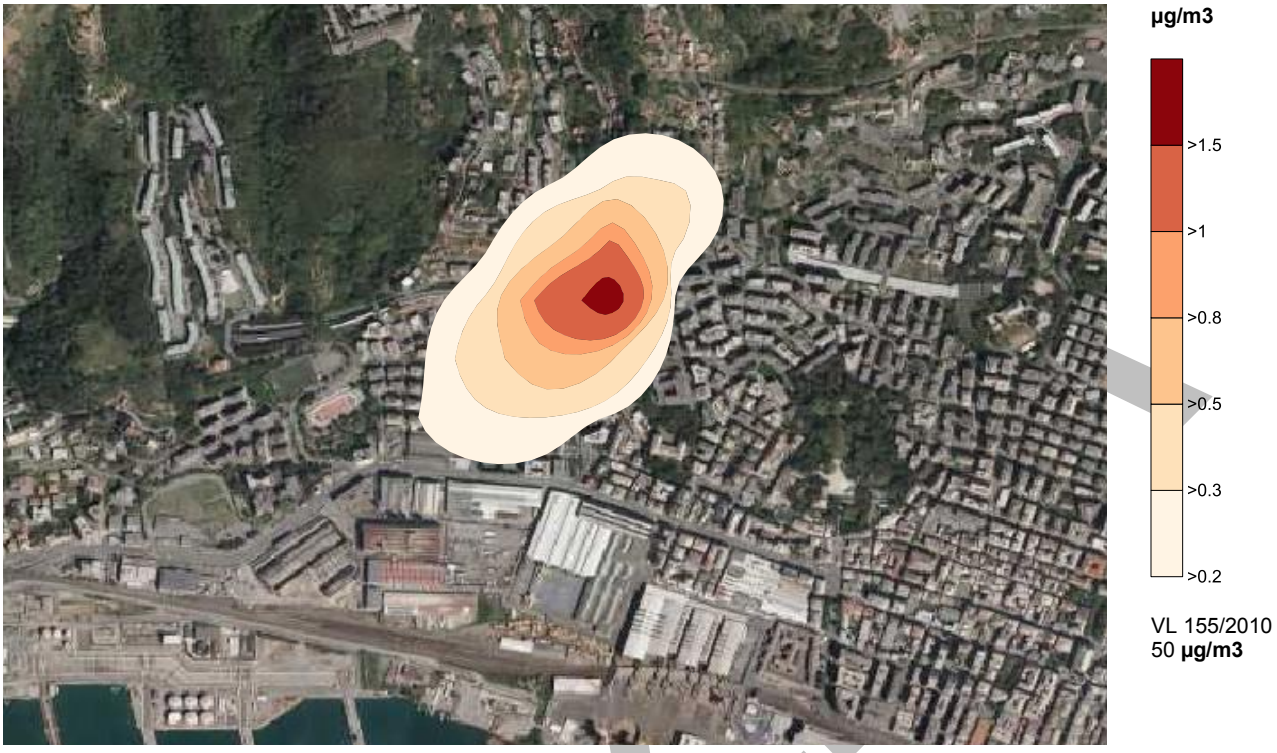
MASSIMO DELLE MEDIE GIORNALIERE DI PM10

BOZ



BOZZA

MEDIA ANNUALE DI NO2



VL 155/2010
50 **µg/m3**

MASSIMO DELLE MEDIE ORARIE DI NO2



VL 155/2010
200 **µg/m3**

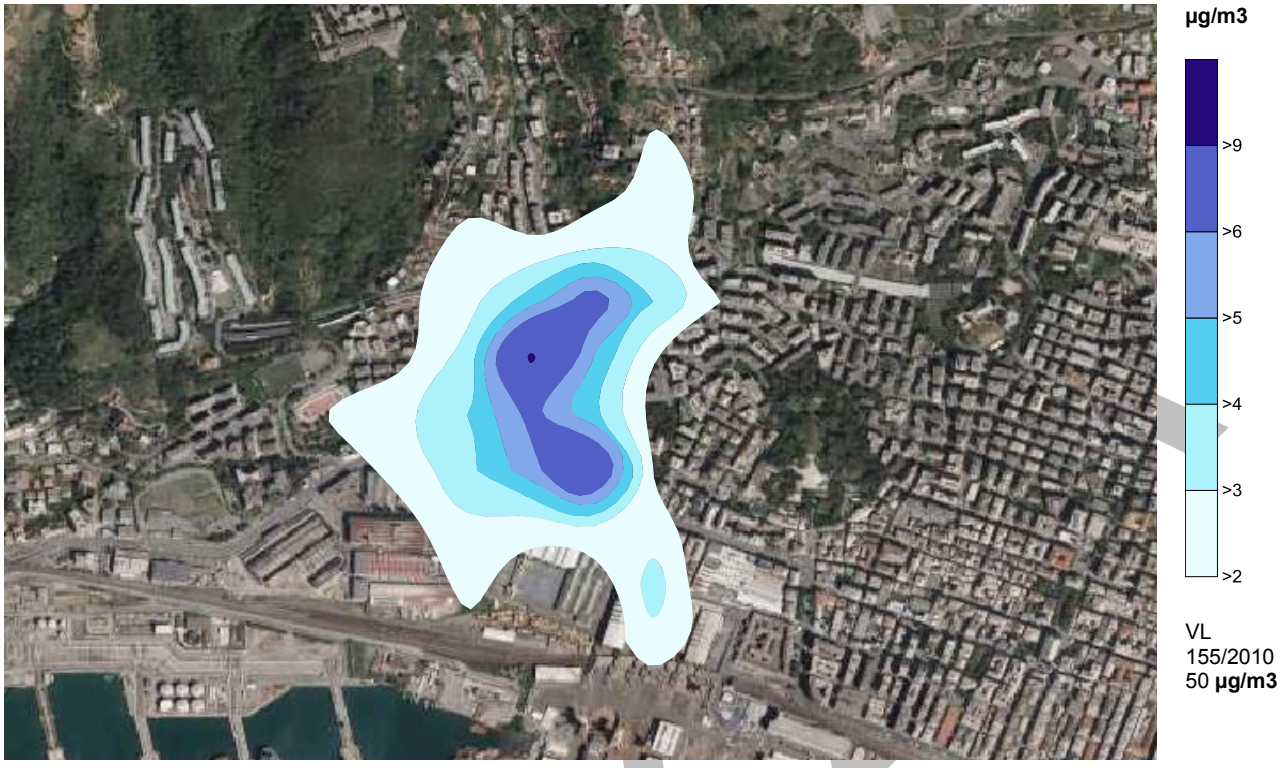
FASE4

MEDIA ANNUALE DI PM10

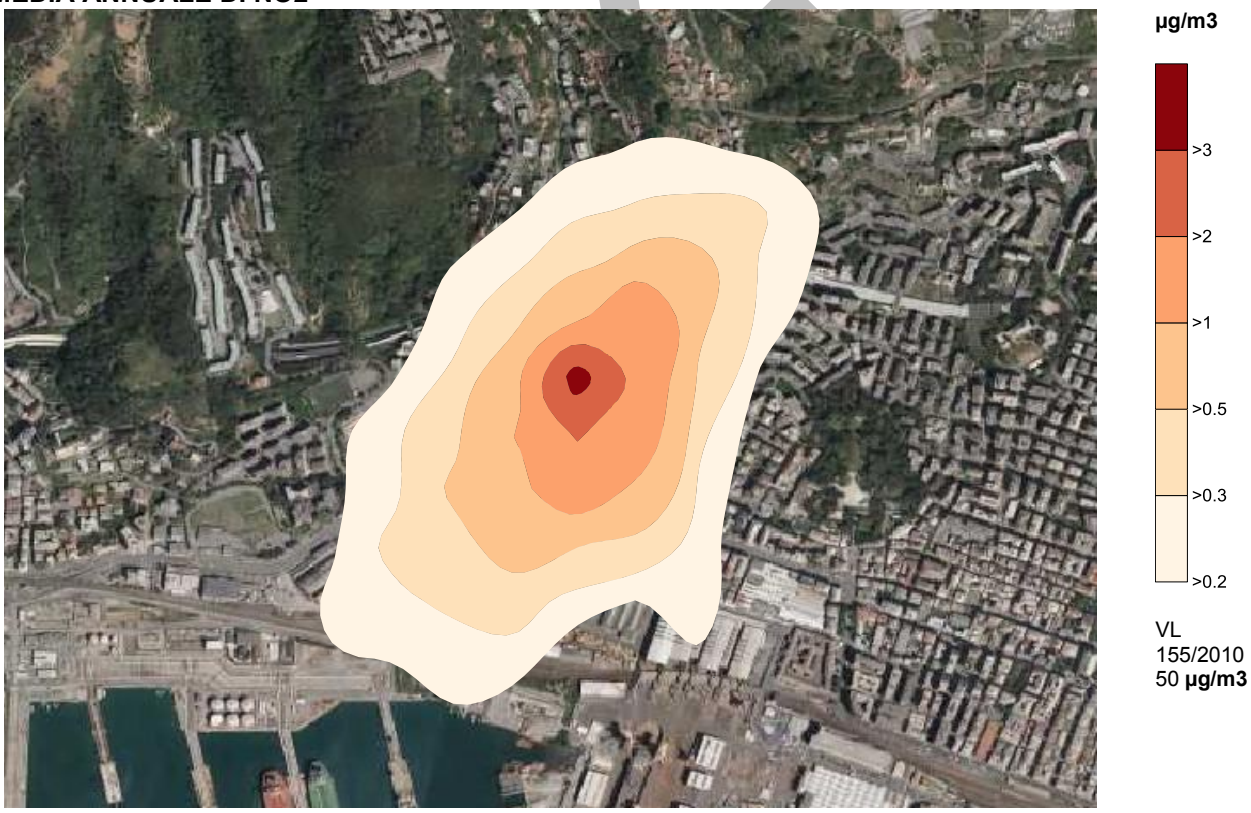


MASSIMO DELLE MEDIE GIORNALIERE DI PM10

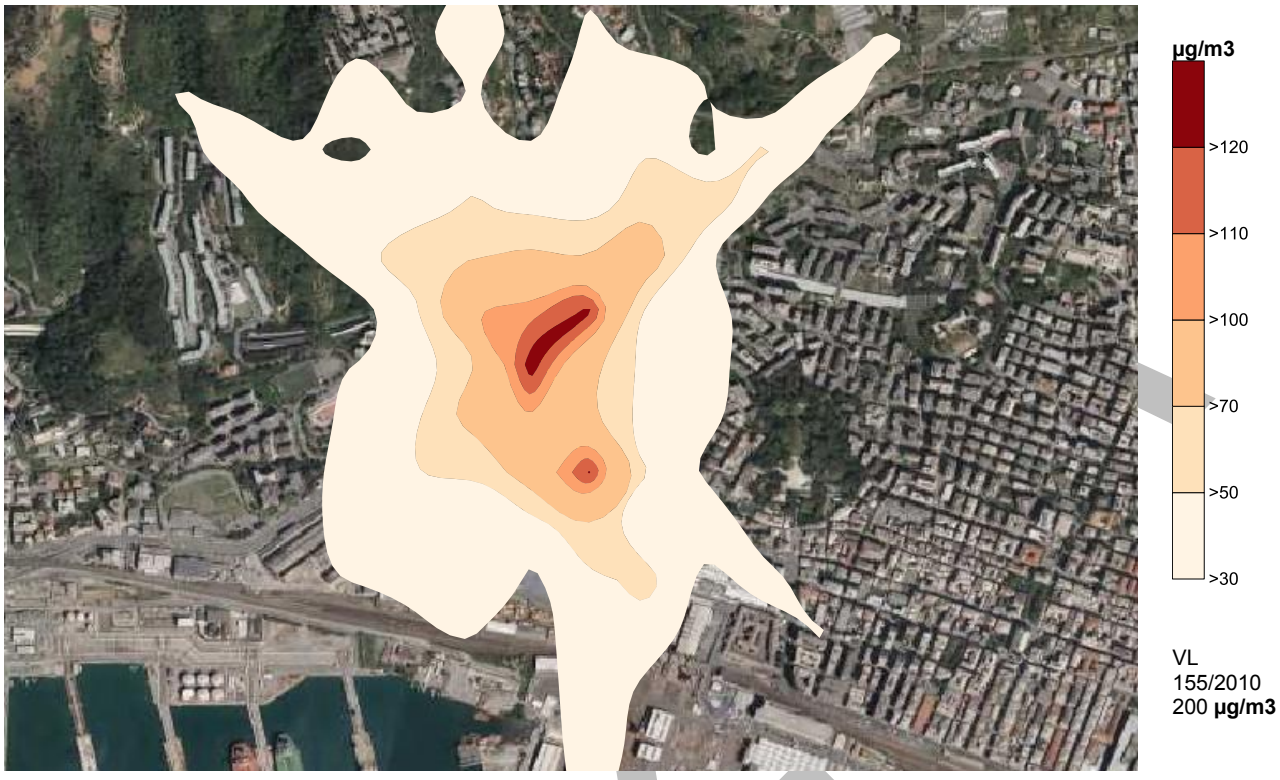
BOZ



MEDIA ANNUALE DI NO2



MASSIMO DELLE MEDIE ORARIE DI NO2



BOZZA

6.0 VALUTAZIONE IMPATTI TRAFFICO INDOTTO

Di seguito saranno valutati gli impatti del traffico stradale indotto (in uscita ed entrata dal cantiere) sulla qualità dell'aria locale. Si prendono a riferimento i seguenti inquinanti NOX e PM10

6.1 APPROCCIO METODOLOGICO

Al fine di implementare correttamente il modello di calcolo CALINE4 si è provveduto a svolgere delle simulazioni preliminari che permettessero di individuare la curva di dispersione dei vari inquinanti allo studio ovvero PM10, NOx. In particolare, sono stati considerati i vari percorsi dei mezzi pesanti che collegano i cantieri con le aree di lavoro.

Il dominio di calcolo individuato è compreso in un area di 3.5km2 definita mostrata in figura seguente.

