

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

PARTE IN TERRITORIO ITALIANO – PROGETTO IN VARIANTE
(OTTEMPERANZA ALLA PRESCRIZIONE N. 235 DELLA DELIBERA CIPE 19/2015)

CUP C11J05000030001 – PROGETTO DEFINITIVO

APPROFONDIMENTI PROGETTUALI PER OSSERVAZIONI MATTM - REGIONE PIEMONTE / MIBACT
Riscontro Osservazione n. da 50 a 67 (rif. prot. n. CTVA/3020 del 26/09/17)

ENVIRONNEMENT / AMBIENTE

ITALIE – ITALIA

REVISION EDUTE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT/REVISIONE STUDIO DI IMPATTO
AMBIENTALE

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di
accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	04/12/2017	Première diffusion / Prima emissione	NEOSIA	S. GARAVOGLIA V. GRISOGLIO	A. MORDASINI C. OGNIBENE
A	15/12/2017	Révision suite aux commentaires TELT / Revisione a seguito commenti TELT	NEOSIA	S. GARAVOGLIA V. GRISOGLIO	A. MORDASINI C. OGNIBENE

COD E DOC	P	R	V	C	3	C	L	O	M	6	7	2	0	A
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla		Émetteur / Emittente			Numero			Indice			

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C3C	//	//	01	01	96	10	08
------------------------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

ECHELLE / SCALA
-


Nepsia
 Maire Technimont Group
 Dott. Ing. Carlo Ognibene
 Ordine Ingegneri Prov. TO n. 8366 T



TELT sas – Savoie Technolac - Bâtiment "Homère"
 13 allée du Lac de Constance – 73370 LE BOURGET DU LAC (France)
 Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75
 RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952
 Propriété TELT Tous droits réservés – Propriété TELT Tutti i diritti riservati

Ce projet
 est cofinancé par
 l'Union européenne
 (DG-TREN)



Questo progetto
 è cofinanziato
 dall'Unione europea
 (TEN-T)

SOMMAIRE / INDICE

1. PREMESSA	8
2. PARAMETRI UTILIZZATI PER LA SCELTA DEGLI ANNI DA SIMULARE	9
2.1 Dati di input del modello	9
2.2 Definizione degli anni oggetto di simulazione	19
3. COSTRUZIONE DEL MODELLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA.....	25
3.1 Inquadramento geografico	25
3.2 Metodologie di stima delle emissioni inquinanti	26
3.2.1 Metodologia di stima delle emissioni areali.....	26
3.2.2 Aree di cantiere coinvolte nel calcolo.....	29
3.2.3 Metodologia di stima delle emissioni fuggitive dovute all'attività di scavo.....	29
3.2.4 Aree di lavoro agli imbocchi dei tunnel coinvolte nel calcolo.....	32
3.2.5 Metodologia di stima delle emissioni lineari	33
3.2.6 Sorgenti lineari coinvolte nel calcolo.....	35
3.2.7 Metodologia di stima delle emissioni puntuali.....	35
3.3 Dati di input progettuali per la costruzione del modello	36
3.3.1 Aree complessive e disturbate	36
3.3.2 Tempi di attività.....	37
3.3.3 Parametri di input specifici per i fronti di scavo	37
3.3.4 Mezzi operativi su ciascun cantiere	38
3.3.5 Mezzi operativi ai fronti di scavo	39
3.3.6 Flussi di mezzi pesanti sulla viabilità stradale	40
3.3.7 Impianti di lavorazione con emissione convogliata a camino.....	41
3.4 Dati generali.....	41
3.4.1 Anno di riferimento e standard emissivi europei e americani.....	41
3.4.2 Velocità medie di percorrenza dei mezzi pesanti in salita e discesa sull'autostrada e sulle strade ordinarie.....	42
3.5 Emissioni calcolate.....	42
3.5.1 Emissioni da cantiere	42
3.5.2 Emissioni dai fronti di scavo	43
3.5.3 Emissioni connesse al traffico su gomma	45
3.5.4 Emissioni convogliate	47
4. IMPATTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA	48
4.1 Aspetti metodologici	48
4.1.1 Descrizione del sistema modellistico.....	48
4.1.2 Configurazione del sistema modellistico	55
4.1.3 Spazializzazione e modulazione temporale delle emissioni	57
4.1.4 Presentazione dei risultati.....	58
4.1.5 Caratterizzazione dei valori di fondo della qualità dell'aria.....	60
4.1.6 Stima delle concentrazioni di Biossido di Azoto.....	68
Coefficienti per la stima del biossido di azoto	68
4.2 Concentrazioni attese.....	70
4.2.1 Ossidi di azoto	70
4.2.2 Polveri	78
5. CONCLUSIONI	86

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Suddivisione in tratte – intero dominio di progetto.....	19
Figura 2 – Localizzazione dei domini di indagine utilizzati per la ricostruzione dei campi meteorologici e per lo studio di dispersione (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte). Sono indicate le reti ferroviarie ed autostradali esistenti (in rosso e verde) e le centraline di monitoraggio della qualità dell'aria della rete gestita da Arpa Piemonte (triangoli rosa).	25
Figura 3 – Schema generale completo di emissione all’imbocco di una galleria in fase di perforazione (alcuni fattori dipendono dal tipo di inquinante e dal tipo di avanzamento del fronte di scavo).....	31
Figura 4 – Andamento con la velocità di percorrenza dei fattori di emissione di un veicolo pesante rigido diesel Euro6 di peso compreso tra 28 e 32 t per diverse percentuali di carico. Metodologia COPERT5.....	34
Figura 5 – Andamento con la velocità di percorrenza dei fattori di emissione di un veicolo pesante rigido diesel Euro 6 di peso compreso tra 28 e 32 t per diverse pendenze percentuali. Metodologia COPERT5.....	34
Figura 6 – Schema tratte di trasporto in andata e ritorno sulla A32 tra Salbertrand, Maddalena e Susa e tra Susa e Bussoleno (SS24, SS25) e la Bassa Valle (A32).....	40
Figura 7 – Localizzazione delle sorgenti considerate nel dominio di calcolo: aree di cantiere (in nero) e tracciati a cielo aperto associati al trasporto su gomma (in verde spesso). Sono anche indicati il tracciato completo dell'autostrada (in verde sottile), inclusi i tratti in galleria, e della linea ferroviaria esistente (in rosso sottile), l'estensione del dominio usato nello studio del progetto definitivo approvato (in grigio)	57
Figura 8 – Definizione degli elementi areali di emissione nel caso del cantiere all’Imbocco Ovest del Tunnel di Interconnessione. A destra, la distribuzione dell’emissione totale avviene tenendo conto della frazione di area occupata dal cantiere (minimo verde, massimo blu).....	58
Figura 9 – Estensione dei domini utilizzati per il calcolo dei punti di massima ricaduta “locali”, riportati nelle mappe di impatto	59
Figura 10 – Metodologia per la definizione dei valori di concentrazione esterni alle aree di cantiere: i punti rappresentano i centri della cella di calcolo delle concentrazioni (di passo 250 m). Sono stati considerati interni ai cantieri tutti i centri che intersecano le sorgenti areali (di colore giallo nella figura).....	59
Figura 11 – Localizzazione delle centraline fisse della rete di monitoraggio della qualità dell'aria gestita da Arpa Piemonte nell'area della Val di Susa (Sfondo cartografico: Regione Piemonte)	60
Figura 12 – In alto: serie storiche delle concentrazioni medie annuali di biossido di azoto nei siti di Susa e Oulx; al centro: serie storiche delle concentrazioni medie annuali di PM ₁₀ ; in basso: numero di superamenti del livello di 50 µg/m ³ giornalieri. In rosso sono indicati i valori limite fissati dal D. Lgs. 155/2010. (Fonte dati: Arpa Piemonte).....	61
Figura 13 – Concentrazioni medie annuali di biossido di azoto (in alto), di PM ₁₀ (in basso a sinistra) e PM _{2.5} (in basso a destra) nell'anno 2010 (Fonte Arpa Piemonte). Le aree interessate dalle opere di cantierizzazione e deposito della NLTL sono racchiuse nel rettangolo indicato in nero. In rosso i confini delle province piemontesi	62
Figura 14 – In bianco sono indicati i punti in cui sono collocati i misuratori, funzionanti in continuo, delle concentrazioni di PM ₁₀ , concordati per il monitoraggio del cantiere del cunicolo esplorativo della Maddalena (Fonte immagine Arpa Piemonte: www.arpa.piemonte.gov.it/approfondimenti/grandi-opere/torino-lione/nltl/dati-arpa-1/atmosfera-1/atmosfera).	63