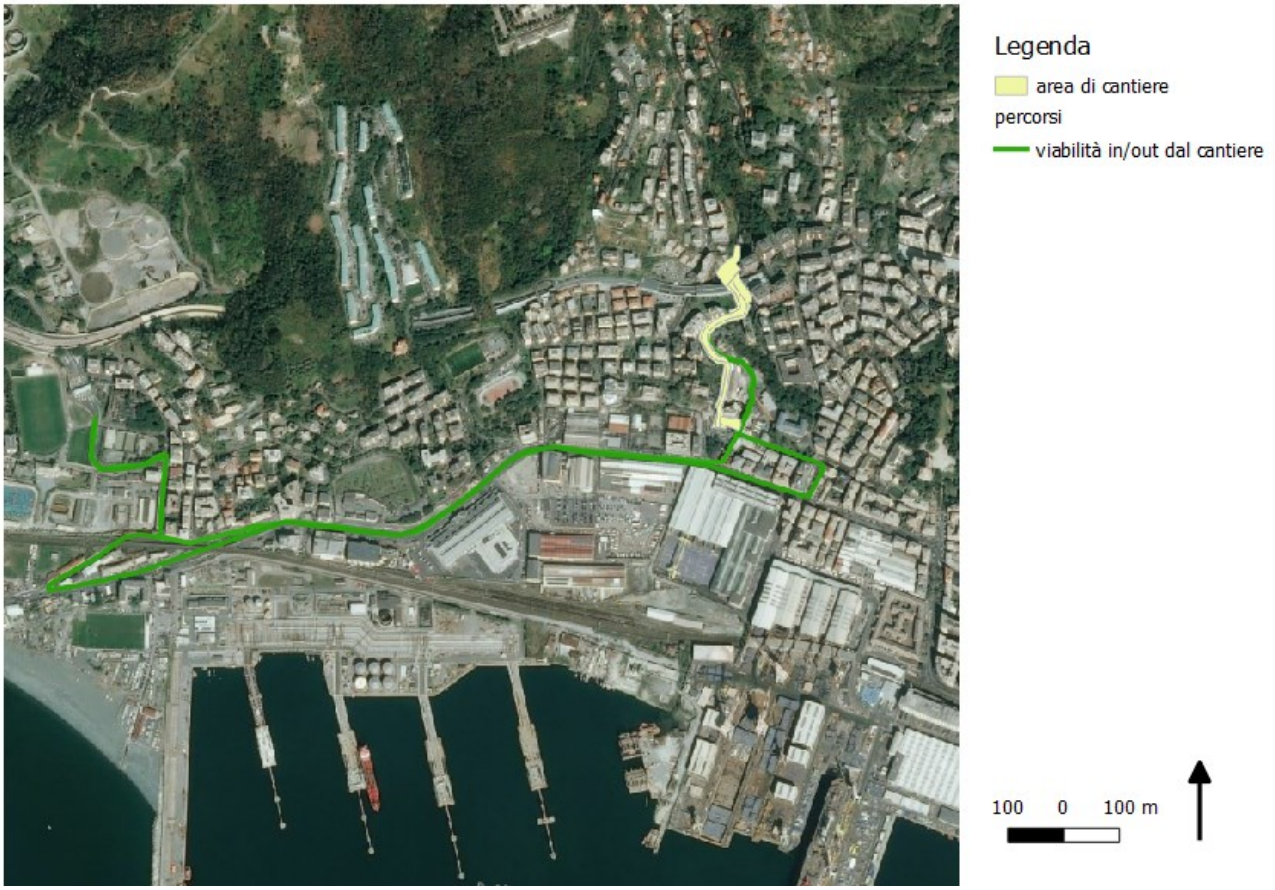


Figura 4 - dominio di calcolo per la valutazione dell'impatto sulla QA dei percorsi di viabilità dei mezzi pesanti

Nella tabella sono riportate le indicazioni statistiche descrittive riferite ai vari percorsi delle varie fasi di cantiere con il numero di mezzi pesanti considerati e la valutazione dei corrispondenti veicoli equivalenti

Percorso	Lunghezza totale viaggio A/R [km]	Totale A/R mezzi pesanti [veic/ora]	Totale A/R veicoli equivalenti [veic/ora]
Viabilità di accesso in/out al cantiere fase 3	4.5	0.06	0.5
Viabilità di accesso in/out al cantiere fase 4		0.58	5

Per la stima delle ricadute da traffico indotto da e per il cantiere si considerano un numero di viaggi pari a 0.5 all'ora.(0.25 mezzi orari in ingresso e 0.25 in uscita)

Per stimare le ricadute degli inquinanti derivanti dal traffico in ambito urbano degli inquinanti primari l'agenzia US-EPA raccomanda la versione del modello CALINE, sviluppata dal CALTRANS (California Department of Transportation) nel 1984. L'utilizzo del CALINE IV è indicato dall'Istituto Superiore della Sanità (ISTISAN 93/36) e nella guida web del Centro Tematico Nazionale Aria Clima Emissioni.

6.2 CALINE4

Il presente paragrafo contiene una descrizione del modello utilizzato.

Il modello "CALINE4 - steady-state Gaussian dispersion model designed to determine air pollution concentrations at receptor locations downwind of highways located in relatively uncomplicated terrain" è inserito nella lista dei Preferred/Recommended Models - Appendix W Guidance – Permit Modeling Guidance US-EPA.

CALINE è il modello di calcolo utilizzato per lo studio di sorgenti lineari, come le emissioni dovute a traffico veicolare, appositamente realizzato dal Dipartimento dei Trasporti della California per le autostrade americane e successivamente convalidato dall'US-EPA. Tale modello è basato sull'utilizzo congiunto di un "box model" e della formulazione dell'equazione gaussiana di dispersione, valida per moti del vento laminari e atmosfera stabile.

La versione attualmente utilizzata del codice è CALINE4, che è anche la più recente al momento disponibile. Lo scopo di questo modello è di stimare gli impatti sulla qualità dell'aria nei pressi di strade o infrastrutture viarie lineari. CALINE4 è in grado di simulare le concentrazioni in aria

BOZZA

ambiente di inquinanti primari inerti come CO e articolato ed NO2, originate dalle emissioni degli autoveicoli.

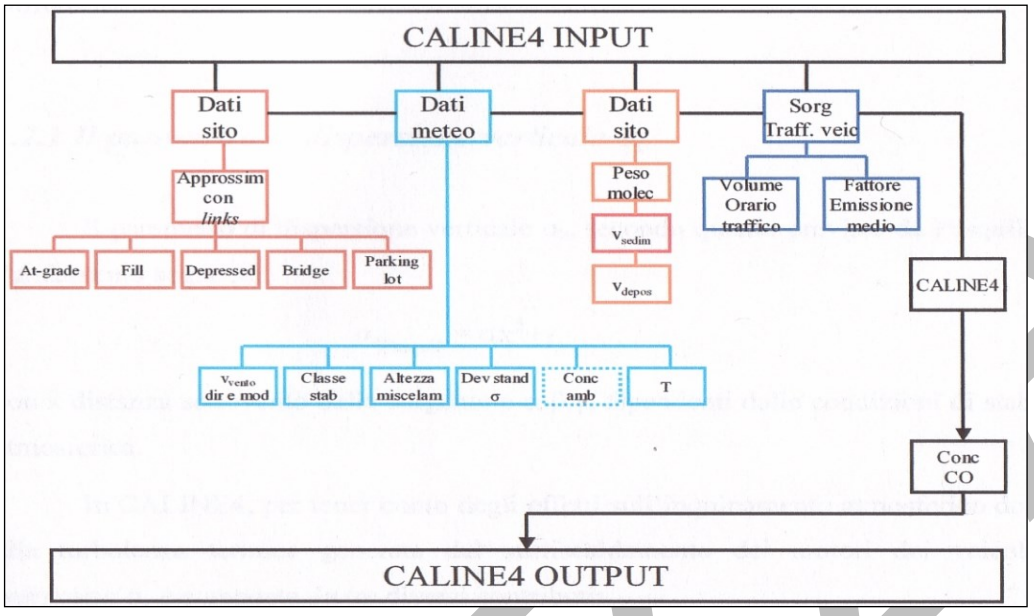


Fig.A1 Schema a blocchi INPUT/OUTPUT del codice CALINE4.

Schematizzazione del sito

Il modello suddivide l'asse stradale in una serie di elementi discreti (determinati tenendo conto della direzione del vento e della posizione rispetto alla strada del punto recettore in cui deve essere stimata la concentrazione) per i quali le singole concentrazioni sono calcolate e poi sommate per ottenere il valore finale in corrispondenza di un particolare recettore. Ciascun elemento in cui è ripartito il tratto stradale è schematizzato come una sorgente lineare fittizia di emissione perpendicolare alla direzione del vento: per ognuna di queste sorgenti viene simulato un processo di dispersione gaussiana delle sostanze inquinanti.

BOZZA

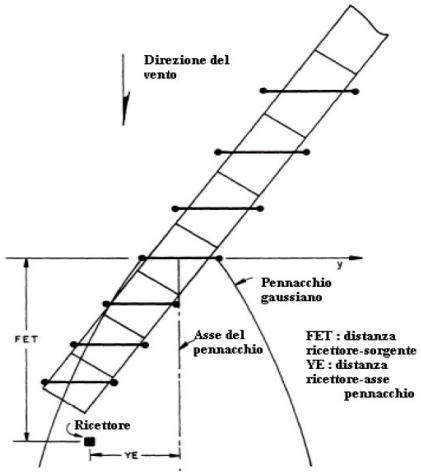


Fig. A2 Schematizzazione della sorgente in CL4.

Per quanto concerne la definizione della geometria della strada, il modello permette di suddividere il tratto studiato fino ad un massimo di 20 segmenti continui, ognuno con differente orientamento. Ogni segmento è definito come retto e con un'ampiezza, una quota, un traffico ed un fattore di emissione per veicolo costante. E' possibile simulare sia tratti in trincea che sezioni elevate o ponti, oltre che stimare gli impatti generati da parcheggi posti a livello del terreno.

E' importante considerare come le variazioni della topografia al contorno possano influenzare in maniera decisiva la buona applicabilità del modello, in particolare l'utilizzo su terreni orograficamente complessi potrebbe invalidare l'applicabilità dell'equazione gaussiana di diffusione. All'interno del codice di calcolo è stato quindi incluso un algoritmo per la simulazione di canyon urbani o naturali, il quale prevede il calcolo degli effetti della riflessione orizzontale del pennacchio.

Il canyon proposto da CL4 è formato da barriere di altezza fissa (dipendente dall'altezza media degli edifici nel caso urbano) con distanze (destra e sinistra) variabili dall'asse della strada. Questo tipo di rappresentazione che ben si adatta alla struttura delle arterie dei centri urbani americani e dell'Europa centro-settentrionale, pone a priori qualche dubbio circa la riproducibilità delle caratteristiche delle arterie di centri posti nella Piana di Lucca dove le barriere dei canyon urbani sono costituite spesso da edifici non allineati e con altezze sensibilmente diverse.

L'input del codice, in presenza dell'opzione canyon urbano, richiede che la direzione del vento sia posta parallela all'asse stradale: condizione apparentemente non restrittiva imponendo un allineamento del flusso conforme alla topografia del sito.

BOZZA

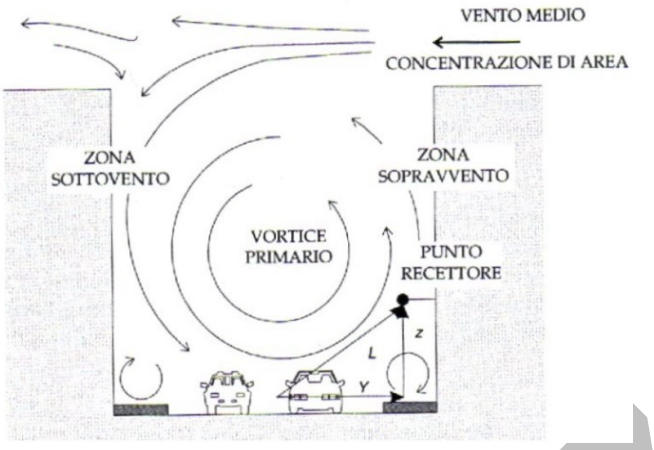


Fig. A3 Caratteristiche geometriche e di circolazione dell'aria in un canyon urbano.

Equazione per il calcolo della concentrazione

Sono impiegati due differenti equazioni per calcolare le concentrazioni sottovento, nei casi limite di venti paralleli o trasversali ad ogni asse viario:

- un'equazione per sorgente lineare continua infinita *(direzione del vento perpendicolare alla strada);*
- un'equazione per sorgente puntiforme *(direzione parallela alla strada).*
  In questo caso ogni tratto della strada viene considerato come una successione di sorgenti areali quadrate di dimensione pari alla larghezza della strada, assimilate poi a sorgenti puntuali equivalenti, delle quali sono sommati gli effetti sulle concentrazioni.

In tutti i casi intermedi di direzione prevalente del vento viene utilizzata una media pesata delle due formule. La concentrazione in un punto P(x.y,z), in riferimento ad un tratto infinitesimo di strada e ammettendo una riflessione totale da parte del suolo, è la seguente:

$$dC = \frac{q \cdot dv}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} e^{\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}} \left(e^{\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right)} + e^{\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right)} \right)$$

Dove:

- *dC:* incremento della concentrazione (ppm)
- *dQ:* emissione sul tratto infinitesimo (mg/s)
- *u:* velocità del vento all'altezza H (m/s)
- *H:* altezza della sorgente (m)
- $\sigma_y \sigma_z$*:* parametro di dispersione orizzontale e verticale rispettivamente (m)

BOZZA

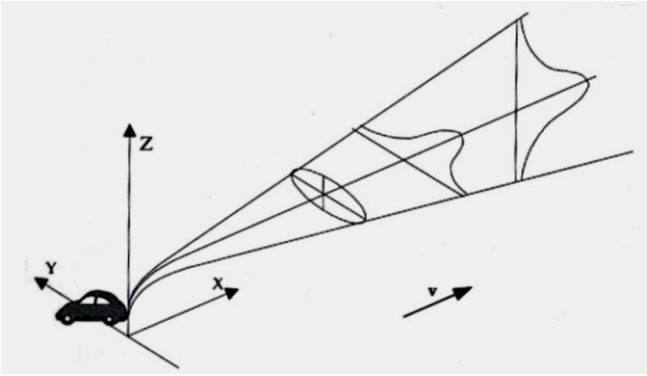


Fig. A4 Schema della dispersione gaussiana in un sistema di riferimento orientato secondo il vento

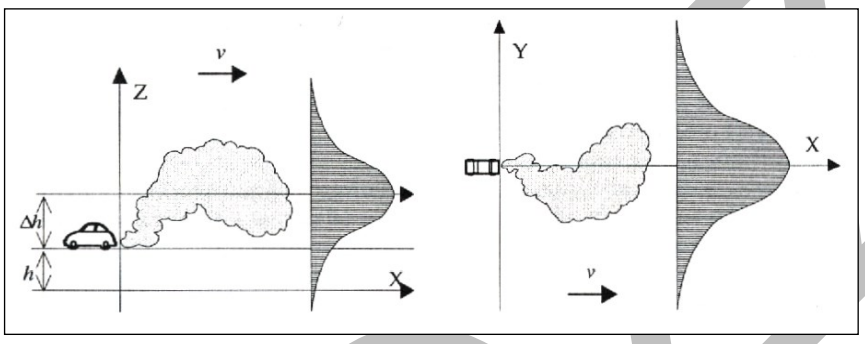


Fig. A5 Vista dei piani (x,z) e (x,y) dello schema di dispersione gaussiana in un sistema di riferimento orientato secondo il vento.