Figura 15 – Concentrazione media annuale di biossido di azoto nell’anno 2010: valori di fondo ambientale forniti da Arpa Piemonte e dettaglio nel dominio della Val di Susa (in basso). Il valore limite è pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	65
Figura 16 – Concentrazione media annuale di PM_{10} nell’anno 2010: valori di fondo ambientale forniti da ARPA Piemonte e dettaglio nel dominio della Val di Susa (in basso). Il valore limite è pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	66
Figura 17 – Concentrazione media annuale di $\text{PM}_{2.5}$ nell’anno 2010: valori di fondo ambientale forniti da ARPA Piemonte e dettaglio nel dominio della Val di Susa (in basso). Il valore limite, in vigore dal 1 gennaio 2015, è pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	67
Figura 18 – Andamento della curva NO_2/NO_x (punti rosa) ricavata dai dati del monitoraggio in continuo della stazione di Susa per il 2009 (punti blu)	70
Figura 19 – ANNO 6: concentrazione media annuale di biossido di azoto: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte).....	72
Figura 20 – ANNO 7: concentrazione media annuale di biossido di azoto: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte).....	73
Figura 21 – ANNO 6: 99.8 percentile delle concentrazioni orarie di biossido di azoto: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)	74
Figura 22 – ANNO 7: 99.8 percentile delle concentrazioni orarie di biossido di azoto: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)	75
Figura 23 – ANNO 6: concentrazione media annuale di ossidi di azoto: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte).....	76
Figura 24 – ANNO 7: concentrazione media annuale di ossidi di azoto: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte).....	77
Figura 25 – ANNO 6: concentrazione media annuale di PM_{10} : impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte).....	80
Figura 26 – ANNO 7: concentrazione media annuale di PM_{10} : impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte).....	81
Figura 27 – ANNO 6: 90.4 percentile delle concentrazioni giornaliere di PM_{10} : impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte).....	82
Figura 28 – ANNO 7: 90.4 percentile delle concentrazioni giornaliere di PM_{10} : impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte).....	83
Figura 29 – ANNO 6: concentrazione media annuale di $\text{PM}_{2.5}$: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte).....	84
Figura 30 – ANNO 7: concentrazione media annuale di $\text{PM}_{2.5}$: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte).....	85

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Fattori rilevanti per emissioni cantieri all'aperto e in sotterraneo	21
Tabella 2: Significatività delle lavorazioni in cantiere.....	23
Tabella 3: Transiti medi al giorno per anno.....	23
Tabella 4: Significatività dei flussi.....	24
Tabella 5: Significatività dei flussi.....	24
Tabella 6: Caratteristiche generali della griglia di calcolo target dei campi meteorologici	26
Tabella 7: Caratteristiche generali della griglia di calcolo delle simulazioni di dispersione ...	26
Tabella 8: Fattori di emissione espressi in g/kWh delle macchine da cantiere, standard emissivi “Tier4”	27
Tabella 9 : Fattori di emissione espressi in g/kWh delle macchine da cantiere, standard emissivi “Tier4”	28

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Tabella 10 : Velocità di deposizione adottate	32
Tabella 11 : Fattori di emissione esausti espressi in g/km degli autocarri per il trasporto dei materiali Categoria COPERT5: DIESEL COMM. PESANTI RIGIDI 28÷32 t EURO VI	35
Tabella 12 : Fattori di emissione espressi in g/km degli autobus per il trasporto delle maestranze Categoria COPERT5: BUS GRAN TURISMO >18 t EURO VI	35
Tabella 13 : Fattori di emissione del processo di fabbricazione dei conci	36
Tabella 14 : Fattori di emissione del processo di valorizzazione Sorgenti puntuali coinvolte nel calcolo.....	36
Tabella 15 : Aree dei cantieri nel Progetto di Variante	37
(*) – per Clarea i valori adottati sono convenzionali, in ogni caso il contributo risultante è trascurabile.Tabella 16 : Dati giornalieri legati alle attività di scavo per la stima dei fattori di emissione di polveri.....	37
Tabella 17 : Distanze medie fronti di scavo – imbocco di uscita	37
Tabella 18 : Numero mezzi e loro potenze nel cantiere Maddalena	38
Tabella 19 : Numero mezzi e loro potenze nel cantiere di Salbertrand.....	38
Tabella 20 : Numero mezzi e loro potenze nel cantiere del Tunnel di Interconnessione Ovest	38
Tabella 21 : Numero mezzi e loro potenze nel cantiere di Susa.....	38
Tabella 22 : Numero mezzi e loro potenze nel cantiere del Tunnel di Base Est (attivo solo nell’anno 7)	39
Tabella 23 : Numero mezzi e loro potenze nel cantiere del Tunnel di Interconnessione Est – Area Bussoleno	39
Tabella 24 : Numero e potenza mezzi attivi in galleria al fronte di scavo (1 fronte di scavo) con avanzamento TBM (kg/giorno).....	39
Tabella 25 : Numero e potenza mezzi attivi in galleria al fronte di scavo (1 fronte di scavo) con avanzamento D&B (kg/giorno).....	39
Tabella 26 – Flussi veicolari medi giornalieri, dettagliati per anno e tratta	40
Tabella 27 : Flussi veicolari medi annuali, espressi come veicoli giornalieri, per trasporto collettivo e smistamento maestranze	41
Tabella 28 : Velocità medie di percorrenza adottate nel calcolo	42
Tabella 29 : Emissioni (kg/g) calcolate nelle aree di cantiere (Anno 6).	42
Tabella 30 : Emissioni (kg/g) calcolate nelle aree di cantiere (Anno 7)	43
Tabella 31 : Emissioni calcolate nelle aree di cantiere espresse in t/anno (Anno 6).	43
Tabella 32 : Emissioni calcolate nelle aree di cantiere espresse in t/anno (Anno 7).	43
Tabella 33 : Emissioni calcolate al fronte di scavo nelle gallerie	44
Tabella 34 : Emissioni calcolate agli imbocchi delle gallerie (considerati gli abbattimenti: ventilazione e filtrazione e deposizione)	44
Tabella 35 : Emissioni calcolate agli imbocchi delle gallerie (t/anno) (considerati gli abbattimenti, es.: ventilazione e filtrazione)	45
Tabella 36 : Tratte interessate dal trasporto stradale.....	46
Tabella 37 : Emissioni giornaliere (kg) di NOx, PM10 e PM2.5 dovute al trasporto su gomma sulle varie tratte considerate – Anno 6	46
Tabella 38 : Emissioni giornaliere (kg) di NOx, PM10 e PM2.5 dovute al trasporto su gomma sulle varie tratte considerate – Anno 7	46
Tabella 39 : Emissioni annuali (t) per tratta di NOx, PM10 e PM2.5 dovute al trasporto su gomma – Anno 6.....	47
Tabella 40: Emissioni annuali (t) per tratta di NOx, PM10 e PM2.5 dovute al trasporto su gomma – Anno 7.....	47
Tabella 41 – Emissioni giornaliere di NOx, PM10 e PM2.5 dovute al trasporto su gomma dei materiali di costruzione, dei materiali di scavo e delle maestranze	47

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Tabella 42 : Produzione ed emissione degli impianti di Salbertrand.....	48
Tabella 43 - Concentrazioni di PM ₁₀ nei punti di monitoraggio del cantiere del cunicolo esplorativo della Maddalena e confronto con i valori di fondo modellistico utilizzati in questo studio	64
Tabella 44 : Coefficienti di regressione della curva NO _x -NO ₂	69

RESUME / RIASSUNTO

L'étude présentée dans les paragraphes qui suivent traite de l'analyse de l'impact sur la qualité de l'air des activités liées à la construction de la NLTL selon la variante de projet réalisée en intégrant les observations présentées par les sujets concernés

Deux scénarios de principe ont été définis selon des critères objectifs, capables de permettre une évaluation réaliste des conditions qui pourraient s'avérer au cours du projet dans les années où la charge maximale d'activités ayant un impact sur la qualité de l'air est attendue et donc la comparaison plus stricte avec les valeurs limites fixées par la législation en vigueur.

Les deux scénarios, relatifs à l'année 6, avec le maximum de passages de camions et le second pour l'intensité d'activité sur les chantiers, et l'année 7, avec le maximum d'activités des chantiers, ont été simulés dans une année météorologique type.

Sur la base des données d'entrée (nombre de trajets, type de véhicules, volumes de matériaux, heures d'activité, extension des zones de travail), une estimation émissive a été élaborée en tenant compte des meilleures technologies à appliquer sur les chantiers de construction. et les facteurs d'émission décrits en détail dans ce document.

Lo studio presentato nei paragrafi successivi riguarda l'analisi dell'impatto sulla qualità dell'aria delle attività legate alla costruzione della NLTL secondo il progetto in variante realizzato recependo le osservazioni presentate dagli Enti.

Sono stati definiti due scenari di massima con criteri obiettivi, in grado di consentire la valutazione realistica delle condizioni che si potrebbero verificare nel corso del progetto negli anni in cui è previsto il massimo carico di attività con impatto sulla qualità dell'aria e quindi il confronto più stringente con i valori limite fissati dalla normativa vigente.