Osservando le immagini sopra riportate, per una sorgente puntuale continua è assunto che il materiale inquinante venga trasportato dal vento nel verso in cui esso spira, distribuendosi secondo un sistema di riferimento cartesiano avente origine degli assi in un punto del suolo con l'asse Z ortogonale al piano stradale e uscente da esso e gli assi X e Y orizzontali.
Come è facile notare, nella sua formulazione standard il modello gaussiano è infatti sottoposto ad una serie di limitazioni, tra le quali ricordiamo:

1. *stazionarietà delle emissioni:* si assume che le emissioni siano costanti;
2. *stazionarietà ed omogeneità delle condizioni atmosferiche:* si assume che non intervengano variazioni della direzione e della velocità del vento, della stabilità atmosferica, durante il trasporto di inquinante dalla sorgente al recettore, ipotesi ragionevole solo per brevi distanze e in assenza di rapide variazioni delle condizioni meteorologiche;
3. *assenza di reazioni chimiche nell'atmosfera* che interessino gli inquinanti e fenomeni di dispersione al suolo;
4. *estensione infinita del dominio spaziale di dispersione degli inquinanti:* si assume che la dispersione non sia alterata dalla presenza del suolo, ostacoli, stratificazioni termiche dell'atmosfera

BOZZA

5. *impossibilità di simulare calme di vento:* per velocità di vento prossime a 0, la concentrazione di un inquinante va all'infinito,dunque è necessario adottare un artificio considerando le calme di vento pari a 1 m/s.

I coefficienti di dispersione verticale ed orizzontale

Per *i coefficienti di dispersione verticale* (σ_z), CL4 utilizza una versione modificata delle curve di *Pasquill-Smith*, in modo da includere la turbolenza termica generata dal surriscaldamento dei motori dei veicoli. In questo modo tale parametro risulta composto da tre diversi contributi:

$$\sigma_z = \sigma_z(I) + \sigma_z(M) + \sigma_z(F)$$

$\sigma_z(I)$, $\sigma_z(M)$, $\sigma_z(F)$= parametro di dispersione verticale Iniziale, Medio, Finale.
Tale parametro, indipendentemente dalla classe di stabilità atmosferica e dalla rugosità superficiale, dipende dal tempo di residenza della particella d'aria nella zona di turbolenza: maggiore è il tempo di permanenza in questa zona, maggiore è la dispersione verticale subita dalla particella. Tale parametro rimane costante fino ad una distanza della sorgente dipendente dall'ampiezza della strada e dall'angolo formato dalla direzione del vento e dalla posizione della strada stessa. All'aumentare della distanza, gli effetti della turbolenza termica producono un aumento nella dispersione verticale rappresentato tramite il parametro $\sigma_z(M)$, che ad una distanza dipendente dal parametro di dispersione orizzontale σ_y si esauriscono, conferendo alla dispersione il tipico andamento gaussiano indicato da Pasquill:

$$\sigma_z(P) = \alpha X \beta + \gamma$$

con X distanza sottovento dalla sorgente (Km) e α, β, γ dipendenti dalle condizioni di stabilità atmosferica.
Il *parametro di dispersione orizzontale* (σ_y), invece, oltre che dalla deviazione standard della fluttuazione della direzione del vento orizzontale e dalla distanza sottovento dalla sorgente, dipende anche dal tempo di diffusione secondo il modello *Draxler* che pone:

$$\sigma\psi = \sigma\theta * X * F(T, t_L)$$

$\sigma\theta$= deviazione standard della direzione del vento orizzontale;
X= distanza sottovento alla sorgente;
$F(T,t_L)$= funzione del tempo di diffusione T e del tempo di scala lagrangiano t_L, data da:

$$F(T,t_L) = 1/[1+0.9*(T/T')^{0.5}]$$

Dove T' è il tempo di diffusione necessario perché la funzione raggiunga il valore F=0.5 e $T' \propto t_L$

BOZZA

6.3 APPLICAZIONE DEL CODICE

CALINE è un modello stazionario gaussiano che simula le ricadute degli inquinanti da traffico da archi viari. L'approccio del modello nel ricostruire le condizioni di dispersione degli inquinanti (e quindi le dimensioni laterale e verticale del pennacchio gaussiano), consiste nel considerare la zona direttamente sopra la carreggiata come una regione di rimescolamento uniforme, definita mixing zone. In tale zona i meccanismi dominanti sono la turbolenza meccanica creata dal movimento dei veicoli e termica dei gas di scarico. Queste componenti aggiuntive della turbolenza atmosferica, impartiscono una dispersione verticale iniziale, in funzione del tempo di permanenza della massa inquinante nella mixing zone. Minore è la velocità del vento, maggiore è la dispersione verticale che subisce una particella d'aria prima di essere trasportata fino al recettore. Il parametro che ha il maggior peso nel calcolo delle ricadute è la direzione del vento, che pone o meno i siti recettori sottovento alla sorgente emissiva. La topografia urbana e la presenza di edifici lungo l'arco viario considerato, comportano l'incanalamento del vento, con variazione di velocità e direzione rispetto al vento esterno all'area edificata. La presenza degli edifici ai bordi della carreggiata, inoltre, influisce sulla turbolenza meccanica. Questo effetto, che comporta un incremento della dispersione verticale, viene quantificato attraverso la roughness (lunghezza di rugosità) dell'area di studio, ricavata in modo empirico come un decimo dell'altezza media degli edifici lungo entrambe le carreggiate dell'arco viario considerato. L'applicazione del modello CALINE IV nel presente caso di studio ha previsto le seguenti fasi:

1. Acquisizione ed elaborazione dei dati territoriali:
    a. L'area di calcolo definita nell'intorno dell'area oggetto del progetto pari a circa 3.5 km in direzione E-O e 2.5 km in direzione N-S

2. Acquisizione ed elaborazione delle informazioni relative alle emissioni del traffico indotto dal cantiere e dall'approvvigionamento dei materiali.
    a. Sono elaborati i dati di emissione per il calcolo dei fattori di emissione dei veicoli pesanti utilizzando i fattori di emissione ISPRA SINANET applicandoli al flusso di veicoli per ogni percorso

3. Applicazione del codice numerico di dispersione degli inquinanti per la valutazione delle concentrazioni nei recettori.
    a. Il codice di dispersione CALINE IV viene utilizzato per la valutazione delle ricadute degli inquinanti dalle sorgenti emissive da traffico in area urbana. Applicato il codice di dispersione nella configurazione di "screening" (worst case) che identifica la peggiore situazione descrivibile dal modello dispersione a favore di sicurezza.
    b. Le simulazioni forniscono come risultati le concentrazioni sul dominio di calcolo selezionato.

4. Risultati

BOZZA

a. I risultati delle simulazioni sono rappresentati in forma di mappe di isoconcentrazione su griglia cartesiana per il dominio di calcolo e confrontati con i valori limite di qualità dell'aria

All'interno di CALINE4 le strade sono definite come segmenti rettilinei dei quali è necessario specificare le seguenti caratteristiche:

- endpoint delle coordinate;
- altezza delle strade dal piano campagna;
- larghezza della "mixing zone";
- dispersione verticale di canyon o bluff.

Endpoint delle coordinate: le coordinate cartesiane degli endpoint (x1, y1) e (x2, y2) definiscono le posizioni degli estremi dei tratti stradali. La lunghezza del segmento impostato in CALINE4 le coordinate degli endpoint sono state definite secondo il sistema metrico.

Altezza delle strade dal piano campagna: per tutti i tipi di strade questo parametro che rappresenta l'altezza della strada sopra il terreno circostante è stato definito a quota 0 m.

Larghezza della "mixing zone": i calcoli gaussiani di diffusione si basano sul modello della "mixing zone" definita come un'area di spessore pari alla dimensione della strada +3 metri a destra e +3 metri a sinistra di essa (per tenere conto della dispersione orizzontale d'inquinante legata alla scia generata dal movimento dei veicoli). In quest'area si assume che la turbolenza e l'emissione siano costanti e che la turbolenza (termica e meccanica) sia dovuta alla presenza di veicoli in movimento a temperature elevate. La dispersione verticale di inquinante (SGZ1) è funzione della turbolenza ed è indipendente dal numero di veicoli (in un intervallo di 4000 – 8000 veicoli/ora) e dalla loro velocità (in un intervallo di circa 40 – 96 km/h): questo perché un incremento del traffico aumenta la turbolenza termica ma riduce la turbolenza meccanica legata alla velocità (da qui l'ipotesi di costanza della turbolenza nella "mixing zone"). SGZ1 dipende invece dal tempo di residenza TR dell'inquinante nella "mixing zone" che è funzione della velocità del vento

BOZZA

(*State of California, Department of Transportation*, 1989).

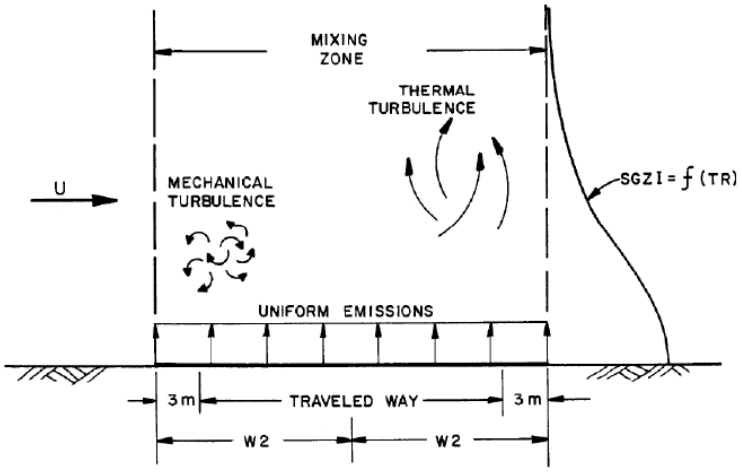


Figura 2 Arco stradale e parametri considerati dal modello CALINE4

Dispersione verticale di canyon o bluff: il modello è basato su due assunzioni – il flusso del vento orizzontale omogeneo e le condizioni meteorologiche di stato stazionario – piuttosto restrittive. La topografia complessa può invalidare ognuna di queste assunzioni: canyon possono canalizzare i venti, colline e valli possono causare frequenti spostamenti della direzione del vento. L'utilizzo di CALINE4 in terreni complessi deve pertanto procedere con cautela. Il modello gestisce situazioni di bluff e canyon riflettendo il flusso di dispersione dell'inquinante a distanze specificate su uno o più siti della mixing zone.

La topografia dell'area urbana-industriale di Genova, il fatto che la presenza degli edifici sia già considerata con il parametro "rugosità superficiale" hanno portato a inserire entrambi questi parametri (canyon e bluff) con valore uguale a 0 per tutti i percorsi considerati. Per definire la classificazione ai fini delle simulazioni con CALINE4 si sono valutati i seguenti parametri per ciascuna tipologia di strada necessari per individuare i dati di input per il modello.

Tipoligia di Strada	**Aerodinamic Roughness Coefficient**	**Mixing Zone Height**
Urbana	200 cm	12

6.3.1 Applicazione GIS e redazione delle mappe di concentrazione

E' stato sviluppato un apposito algoritmo che permettesse di applicare il modello CALINE4 in modo sistematico ad un dominio di calcolo di grandi dimensioni (2.5 km x 1.5km) quale quello descritto ed individuato per queste simulazioni. L'algoritmo permette di ottenere risultati delle simulazioni

BOZZA

sull'intera estensione del dominio di calcolo (circa 3.5km2 circa) che è suddiviso in una griglia regolare di passo cella 10 m x 10 m

6.3.2 Emissioni per le simulazioni del traffico indotto.

Ai paragrafi precedenti, si sono calcolati sulla base del cronoprogramma di cantiere e dei volumi di materiale da portare verso l'esterno del cantiere e da approvvigionare al cantiere stesso dell'area del Rio Molinassi e Briglia via terra e quindi il numero di transiti per mese sia di camion su strada. I risultati della valutazione hanno permesso di calcolare il mese piu impattante scelto quindi per le simulazioni di dispersione.

In questo paragrafo si esplicitano e dettagliano i valori delle emissioni ed i relativi fattori di emissione utilizzati per le simulazioni di dispersione.

I fattori di emissione utilizzati per le simulazioni di traffico da mezzi pesanti sono stati acquisiti dalla banca dati nazionale di ISPRA SINANET [http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp] dal file fe2018.xls dove sono contenuti i fattori di emissione per tipologia di veicolo e inquinante.

Sulla base delle informazioni disponibili si sono desunti i seguenti fattori di emissione per veicoli pesanti. Si prendono a riferimento gli inquinanti che hanno un maggior impatto sulla qualità dell'aria locale PM10 e NOx.

Tabella 6 fattori di emissione per tipologia di veicolo e parametro estratti da FE2018.xlsx di SINANET ISPRA.

Parametro / *Tipologia di Veicolo*	**NOx (g/veic*km)**	**PM10 (g/veic*km)**
Veicoli pesanti	3.1316	0.1534

Per il percorso dei mezzi di trasporto sviluppato nello studio cantieristico si è calcolato il totale delle emissioni relativamente al numero di mezzi orari che li percorrono. Nella tabella seguente i risultati.

Tabella 7 Emissioni totali da traffico indotto considerato il tragitto da e per il cantiere

Percorso	**Totale NOx [kg/h]**	**Totale PM10 [kg/h]**
Viabilità di accesso cantiere per trasporto materiale da scavo e demolizioni e/o approvvigionameto	0.00472	0.00023

BOZZA

6.3.3 Simulazioni con CALINE4

Al fine di valutare le ricadute determinate dal traffico veicolare nel dominio di calcolo si è proceduto dapprima alla stima delle concentrazioni in funzione dei principali parametri meteorologici fissate le condizioni al contorno caratteristiche delle strade oggetto delle simulazioni. Si sono svolte simulazioni parametriche, di cui si riportano i risultati nelle seguenti tabelle e figure con il codice CALINE 4. Per fare questo si è presa a riferimento una delle strade contenute nel database definito con lo studio trasportistico ed in particolare un tratto preso a campione che ha come dato di traffico in termini di veicoli equivalenti pari a 1000 veic/ora.