I due scenari, relativi all'anno 6, con il massimo di transiti di camion e secondo per intensità di attività nei cantieri, e all'anno 7, con il massimo di attività di cantiere, sono stati simulati in un anno meteorologico tipo.

Sulla base dei dati di input (numero di viaggi, tipologia di mezzi, volumi di materiali, ore di attività, estensione delle aree di lavoro) è stata predisposta una stima emissiva che tiene conto delle migliori tecnologie che dovranno essere applicate nei cantieri, utilizzando metodologie e fattori di emissioni descritti dettagliatamente nel presente documento.

1. Premessa

A seguito della pubblicazione del Progetto in Variante (PRV) del Progetto Definitivo approvato (PD) della tratta internazionale della Nuova Linea Ferroviaria Torino Lione (in ottemperanza alla prescrizione n. 235 della delibera CIPE 19/2015), sono state presentate osservazioni da parte di MATTM, Regione Piemonte e MIBACT che hanno richiesto ulteriori approfondimenti progettuali: un approfondimento sul calcolo della stima delle emissioni di inquinanti atmosferici ed una conseguente revisione degli impatti sulla qualità dell'aria.

Nell'impostazione della presente relazione una particolare cura è stata prestata all'illustrazione, nel capitolo introduttivo, dei criteri che hanno portato alla scelta degli anni da simulare: due anni ritenuti rappresentativi degli scenari con maggiore intensità di attività e quindi più adatti a fornire una stima cautelativa della variazione della qualità dell'aria rispetto allo stato attuale. Questo stesso capitolo fornisce anche indicazioni di come varierà l'attività nel periodo di costruzione dell'opera, utili a valutare l'impatto medio non basandosi esclusivamente sugli scenari di massima. Tali approfondimenti rispondono alle osservazioni sulla qualità dell'aria formulate della Nota Regione Piemonte prot. n. 12.70.10/01 del 20/09/2017, acquisita dal Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) con prot. CTVA-2017-2946 del 20/09/2017, e relativo allegato, trasmessa con nota Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare prot. CTVA.REGISTRO UFFICIALE.U.0003020 del 26/09/2017.

Un elemento che emerge, nelle osservazioni presentate, è il trasporto dei materiali in entrata e uscita dai cantieri, che avviene su gomma: oltre al numero di camion giornalieri sulle varie tratte interessate e quindi ai chilometri percorsi, sono stati verificati e descritti con maggior dettaglio i fattori di emissione utilizzati e tutte le assunzioni operative che influiscono sugli stessi, come la pendenza dei percorsi e il carico rispondendo alle osservazioni 50, 67.

Anche le metodologie utilizzate per stimare le emissioni nelle aree di cantiere sono state descritte più approfonditamente, con riferimenti espliciti ai fattori di emissione scelti (osservazioni 56, 63, 65), alle dimensioni delle aree interessate, ai volumi movimentati, alle caratteristiche e all'operatività dei mezzi previsti in ogni area e fase di lavorazione (osservazione 63).

I procedimenti di calcolo utilizzati per stimare l'abbattimento delle emissioni tra i fronti di scavo e gli imbocchi delle gallerie sono stati esposti più accuratamente, e, in via cautelativa, sono state stimate le emissioni di ossidi di azoto ai fronti di scavo senza ipotesi di abbattimento (osservazioni 57, 64).

Nell'area di Salbertrand, sono stati considerati i contributi aggiuntivi derivanti dalle emissioni degli impianti di valorizzazione del marino e di prefabbricazione, descrivendo i fattori di emissione impiegati e le caratteristiche fisiche delle emissioni convogliate (osservazioni 58, 59).

Riguardo alla simulazione di dispersione (osservazione 61), dal punto di vista metodologico non è stata apportata nessuna modifica alle impostazioni di configurazione della catena di modelli, per facilitare il confronto con l'analisi precedente e apprezzare l'effetto, in termini di impatto della qualità dell'aria, delle modifiche all'input emissivo, recependo comunque le osservazioni 53, 54, 55.

In particolare, proprio grazie agli approfondimenti progettuali e ad una più dettagliata simulazione della distribuzione delle attività nel corso della giornata tipo, il nuovo studio fornisce maggiori elementi per la determinazione delle aree di massima ricaduta, rendendolo maggiormente cautelativo il posizionamento delle centraline previste dal piano di monitoraggio ambientale.

2. Parametri utilizzati per la scelta degli anni da simulare

2.1 Dati di input del modello

In tale paragrafo si sintetizzano sia la modalità di calcolo dei flussi di materiale (smarino, materiale valorizzato, conci, approvvigionamento di cemento e acciaio ecc.) con particolare riferimento alle osservazioni numero 50, 67 e 114 della Regione Piemonte, sia le informazioni e dettagli circa l'operatività dei cantieri, riportando, in forma tabellare per ogni area di cantiere lato Italia, le seguenti sintesi:

- mezzi a motore a combustione interna utilizzati nelle varie fasi temporali;
- consumi elettrici richiesti dagli apparati di cantiere previsti in progetto;
- consumi di carburante dei mezzi di cantiere.

con particolare riferimento alle osservazioni numero 51, e 118 della Regione Piemonte, fatte proprie dal ministero dell'Ambiente e trasmesse con lettera protocollo CTVA/3020 del 26/09/17, riportate nel seguito.

Per maggiori dettagli si rimanda agli appositi documenti, PRV_C3A_6800_33-01-96_Nota tecnica esplicativa del calcolo dei flussi, PRV_C3A_6801_33-01-96_Nota tecnica esplicativa dei consumi di carburante e energia elettrica.

I fattori presi in considerazione per il modello di simulazione degli inquinanti in atmosfera sono stati:

- l'operatività dei cantieri, (lavorazioni, mezzi impiegati)
- i flussi di camion utilizzati per il trasporto dei materiali da e per le singole aree di cantiere.

Tali indicazioni hanno costituito i dati di input per la definizione degli anni più impattanti ossia gli anni ritenuti rappresentativi degli scenari più cautelativi e quindi i più adatti ad essere simulati.

Operatività dei cantieri

Sulla base delle informazioni riportate negli elaborati di progetto, l'operatività delle aree di cantiere può essere così sintetizzata:

- Aree di cantiere de La Maddalena e dell'Imbocco Ovest del Tunnel di Interconnessione: operatività 7/7 gg, 12/12 mesi, 16/24 h (modesta attività in orario notturno unicamente legata alla movimentazione interna dello smarino). Questi cantieri mantengono l'operatività 7/7 gg in coerenza con le attività di scavo (ancorché nel fine settimana siano ferme le attività di conferimento materiali da e per il cantiere);
- Aree di cantiere in sotterraneo:
 - Fase di scavo: operatività 7/7 gg (6 di scavo + 1 gg per attività di manutenzione TBM o realizzazione sondaggi in avanzamento). 24/24 h, 12/12 mesi;
 - Fase di posa rivestimenti definitivi: operatività 5/7 gg, 16/24 h, 12/12 mesi
- Area industriale di Salbertrand:
 - Area di cantiere: operatività 16/24 h, 7/7 gg, 12/12 mesi. Cautelativamente si è scelto di considerare il cantiere operativo 7/7 gg, anche se nel fine settimana le lavorazioni si limiteranno a movimentazione conci e materiali interno al cantiere e caricamento su treno smarino a deposito definitivo. Saranno infatti fermi nel fine settimana i conferimenti di materiale da e per il cantiere via gomma e gli impianti di produzione;
 - Impianti di valorizzazione inerti e produzione conci: operatività 16/24 h, 5/7 gg, 12/12 mesi. La produzione degli impianti di valorizzazione inerti e di

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

trasformazione dei conci è effettuata 5 gg su 7, in coerenza con i trasporti di materiale su gomma da e per l'area industriale;

- Altre aree di cantiere di imbocco e aree all'aperto: operatività 16/24 h, 7/7 giorni, 12/12 mesi. I conferimenti di materiale da e per i cantieri di imbocco e le aree all'aperto saranno fermi nel fine settimana, tuttavia i cantieri manterranno una modesta attività legata principalmente a manutenzioni, svolte in orario diurno.

Per le singole aree di cantiere si è quindi proceduto, in funzione della tipologia di lavorazione e dello scenario temporale, a sintetizzare i mezzi operativi impegnati, i consumi elettrici e di carburante, nonché le superfici delle aree di cantiere interferite dai mezzi d'opera e le eventuali superfici di aree adibite a deposito materiali, parametri di input del modello di emissioni in atmosfera del cantiere, a cui si rimanda per dettagli (PRV LOM C3C 01 01 96 6720). Nei paragrafi seguenti si riportano gli approfondimenti effettuati.

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Area di Cantiere de La Maddalena di Chiomonte												
Mezzi Operativi												
Fase da T0 a T0+22					Fase da T0+23 a T0+96					Fase da T0+97 a Fine Lavori		
Mezzi operativi:	n° (**)	n° (***)	kW	Fattore d'uso	Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso	Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso
Pale meccaniche	1	1	140	0,6	Pale meccaniche	1	140	0,6	Pale meccaniche	1	140	0,6
Pale gommate	1	3	140	0,6	Pale gommate	3	140	0,6	Pale gommate	1	140	0,6
Sollevatori telescopici (tipo Merlo)	0	1	100	0,2	Sollevatori telescopici (tipo Merlo)	4	100	0,2	Sollevatori telescopici (tipo Merlo)	1	100	0,2
Autobotte per bagnatura	0	1	60	0,6	Autobotte per bagnatura	1	60	0,6	Autobotte per bagnatura	1	60	0,6
Autocarri	2	6	300	0,6	Autocarri	6	300	0,6	Autocarri	2	300	0,6
Lavorazioni:					Lavorazioni:				Lavorazioni:			
Completamento galleria Maddalena 1 (da T0 a T0+13)					Attività di supporto allo scavo dei vari fronti di scavo				Attività di supporto alla realizzazione delle finiture ed impianti			
Da T0+13 a T0+22									Costruzione centrali di ventilazione			
Attività propedeutiche allargamento dell'attuale area di cantiere									Ripristino area			
Sistemazione area in orografica sinistra torrente Clarea												
Realizzazione viabilità interne												
Superficie totale di aree adibite a deposito in cumuli (coperti o silos): mq				1500	Superficie totale di aree adibite a deposito in cumuli (coperti o silos): mq			9000	Superficie totale di aree adibite a deposito in cumuli (coperti o silos): mq			0
Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente: mq				0	Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente: mq			1500	Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente: mq			0
Altezza prevista cumuli: m				0	Altezza prevista cumuli: m			3,5	Altezza prevista cumuli: m			0
Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere: mq				40000	Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere: mq			30000	Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere: mq			25000
Sup. totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere: mq (T0 - T0+13)				12000	Sup. totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere: mq			20000	Sup. totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere: mq			12500
mq (T0+13 - T0+22)				20000	mq			20000	mq			12500
Superficie lorda viabilità e piazzali: mq				50000	Superficie lorda viabilità e piazzali: mq			50000	Superficie lorda viabilità e piazzali: mq			50000
Fattore di modulazione: h				16/24	Fattore di modulazione: h			16/24***	Fattore di modulazione: h			16/24
gg				07/07	gg			07/07	gg			07/07
mesi				12/12	mesi			12/12	mesi			12/12
*: T0-T0+13					***: modesta attività in orario notturno unicamente legata a movimentazione interna smarino							
** : T0+13 - T0+22												

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Area Industriale di Salbertrand			
Mezzi Operativi			
Fase da T0 a T0+23		Fase da T0+24 a Fine Lavori	
Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso
Sollevatori telescopici (tipo Merlo)	0	100	0
Pale meccaniche	2	140	0,6
Autobotte per bagnatura	1	60	0,6
Autocarri	4	300	0,6
Emissione da impianto di valorizzazione e trasformazione concii			
Lavorazioni:			
Installazione impianto di valorizzazione materiale di scavo			
Installazione impianto di betonaggio produzione calcestruzzo			
Installazione impianto di prefabbricazione dei concii			
Installazione di caricamento/smarino via treno			
Installazione dell'officina di ricovero e manutenzione treni			
Lavorazioni:			
Impianto di prefabbricazione dei concii attivo			
Impianto di valorizzazione materiale di scavo attivo			
Stoccaggio e aree di carico materiali da costruzione			
Uffici e spogliatoi			
Impianto di caricamento/smarino via treno attivo (da T0+28)			
Superficie totale di aree adibite a deposito in cumuli (silos): mq	0		
Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente*: mq	0		
Altezza prevista cumuli: m	0		
Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere: mq	80000		
Superficie totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere: mq	20000		
Superficie lorda viabilità e piazzali: mq	105000		
Fattore di modulazione: h gg mesi	16/24 07/07 12/12		
Superficie totale di aree adibite a deposito in cumuli (silos): mq		22000	
Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente*: mq		3300	
Altezza prevista cumuli: m		0	
Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere: mq		48000	
Superficie totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere: mq		20000	
Superficie lorda viabilità e piazzali: mq		105000	
Fattore di modulazione mezzi operativi: h gg mesi		16/24 07/07 12/12	
Fattore di modulazione emissioni da impianti: h gg mesi		16/24 05/07 12/12	

*: per il calcolo degli "sbuffi" di polvere dai silos si e' considerata una superficie pari al 10% della superficie massima destinata agli stessi silos + una ulteriore superficie del 5% per prendere in conto gli ulteriori "sbuffi" in fase di caricamento su treno

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Area di Cantiere Imbocco Est Tunnel di Base												
Mezzi Operativi												
Fase da T0+72 a T0+83				Fase da T0+84 a T0+100				Da T0+101 a Fine Lavori				
Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso	Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso	Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso	
Escavatori	1	120	0,6	Escavatori	0	120	0	Escavatori	0	120	0	
Pale gommate	1	140	0,6	Pale gommate	0	140	0	Pale gommate	0	140	0	
Autobotte per bagnatura	1	60	0,6	Autobotte per bagnatura	1	60	0,6	Autobotte per bagnatura	1	60	0,6	
Autocarri	2	300	0,6	Autocarri	1	300	0,6	Autocarri	1	300	0,6	
Lavorazioni:				Lavorazioni:				Lavorazioni:				
Realizzazione rilevati				Smontaggio delle TBM				Realizzazione delle finiture				
Realizzazione galleria artificiale di imbocco								Sistemazione piazzale				
Superficie totale di aree adibite a deposito in cumuli:				Superficie totale di aree adibite a deposito in cumuli:				Superficie totale di aree adibite a deposito in cumuli:				
mq 0				mq 0				mq 0				
Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente:				Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente:				Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente:				
mq 0				mq 0				mq 0				
Altezza prevista cumuli:				Altezza prevista cumuli:				Altezza prevista cumuli:				
m 0				m 0				m 0				
Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere:				Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere:				Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere:				
mq 20000				mq 20000				mq 20000				
Sup. totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere:				Sup. totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere:				Sup. totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere:				
mq 10000				mq 10000				mq 10000				
Superficie lorda viabilità e piazzali:				Superficie lorda viabilità e piazzali:				Superficie lorda viabilità e piazzali:				
mq 35000				mq 35000				mq 35000				
Fattore di modulazione:				Fattore di modulazione:				Fattore di modulazione:				
h 16/24				h 16/24				h 16/24				
gg 07/07				gg 07/07				gg 07/07				
mesi 12/12				mesi 12/12				mesi 12/12				

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Area di Lavoro di 'Susa Autoporto'												
Mezzi Operativi												
Fase da T0+36 a T0+78				Fase da T0+79 a T0+96				Fase da T0+97 a Fine Lavori				
Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso	Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso	Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso	
Escavatori	2	120	0,6	Escavatori	2	120	0,6	Escavatori	2	120	0,6	
Pale meccaniche	4	140	0,6	Pale meccaniche	3	140	0,6	Pale meccaniche	2	140	0,6	
Autocarri	4	300	0,6	Autocarri	3	300	0,6	Autocarri	3	300	0,6	
Autobotte per bagnatura	1	60	0,6	Autobotte per bagnatura	1	60	0,6	Autobotte per bagnatura	1	60	0,6	
Rulli compattatori	4	60	0,6	Rulli compattatori	3	60	0,6	Rulli compattatori	2	60	0,6	
Lavorazioni:				Lavorazioni:				Lavorazioni:				
Realizzazione rilevati				Ultimazione dei rilevati				Realizzazione del Sito di Sicurezza di Susa				
Superficie totale di aree adibite a deposito (eventuale) in cumuli (coperti o silos): mq				Superficie totale di aree adibite a deposito (eventuale) in cumuli (coperti o silos): mq				Superficie totale di aree adibite a deposito (eventuale) in cumuli (coperti o silos): mq				
50000				50000				0				
Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente**: mq				Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente**: mq				Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente**: mq				
5000				5000				0				
Altezza prevista cumuli: m				Altezza prevista cumuli: m				Altezza prevista cumuli: m				
5				5				0				
Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere: mq				Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere: mq				Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere: mq				
20000				20000				20000				
Sup. totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere: mq				Sup. totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere: mq				Sup. totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere: mq				
15000				15000				20000				
Superficie lorda viabilità e piazzali: mq				Superficie lorda viabilità e piazzali: mq				Superficie lorda viabilità e piazzali: mq				
87000				87000				87000				
Fattore di modulazione:				Fattore di modulazione:				Fattore di modulazione:				
h 16/24				h 16/24				h 16/24				
gg 07/07				gg 07/07				gg 07/07				
mesi 12/12				mesi 12/12				mesi 12/12				