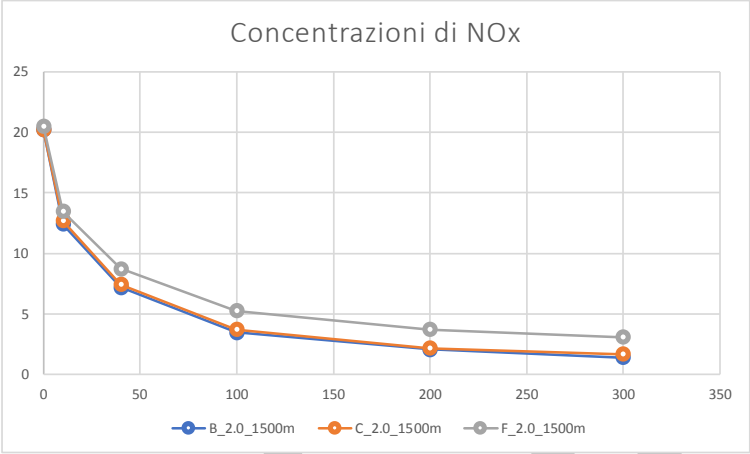


Figura 5 concentrazione di NOX espressa in ug/m3 come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada, per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 2 m/s e Hmix = 1500 metri sul livello del suolo.

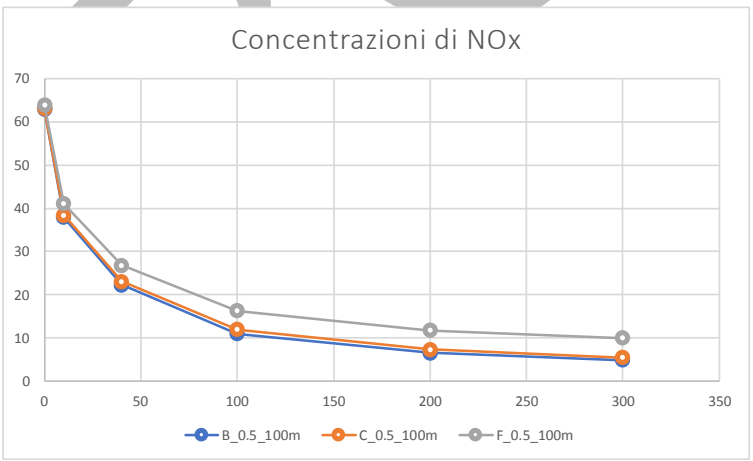


Figura 6 concentrazione di NOX espressa in ug/m3 come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 0.5 m/s e Hmix = 100 metri sul livello del suolo.

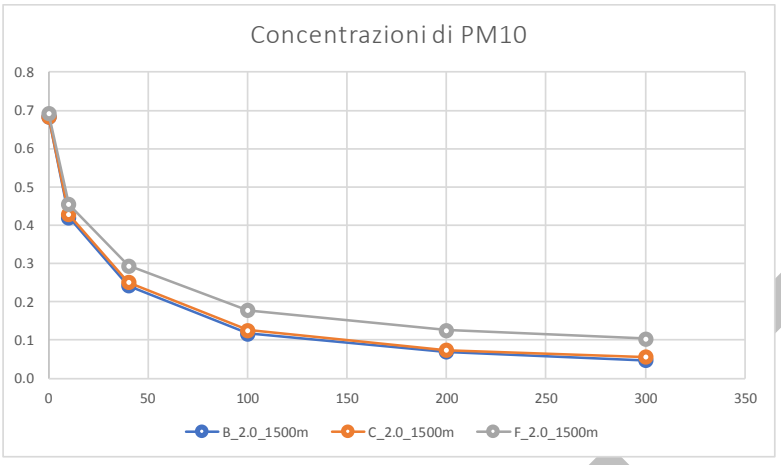


Figura 7 concentrazione di PM10 espressa in ug/m3 come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 2 m/s e Hmix = 1500 metri sul livello del suolo.

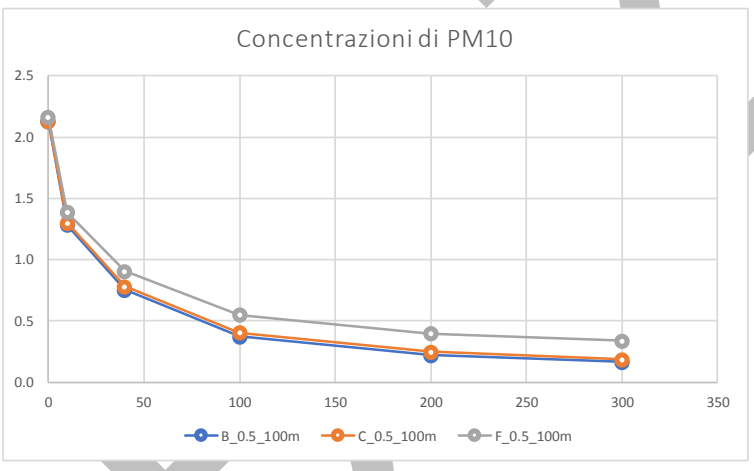


Figura 8 concentrazione di PM10 espressa in ug/m3 come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 0.5 m/s e Hmix = 100 metri sul livello del suolo.

Inoltre si è proceduto alla valutazione della variabilità dei risultati con la velocità del vento al fine di indagare il fenomeno in relazione al vento. Nella seguente figura i risultati delle simulazioni.

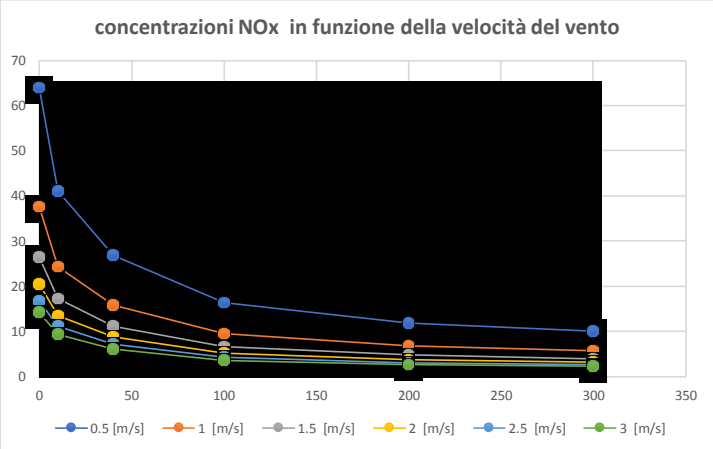


Figura 9 concentrazione di NOX espressa in ug/m3 come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti velocità del vento e fissata la Classe di Stabilità e l'altezza Hmix = 1500 metri sul livello del suolo.

Dall'analisi svolta si è potuto individuare i parametri per lo sviluppo della simulazione tramite CALINE4 in modalità screening che in particolare sono stati quelli di seguito riportati in tabella:

Run Type	Um	WORST CASE ANGLE
Wind Speed	m/s	0.5
Stability Class	#	F
Mixing Height	m	100

6.4 RISULTATI

Si sono elaborati i risultati dell'applicazione del codice di dispersione, come detto nella modalità WORST CASE (condizioni meteorologiche che determinano i massimi valori di concentrazione presso i recettori) per i veicoli orari. I risultati sono stati rappresentati sotto forma di mappe di concentrazione per gli inquinanti considerati. Tutti i valori sono stati confrontati con i valori limite di qualità dell'aria previsti dal DLgs 155/2010 e smi.