** : per il calcolo degli "sbuffi" di polvere dai cumuli coperti/silos si e' considerata una superficie pari al 10% della superficie massima destinata agli stessi (eventuali) cumuli/silos

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Area di Cantiere Imbocco Ovest Tunnel di Interconnessione												
Mezzi Operativi												
Fase da T0+36 a T0+78				Fase da T0+79 a T0+96				Fase da T0+97 a Fine Lavori				
Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso	Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso	Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso	
Escavatori	2	120	0,6	Escavatori	1	120	0,6	Escavatori	1	120	0,6	
Pale gommate	1	140	0,6	Pale gommate	1	140	0,6	Pale gommate	1	140	0,6	
Autobotte per bagnatura	1	60	0,6	Autobotte per bagnatura	1	60	0,6	Autobotte per bagnatura	1	60	0,6	
Autocarri	2	300	0,6	Autocarri	2	300	0,6	Autocarri	2	300	0,6	
Lavorazioni:				Lavorazioni:				Lavorazioni:				
Realizzazione rilevati				Area di cantiere in supporto alla realizzazione delle opere a cielo aperto				Realizzazione del Sito di Sicurezza di Susa ed Armamento ferroviario				
Cantiere con area di stoccaggio per aggregato in arrivo da Salbertrand				Ultimazione dei rilevati								
Deviazione Coldimosso												
Opere di imbocco												
Gallerie artificiali BD e BP e scavo gallerie												
Superficie totale di aree adibite a deposito (materiale frantumato) in cumul (silos):				Superficie totale di aree adibite a deposito (materiale frantumato) in cumul (silos):				Superficie totale di aree adibite a deposito (materiale frantumato) in cumul (silos):				
mq 12000				mq 7000				mq 0				
Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente**:				Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente**:				Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente**:				
mq 1200				mq 700				mq 0				
Altezza prevista cumuli:				Altezza prevista cumuli:				Altezza prevista cumuli:				
m 4				m 0				m 0				
Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere:				Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere:				Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere:				
mq 45000				mq 45000				mq 45000				
Sup. totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere:				Sup. totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere:				Sup. totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere:				
mq 15000				mq 15000				mq 15000				
Superficie lorda viabilità e piazzali:				Superficie lorda viabilità e piazzali:				Superficie lorda viabilità e piazzali:				
mq 87000				mq 87000				mq 87000				
Fattore di modulazione:				Fattore di modulazione:				Fattore di modulazione:				
h 16/24*				h 16/24				h 16/24				
gg 07/07				gg 07/07				gg 07/07				
mesi 12/12				mesi 12/12				mesi 12/12				

*: modesta attività in orario notturno unicamente legata a movimentazione interna smarino

**.: per il calcolo degli "sbuffi" di polvere dai silos si e' considerata una superficie pari al 10% della superficie massima destinata agli stessi silos

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Aree di Cantiere Imbocco Est Tunnel di Interconnessione ed Innesto Bussoleno				Mezzi Operativi			
Fase da T0+36 a T0+67				Fase da T0+68 a Fine Lavori			
Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso	Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso
Escavatori	2	120	0,6	Escavatori	2	120	0,6
Pale gommate	3	140	0,6	Pale gommate	3	140	0,6
Autobotte per bagnatura	1	60	0,6	Autobotte per bagnatura	1	60	0,6
Autocarri	3	300	0,6	Autocarri	3	300	0,6
Lavorazioni:				Lavorazioni:			
Realizzazione rilevati e sottopassi Innesto Bussoleno				Gallerie artificiali ed antincendio			
Rilevati in accostamento lato ovest				Lavori di finitura dei Tunnel di Interconnessione			
Ponte Dora Ovest				Sistemazione piazzale			
Galleria artificiale sp024 - Fase1				Galleria artificiale sp024 - Fase2			
Imbocco Est				Smantellamento sovrappasso LS-BD			
Ponte Dora Est							
Superficie totale di aree adibite a deposito in cumuli: mq (deposito materiali da costruzione) 0				Superficie totale di aree adibite a deposito in cumuli: mq (deposito materiali da costruzione eventuale) 0			
Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente: mq 0				Superficie di aree adibite a deposito in cumulo movimentate quotidianamente: mq 0			
Altezza prevista cumuli: m 0				Altezza prevista cumuli: m 0			
Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere: mq 23000				Superficie totale di piste di cantiere e piazzali interferite dai mezzi di cantiere: mq 23000			
Superficie totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere: mq 10000				Superficie totale di piste di cantiere e piazzali quotidianamente interferite dai mezzi di cantiere: mq 10000			
Superficie lorda viabilità e piazzali: mq 30000				Superficie lorda viabilità e piazzali: mq 30000			
Fattore di modulazione:				Fattore di modulazione:			
h		16/24		h		16/24	
gg		07/07		gg		07/07	
mesi		12/12		mesi		12/12	

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Mezzi operativi attività di perforazione in ambiente confinato (tunnel)			
Galleria Maddalena 2 - da T0+30 a T0+42			
Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso
TBM	1	--	--
Autocarri approvvigionamento conci	1	300	0,4
Tunnel Di Base BP - T0+46 a T0+77			
Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso
TBM	1	--	--
Autocarri approvvigionamento conci	1	300	0,4
Tunnel Di Base BD - T0+53 a T0+83			
Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso
TBM	1	--	--
Autocarri	1	300	0,4
Tunnel Di Base BD/BP - T0+50 a T0+84			
Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso
Escavatore	1	110	0,4
Pala gommata	1	220	0,4
Autocarri	1	300	0,4
Autopompa per calcestruzzo proiettato	1	--	--
Autobetoniera (/ cestelli miscelatori su autocarro)	1	120	0,4
Autopompa	1	--	--
Fattore di modulazione (da applicare a rivestimenti definitivi):			
h			16/24
gg			05/07
mesi			12/12
Fattore di modulazione (scavo in TBM e scavo in tradizionale):			
h			24/24
gg			07/07*
mesi			12/12
*: scavo 6/7 + 1 gg di manutenzione TBM/sondaggi in avanzamento			
Scavo Tunnel BD di interconnessione - T0+50 a T0+69			
Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso
Escavatore/martello	1	110	0,4
Pala gommata	1	220	0,4
Autocarri	3	300	0,4
Autopompa per calcestruzzo proiettato	2	--	--
Frantumatore	1	70	0,8
Scavo Tunnel BP di interconnessione - T0+55 a T0+72			
Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso
Escavatore/martello	1	110	0,4
Pala gommata	1	220	0,4
Autocarri	3	300	0,4
Autopompa per calcestruzzo proiettato	2	--	--
Frantumatore	1	70	0,8
Tunnel di Interconnessione - T0+67 a T0+75			
Mezzi operativi:	n°	kW	Fattore d'uso
Autobetoniera (/ cestelli miscelatori su autocarro)	2	120	0,4
Autopompa	2	--	--
Legenda colori:			
Scavo Meccanizzato (TBM)			
Scavo in Tradizionale con Rivestimento di Prima Fase (D&B)			
Rivestimenti definitivi e/o Rami di comunicazione			

Flussi di materiali

Il dominio di analisi dei flussi di materiali riguarda le zone interessate dal Progetto di Variante e si estende dalla zona dell'Area industriale di Salbertrand sino alla Piana di Susa e Bussoleno. In maniera del tutto coerente, tale area sarà utilizzata come dominio di calcolo per le emissioni degli inquinanti in atmosfera, per cui i flussi di materiali oggetto della presente relazione costituiscono uno degli input fondamentali.

Come anticipato, nel calcolo dei flussi di materiale da e per le singole aree di cantiere si è tenuto conto:

- dei trasporti di smarino del Tunnel di Base e del Tunnel di Interconnessione verso l'impianto di valorizzazione di Salbertrand;
- dei trasporti di smarino del Tunnel di Base verso la piana di Susa;
- del trasporto di aggregati dall'impianto di valorizzazione di Salbertrand ai singoli cantieri;
- del trasporto degli approvvigionamenti di cemento e acciaio verso i singoli cantieri;
- del trasporto dei concii dall'impianto di trasformazione di Salbertrand al cantiere de La Maddalena;
- del trasporto dei materiali conferiti fuori sito come rifiuto;
- del trasporto via treno del materiale di scavo in esubero verso i siti di destinazione definitiva.

Si ricorda che il progetto si basa sull'ipotesi che tutti gli approvvigionamenti esterni necessari alla logistica della cantierizzazione globale della NLTL (cemento, acciaio, inerti per confezionamento cls all'anno 2 prima della messa in funzione degli impianti dell'area di Salbertrand, deficit di materiale per rilevati) provengono dalla zona della bassa Valle di Susa.

Si ricorda che il progetto si basa sull'ipotesi che tutti gli approvvigionamenti esterni necessari alla logistica della cantierizzazione globale della NLTL (cemento, acciaio, inerti per confezionamento cls all'anno 2 prima della messa in funzione degli impianti dell'area di Salbertrand, deficit di materiale per rilevati) provengono dalla zona della bassa Valle di Susa.

La tratta autostradale dell'A32 interessata dai trasporti di materiale da/per i cantieri è suddivisa (sezione Susa Autoporto – Area industriale di Salbertrand) in 4 sub-tratte, così denominate:

- tratta A (9 km, discesa), definita Maddalena – Susa (MAD-SU);
- tratta B (9 km, salita), definita Susa – Maddalena (SU-MAD);
- tratta C (11 km, salita), definita Maddalena – Salbertrand (MAD-SAL);
- tratta D (11 km, discesa), definita Salbertrand – Maddalena (SAL-MAD).

Inoltre si include la viabilità ad est dello svincolo di Susa Autoporto interessata dai trasporti di materiale da/per i cantieri (sezione Susa Autoporto – Bussoleno) a sua volta suddivisa in 3 tratte, così denominate:

- tratta E (4 km, discesa, percorso lungo SS24, SS25, viabilità locale di collegamento ai cantieri);

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

- tratta F (4 km, salita, percorso lungo SS24, SS25, viabilità locale di collegamento ai cantieri);
- tratta Fa (4 km, salita, percorso lungo A32)

Lo scenario riassuntivo relativo a tutto il dominio di progetto può essere così schematizzato:

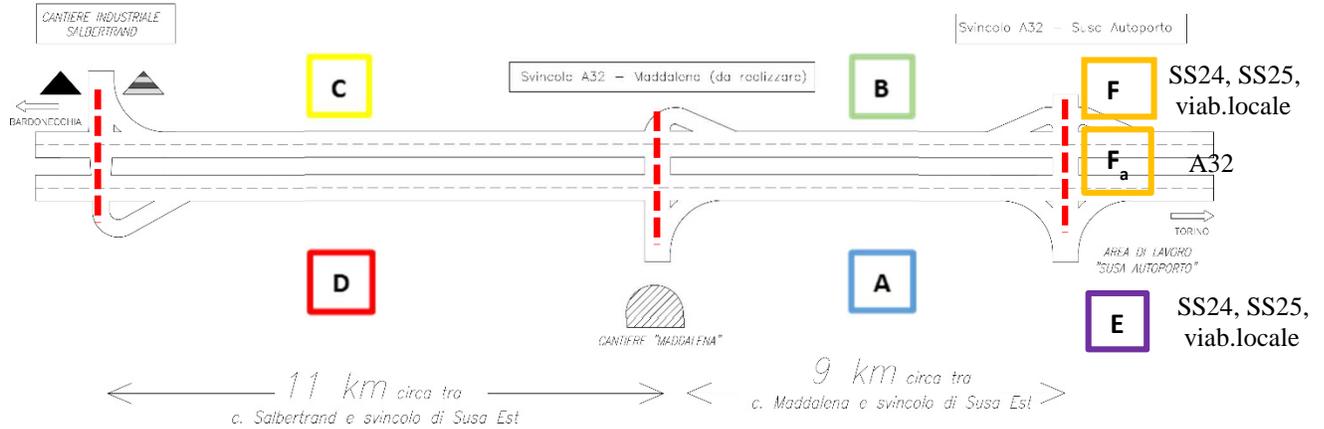


Figura 1 – Suddivisione in tratte – intero dominio di progetto

2.2 Definizione degli anni oggetto di simulazione

Per l'individuazione degli anni simulati nelle modellazioni di emissioni in atmosfera, sono stati presi in conto 2 elementi:

1. la significatività delle lavorazioni di cantiere per ogni anno
2. il numero totale dei transiti medi al giorno per anno, considerati come somma dei transiti sulle singole tratte stradali.

Parametro 1 - Lavorazioni di cantiere

Per valutare la significatività delle lavorazioni di cantiere per ogni anno sono stati presi in conto i seguenti sottoparametri:

1. il numero di mezzi operativi attivi nei cantieri all'aperto moltiplicato per la superficie quotidianamente interferita dai mezzi operativi, ivi compresa la superficie dei cumuli movimentata quotidianamente (parametro che permette di paragonare gli effetti emissivi dei cantieri all'aperto)
2. il numero di camini degli impianti produttivi
3. il numero medio di viaggi al giorno che i mezzi gommati adibiti al trasporto dei concetti effettuano in sotterraneo per il trasporto dei concetti stessi alla TBM
4. il numero medio di mezzi operativi al giorno che operano nei cantieri in sotterraneo.

Per quanto riguarda la superficie dei cumuli movimentata quotidianamente, tale valore è stato valutato come una percentuale pari al 10% della superficie totale adibita al deposito temporaneo

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

dei materiali di scavo/inerti valorizzati. Tale deposito temporaneo, infatti, viene realizzato in tutti i cantieri di progetto sotto forma di cumuli coperti o di silos chiusi. Non sarebbe pertanto corretto considerare come superficie emissiva tutta l'area adibita a deposito materiali di scavo/inerti valorizzati; prenderne invece in considerazione solo una percentuale, individuata sulla base dell'esperienza pari al 10%, consente di prendere in conto i fenomeni di "sbuffi" di polveri che potrebbero essere emessi in fase di carico/scarico dei silos dai mezzi d'opera o dai nastri o quando i mezzi entrano ed escono dalle strutture che contengono i cumuli coperti.

Per la sola area industriale di Salbertrand, la quota parte delle aree di deposito temporaneo considerata come emissiva è valutata come il 15% delle aree di silos, in modo da prendere in conto anche lo "sbuffo" che si potrebbe generare durante l'attività di caricamento su treno del materiale da mandare a deposito definitivo.

Tra i 4 parametri sopra definiti, il parametro 1 risulta comunque il più significativo, perché rappresenta le emissioni dirette nei cantieri all'aperto, che non risentono delle azioni mitigative presenti nelle fasi in sotterraneo quali ad esempio gli effetti della ventilazione.

Per i 10 anni di attività previsti nel planning del Progetto di Variante, emergono pertanto i seguenti valori dei parametri sopra citati:

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Cantieri	Dettagli	Anno 1	Anno 2	Anno 3	Anno 4	Anno 5	Anno 6	Anno 7	Anno 8	Anno 9	Anno 10
Imbocco Est Tunnel di Base	n. mezzi operativi	0	0	0	0	0	0	5	2	2	2
	Superficie cumuli movimentata quotidianamente (m ²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Superficie quotidianamente interferita dai mezzi operativi (m ²)	0	0	0	0	0	0	10.000	10.000	10.000	10.000
Area di Lavoro di Susa Autoporto	n. mezzi operativi	0	0	0	15	15	15	15	12	10	10
	Superficie cumuli movimentata quotidianamente (m ²)	0	0	0	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	0	0
	Superficie quotidianamente interferita dai mezzi operativi (m ²)	0	0	0	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Imbocco Ovest Tunnel di Interconnessione	n. mezzi operativi	0	0	0	6	6	6	6	5	5	5
	Superficie cumuli movimentata quotidianamente (m ²)	0	0	0	1.200	1.200	1.200	1.200	700	0	0
	Superficie quotidianamente interferita dai mezzi operativi (m ²)	0	0	0	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Imbocco Est Tunnel di Interconnessione ed Innesto Bussoleno	n. mezzi operativi	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9
	Superficie cumuli movimentata quotidianamente (m ²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Superficie quotidianamente interferita dai mezzi operativi (m ²)	0	0	0	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Area Industriale di Salbertrand	n. mezzi operativi	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8
	Superficie cumuli movimentata quotidianamente (m ²)	0	0	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300
	Superficie quotidianamente interferita dai mezzi operativi (m ²)	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
	Camini impianti di valorizzazione e prefabbricazione	0	0	2	2	2	2	2	2	1	1
La Maddalena di Chiomonte	n. mezzi operativi	4	12	15	15	15	15	15	15	6	6
	Superficie cumuli movimentata quotidianamente (m ²)	0	0	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	0	0
	Superficie quotidianamente interferita dai mezzi operativi (m ²)	12.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	12.500	12.500
Galleria Maddalena 2 - Camion conci	n. viaggi giorno	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Tunnel Di Base BP - Camion conci	n. viaggi giorno	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Tunnel Di Base BD - Camion conci	n. viaggi giorno	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Tunnel Di Base BD/BP - Mezzi operativi in	n. mezzi operativi	0	0	0	0	6	6	6	0	0	0
Tunnel BD di Interconnessione - Mezzi operativi in sotterraneo	n. mezzi operativi	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0
Tunnel BP di Interconnessione - Mezzi operativi in sotterraneo	n. mezzi operativi	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0
Tunnel di Interconnessione - Mezzi operativi in sotterraneo	n. mezzi operativi	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0
	cantieri all'aperto - n. mezzi operativi x superficie quotidianamente interferita dai mezzi operativi	188.000	380.000	508.900	996.100	996.100	996.100	1.046.100	937.400	596.400	596.400
	Camini impianti di valorizzazione e prefabbricazione	0	0	2	2	2	2	2	2	1	1
	camion conci cantieri in sotterraneo - n. viaggi giorno	0	0	1	2	2	2	2	0	0	0
	cantieri in sotterraneo - n. mezzi operativi	0	0	0	0	22	26	10	0	0	0

Tabella 1: Fattori rilevanti per emissioni cantieri all'aperto e in sotterraneo

Nella tabella soprastante sono stati evidenziati gli ordini di significatività dei diversi parametri considerati, tramite il seguente codice colore:

- rosso: molto significativo
- arancio: significativo
- verde: mediamente significativo
- azzurro: poco significativo
- viola: trascurabile
- bianco: per nulla significativo.