Nell simulazioni svolte per il traffico indotto i valori risultano ampiamente sotto i limiti di legge

Per NOx si raggiungono valori massimi delle medie orarie sul dominio paria 0.101 µg/m3

Per PM10 si raggiungono valori massimi della media giornaliera sul dominio paria 0.0039 µg/m3

6.4.1 MAPPE di ISOCONCENTRAZIONE

Nelle seguenti figure si mostrano i risultati delle simulazioni svolte per il traffico indotto dal cantiere di realizzazione delle sistemazioni idrauliche del Rio Molinassi e area Briglia con il codice CALINE4 e processati i risultati con l'algoritmo GIS appositamente sviluppato.

BOZZA

MASSIMO DELLA MEDIA ORARIA DI NOx



MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA DI PM10



L'impatto del traffico indotto da cantiere per uscita dei materiali e ingresso approvvigionamenti risulta ampiamente compatibile con i limiti di qualità dell'aria.

7.0 CONCLUSIONI

La presente relazione tecnica ha sviluppato la valutazione del potenziale impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni di **polveri e gas** considerando sia l'attività di cantiere che il relativo traffico indotto stradale derivanti dall'intervento di sistemazione idraulica del Rio Molinassi e dell'area Briglia.

I dati di input utilizzati per le valutazioni sono costituiti da:

- Volumi dei materiali movimentati;
- Cronoprogramma delle attività;
- Stima dei mezzi operativi in area di cantiere;
- Stima del traffico indotto esterno al cantiere, ovvero:
    - Traffico su gomma da e per il cantiere;

Sulla base delle informazioni sopra citate, del dato emissivo calcolato, della durata del cantiere e della localizzazione delle aree di lavoro, sono stati applicati i seguenti codici numerici, ovvero:

- Calpuff per la dispersione dalle lavorazioni di cantiere;
- Caline per il traffico indotto.

Gli inquinanti simulati sono PM10 e NO2, in quanto quelli tipicamente piu impattanti sulla qualità dell'aria.I risultati delle simulazioni sono stati rappresentati come mappe di isoconcentrazione dei massimi orari per NO2 e giornalieri per PM10 e i risultati sono stati valutati relazionandoli con gli indicatori di qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente .

Sulla base delle assunzioni e dati di input precedentemente descritti, sono stati calcolati i valori di PM10 e NOx connessi alle attività per la realizzazione dell'area briglia per la fase 3 e la fase 4

Si precisa che i valori delle concentrazioni, calcolate non determinano impatto cumulato in quanto riferiti a condizioni indipendenti e di massima emissione relativa.

Si riporta di seguito un riassunto dei risultati delle simulazioni considerando le emissioni sia da traffico indotto via terra che dalle lavorazioni di cantiere come massimi sul dominio. Si fa presente

BOZZA

che i valori massimi si riscontrano tutti all'interno delle aree di lavoro oppure nei pressi dell'asse stradale per il traffico indotto, quindi per eventuali recettori esterni dall'area di cantiere i valori di concentrazione stimate sono sicuramente piu bassi.

Tabella 8 valori di concentrazione massimi stimati all'interno del dominio per le emissioni totali: traffico indotto (via terra) e lavorazioni di cantiere.

Massimo valore sul dominio di calcolo	PM10		NO2	
	Media annuale (µg/m3)	Massimo giornaliero (µg/m3)	Media annuale (µg/m3)	Massimo orario (µg/m3)
Attività di cantiere FASE3 (scavo, demolizioni)	0.2	1.0	1.77	103.1
Attività di cantiere FASE4 (scavo, demolizioni)	2.1	9.3	3.44	126.3
Traffico indotto (via terra)	-	0.0039	-	0.101
Limiti qualità dell'aria Dlgs 155/2010	***40***	***50***	***40***	***200***

Le simulazioni svolte, tramite i codici di calcolo numerico selezionati, hanno permesso di valutare gli scenari di impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni derivanti dall'attività di cantiere nel loro svolgimento operativo e dal traffico indotto in uscita ed in ingresso per approvvigionamenti al cantiere stesso. L'area di cantiere si sviluppa all'interno di aree abitate nelle immediate vicinanze del tessuto urbano che è posto a distanza inferiore di 50 metri in linea d'aria. Per le polveri PM10 l'area urbana è interessata da valori di concentrazione di medi annuali inferiori a 2 microgrammi/m^3 e con valori inferiori ai 10 microgrammi/m^3 per le medie giornaliere. Per il biossido di azoto l'area urbana è interessata da valori di concentrazione di media annuale inferiori a 3 microgrammi/m^3 ed inferiori a 120 microgrammi/m^3 per le media oraria. L'area quindi risente dell'impatto del cantiere per valori compatibili con gli standard di qualità dell'aria . il traffico indotto ha un impatto trascurabile.

I risultati mostrano come i valori di concentrazione sia su breve periodo (media oraria e media giornaliera) che su lungo periodo (media annuale) siano compatibili con gli standard di qualità dell'aria. Inoltre, da notare che l'impatto stimato è stato determinato considerando come operativa per tutti i mesi dell'anno la situazione più gravosa (mese di maggiore emissione) dal punto di vista emissivo. Pertanto i risultati sono da considerare cautelativi.

A quanto sopra, si aggiunge che nelle valutazioni effettuate non è stato considerato l'effetto di mitigazioni presenti presso le aree di cantiere.

Nella gestione del cantiere saranno attuate tutte le azioni necessarie a contenere al massimo l'impatto ambientale. Facendo riferimento alle recenti LG linee-guida-cantieri del gennaio-2018 di ARPA Toscana, durante la gestione del cantiere si provvederà in funzione delle specifiche

necessità, ad adottare tutti gli accorgimenti atti a ridurre la produzione e la diffusione delle polveri. Le misure di mitigazione che saranno messe in pratica sono:

- pulire/spazzolare le ruote dei veicoli in uscita dal cantiere e dalle aree di approvvigionamento e conferimento materiali, prima che i mezzi impegnino la viabilità ordinaria;
- effettuare una costante e periodica bagnatura o pulizia delle strade utilizzate, pavimentate e non, avendo cura di gestire le acque eccedenti evitando sversamenti in corpi ricettori superficiali;
- coprire con teloni i materiali polverulenti trasportati;
- attuare idonea limitazione della velocità dei mezzi sulle strade di cantiere non asfaltate (tipicamente 20 km/h);
- evitare le demolizioni e le movimentazioni di materiali polverulenti durante le giornate con vento intenso;
- Localizzare le eventuali aree di deposito di materiali sciolti lontano da fonti di turbolenza dell'aria (piste di transito veicoli o viabilità pubblica, ecc.);
- Pulire regolarmente a fine giornata le aree di cantiere con macchine a spazzole aspiranti;
- In generale, ridurre al minimo indispensabile la durata dei cantieri e, in particolare, ridurre i tempi di esecuzione delle lavorazioni produttrici di polveri;
- Utilizzare veicoli di adeguata classe emissiva.

BOZZA