Ne deriva che, **secondo il sottoparametro 1**, l'anno 7 è il più significativo, gli anni 4-5-6-8 sono equivalenti e secondi in termini di significatività, gli anni 9-10 sono equivalenti e terzi in termini di significatività, gli anni 2-3 sono equivalenti ed i quarti in termini di significatività e l'anno 1 è il meno significativo.

Secondo il sottoparametro 2, che evidenzia come siano previsti impianti con camini di emissione solo nell'area industriale di Salbertrand, gli anni 3-4-5-6-7-8 sono equivalenti ed i più significativi, in quanto sono gli anni in cui sono attivi sia l'impianto di valorizzazione sia l'impianto di prefabbricazione conci; gli anni 9-10 sono secondi in termini di significatività, con il solo impianto di valorizzazione attivo, mentre gli altri anni non sono significativi.

Secondo il sottoparametro 3, gli anni 4-5-6-7 sono equivalenti ed i più significativi, in quanto sono gli anni di scavo del Tunnel di Base; l'anno 3 è il secondo in termini di significatività, mentre gli altri anni non sono significativi.

Secondo il sottoparametro 4, l'anno 6 è il più significativo, seguito in ordine di significatività dagli anni 5 e 7, mentre gli altri anni non sono significativi.

Globalmente, tra gli anni 6 e 7, che sono caratterizzati entrambi da 3 sottoparametri con significatività alta, si ritiene che, dal punto di vista delle emissioni di cantiere l'anno maggiormente significativo sia l'anno 7. Esso è infatti caratterizzato da un valore maggiore del sottoparametro 1, oltre ad essere quello più rappresentativo dal punto di vista di completezza delle lavorazioni; solo a partire da tale anno, infatti, è attivo anche il cantiere dell'imbocco est del Tunnel di Base, mentre sono ancora attivi tutti i cantieri in sotterraneo (sebbene, per il Tunnel di Interconnessione, siano già terminate le attività di scavo con metodo tradizionale delle 2 canne principali dell'opera, ma sono ancora in corso le attività di scavo dei rami di collegamento).

L'anno 6 risulta comunque anch'esso significativo in termini di tipologia delle lavorazioni, in quanto, pur non essendo ancora attivo il cantiere dell'imbocco est del Tunnel di Base, sono attivi tutti i cantieri in sotterraneo, ivi compresi quelli dello scavo di entrambe le canne del Tunnel di Interconnessione.

Dal punto di vista delle emissioni di cantiere si ritiene pertanto che l'ordine di significatività, in termini di emissioni, sia il seguente:

- anno 7
- anno 6¹
- anni 4-5
- anno 8
- anni 3-9-10
- anno 2
- anno 1.

¹ Sottoparametro 1 equivalente agli anni 4 e 5; ma sottoparametri 2-3-4 peggiorativi rispetto agli anni 4 e 5

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Da un punto di vista strettamente numerico, ad ogni anno è stato attribuito, per ogni sottoparametro 1, un valore di significatività decrescente, ottenuto dividendo il valore di ogni sottoparametro di ciascun anno per il valore massimo raggiunto dal sottoparametro stesso, ottenendo i seguenti valori:

	cantieri
	Par.1
Anno 1	0,18
Anno 2	0,36
Anno 3	0,49
Anno 4	0,95
Anno 5	0,95
Anno 6	0,95
Anno 7	1,00
Anno 8	0,90
Anno 9	0,57
Anno 10	0,57

Tabella 2: Significatività delle lavorazioni in cantiere

Parametro 2 - Flussi di camion (NUMERO DI TRANSITI)

Per valutare la significatività dei flussi di camion per ogni anno è stato preso in conto il parametro rappresentato dai transiti medi al giorno per anno, complessivo su tutte le tratte interne al dominio di calcolo delle emissioni in atmosfera (Salbertrand-Bussoleno).

Per i 10 anni di attività previsti nel planning del Progetto di Variante, emergono i seguenti valori del parametro sopra citato:

TRANSITI MEDI GG PER ANNO/TRATTA		ANNI									
SALITA/DISCESA	TRATTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
↓	A	11	26	58	188	279	347	275	22	43	55
↑	B	11	27	57	168	257	268	263	17	32	50
↑	C	11	12	47	149	222	202	205	3	1	0
↓	D	0	11	8	38	62	118	76	20	42	55
↓	E	0	0	0	11	16	47	10	0	3	0
↑	F	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0
↑	F _a	0	4	3	14	21	36	26	9	8	11
		32	81	172	568	881	1018	855	71	128	171

Tabella 3: Transiti medi al giorno per anno

Anche per questo parametro, sono stati evidenziati gli ordini di significatività dei diversi anni considerati, tramite lo stesso codice colore definito al paragrafo precedente.

Ne deriva che, dal punto di vista delle emissioni dei camion che transitano sulla viabilità identificata nel Progetto di Variante in base ai loro transiti reali sulle diverse tratte stradali, l'ordine di significatività sia il seguente:

- anno 6
- anni 5-7
- anno 4
- anni 3-9-10
- anni 1-2-8.

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Anche per tale parametro, ad ogni anno è stato attribuito un valore di significatività decrescente, ottenuto dividendo il valore del parametro di ciascun anno per il valore massimo del parametro stesso.

	flussi
	Par.2
Anno 1	0,03
Anno 2	0,08
Anno 3	0,17
Anno 4	0,56
Anno 5	0,87
Anno 6	1,00
Anno 7	0,84
Anno 8	0,07
Anno 9	0,13
Anno 10	0,17

Tabella 4: Significatività dei flussi

Proposta degli anni da simulare

Definiti i 2 parametri sopra esposti, si è proceduto ad una ponderazione degli stessi, con pesi 60% il parametro 1, relativo alle emissioni di cantiere, e 40% il parametro 2, relativo ai flussi, che tiene conto del fatto che le emissioni generate dalle lavorazioni di cantiere sono decisamente più impattanti di quelle indotte dai mezzi di trasporto, per i quali è imposto uno standard emissivo di tipo Euro 6.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte, si riportano nella seguente tabella di sintesi i parametri utilizzati e le valutazioni di significatività attribuite:

	cantieri	flussi	
	Par.1	Par.2	Media pond
Anno 1	0,18	0,03	0,12
Anno 2	0,36	0,08	0,25
Anno 3	0,49	0,17	0,36
Anno 4	0,95	0,56	0,79
Anno 5	0,95	0,87	0,92
Anno 6	0,95	1,00	0,97
Anno 7	1,00	0,84	0,94
Anno 8	0,90	0,07	0,57
Anno 9	0,57	0,13	0,39
Anno 10	0,57	0,17	0,41

Tabella 5: Significatività dei flussi

Sulla base delle considerazioni sopra esposte, gli anni più significativi risultano essere gli anni 5-6-7, confermando quanto già emerso nel Progetto di Variante.

Tra questi tre anni, si propone di simulare, secondo un approccio cautelativo:

- **anno 6:** anno più significativo in termini di transiti di camion e secondo per significatività delle lavorazioni di cantiere, in particolar modo all'aperto

- **anno 7:** anno più significativo per le emissioni di cantiere e secondo per significatività dei transiti di camion, sostanzialmente equivalente all'anno 5.

Tali anni rappresentano infatti gli scenari emissivi maggiormente impattanti e rappresentativi di tutti gli anni attività.

La simulazione degli altri anni evidenzerebbe una fotografia emissiva di minor impatto o, al limite comparabile (anno 5), che non apporterebbe valore significativo nel descrivere gli impatti del progetto sulla qualità dell'aria.

3. Costruzione del modello delle emissioni in atmosfera

3.1 Inquadramento geografico

Nella variante al progetto definitivo della Nuova Linea Torino – Lione (NLTL) è previsto che lo scavo della galleria che congiungerà la Piana di Susa con il territorio francese (Tunnel di Base del Moncenisio) avvenga con accesso dal cantiere de La Maddalena e che il cantiere industriale per la valorizzazione del materiale e la produzione dei conci sia trasferito a Salbertrand, mentre le attività di realizzazione della connessione alla linea storica attraverso il Tunnel di Interconnessione tra Susa e Bussoleno saranno posticipate (rispetto al planning definito nel Progetto Definitivo approvato).

L'area di indagine principale per gli approfondimenti qui descritti rimane pertanto la stessa precedentemente studiata, rappresentata dalla parte intermedia della Val di Susa, tra Bussoleno e Oulx.

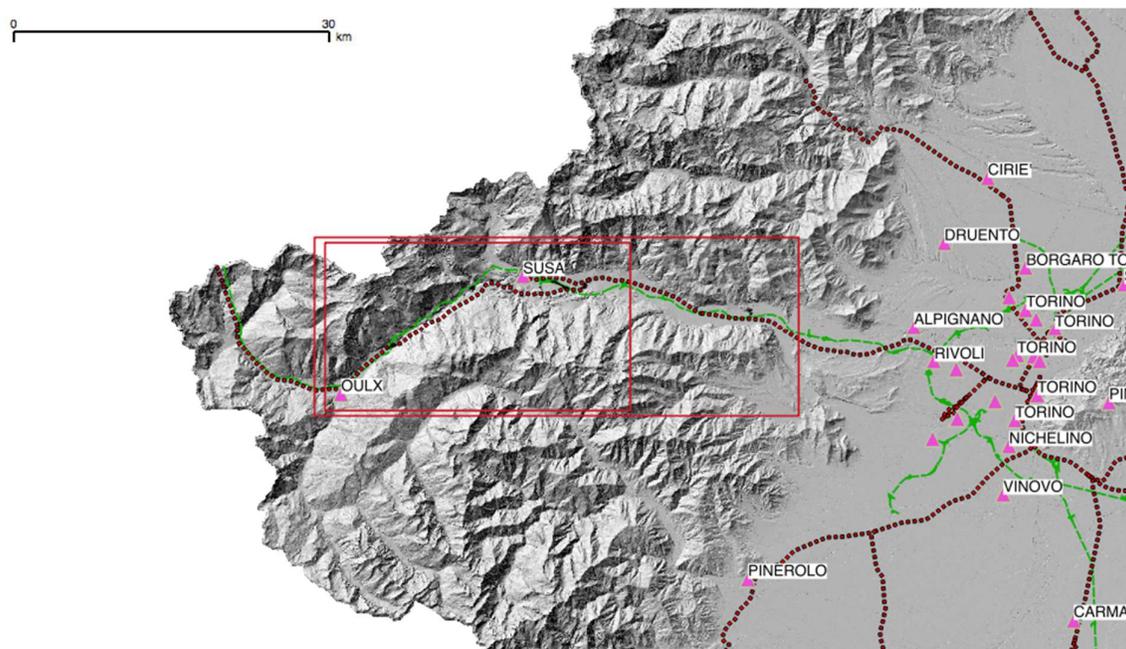


Figura 2 – Localizzazione dei domini di indagine utilizzati per la ricostruzione dei campi meteorologici e per lo studio di dispersione (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte). Sono indicate le reti ferroviarie ed autostradali esistenti (in rosso e verde) e le centraline di monitoraggio della qualità dell'aria della rete gestita da Arpa Piemonte (triangoli rosa).

In risposta alla Osservazione n. 53, si precisano nella tabella seguente i parametri caratterizzanti la griglia definita per il calcolo dei campi meteorologici tridimensionali:

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Coordinate X,Y punto SW (UTM32-WGS84)	327.0, 4987.0
dimensione in x (m)	46000
dimensione in y (m)	17000
n. punti (orizz. X vert.)	93x35
risoluzione orizzontale in x e y (m)	500

Tabella 6: Caratteristiche generali della griglia di calcolo target dei campi meteorologici

Per poter gestire in maniera efficace il calcolo della dispersione degli inquinanti, all'interno del dominio utilizzato per la ricostruzione meteorologica è stato definito un sottodominio di dimensione ridotta in cui sono dislocati tutti i cantieri operativi e i siti di deposito temporaneo previsti nella variante di progetto qui considerata. Le caratteristiche generali del dominio in cui sono state condotte le simulazioni di dispersione sono:

Dominio Esteso	
Coordinate X,Y punto SW (UTM32-WGS84)	328.0, 4987.5
dimensione in x (m)	29000
dimensione in y (m)	16000
n. punti (orizz. X vert.)	117x65
risoluzione orizzontale in x e y (m)	250

Tabella 7: Caratteristiche generali della griglia di calcolo delle simulazioni di dispersione

3.2 Metodologie di stima delle emissioni inquinanti

I dati di input necessari per alimentare i modelli di emissione, prima, e di dispersione, poi, dipendono dalla metodologia di stima delle emissioni, richiamata sinteticamente di seguito. Per effettuare la stima dell'impatto dei cantieri della nuova linea ferroviaria sono stati utilizzati tre tipi di sorgenti per schematizzare le emissioni inquinanti:

- **Sorgenti areali:** sono state introdotte per rappresentare le attività emittenti all'interno delle aree di lavorazione. Sono costruite con poligoni chiusi a livello del suolo cui è associata un'emissione per unità di superficie, uniforme su tutta la superficie;
- **Sorgenti lineari:** sono state introdotte per rappresentare l'inquinamento prodotto dai mezzi pesanti che trasportano suoli e materiali dalle aree di produzione a quelle di utilizzo o ai siti di deposito. Sono costruite con polilinee a livello del suolo cui è associata un'emissione per unità di lunghezza, uniforme per tratta;
- **Sorgenti puntuali:** sono state introdotte (in risposta alle osservazioni n. 58 e 59) per rappresentare i camini di convogliamento dell'inquinamento prodotto dagli impianti di valorizzazione e prefabbricazione localizzati nell'area di Salbertrand. Sono costruite con punti elevati finiti (cioè di dimensioni piccole ma non infinitesime), cui sono associati un rateo di emissione e un'inerzia verticale di origine meccanica e termica.

3.2.1 Metodologia di stima delle emissioni areali

Per l'analisi degli impatti della fase di cantierizzazione sono stati considerati gli inquinanti **NOx**, **PM₁₀** e **PM_{2.5}**; la metodologia di stima delle emissioni dalle fasi di cantiere è ripresa dal *Road Construction Emission Model*, sviluppato dal Sacramento Metropolitan Air Quality Management District e aggiornato a maggio 2016 (versione 8.1 - <http://www.airquality.org/>). Questo modello prevede la stima di due tipi di emissione:

- **Esauaste:** prodotte dalla combustione nei **motori dei mezzi in attività nell'area** (camion di movimentazione terra alimentati a gasolio e macchine da cantiere) e dall'accesso all'area dei mezzi privati del personale impiegato nei cantieri;

- per il PM₁₀ ed il PM_{2.5}, *risollevamento* di **polveri generate dai lavori** e depositate sulla superficie di cantiere.

La valutazione delle emissioni esauste dell'attività di movimentazione materiali viene effettuata sulla base **del numero e della lunghezza dei viaggi dei mezzi di trasporto materiali**; questi ultimi sono intesi come materiali da costruzione in ingresso nel cantiere e materiali scavati in uscita dal cantiere.

Le emissioni delle macchine da cantiere dipendono, invece, **dal tipo e dalla durata dell'attività**, oltre che **dall'estensione del cantiere**.

Il contributo emissivo dei veicoli leggeri in accesso al cantiere, di minore entità rispetto ai mezzi operativi "off-road" e ai mezzi pesanti "on-road", è stimato in base al numero di persone impiegate nel cantiere e alla lunghezza media del tragitto casa-lavoro del personale.

La stima delle emissioni da risollevamento utilizza il dato di **superficie massima coinvolta giornalmente dalle attività di cantiere**.

Questa stima delle emissioni è conforme alle "Linee guida per il monitoraggio dell'atmosfera nei cantieri di grandi opere", redatte da Italferr e presentate al Ministero dell'Ambiente.

Fattori di emissione dei mezzi operativi nei cantieri

Per i veicoli "off-road" (macchinari da cantiere e da scavo) sono stati considerati i fattori di emissione derivanti dagli standard "Tier 4" stabiliti da *U.S. Environmental Protection Agency* e *California Air Resources Board* (<https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=5bd49186c6de428e7d6446a56baab96c&mc=true&node=pt40.36.1039&rgn=div5>), che introducono sostanziali riduzioni delle emissioni di NO_x (per motori superiori a 56kW, categoria in cui rientrano tutti i mezzi considerati nel presente studio) e di polveri (per motori oltre i 19 kW). Essi sono entrati gradualmente in vigore tra il 2008 ed il 2015.

In risposta all'osservazione n. 65 si evidenzia che i fattori di emissione adottati sono uguali (nel caso dell'NO_x) o più cautelativi (nel caso del PM₁₀) rispetto a quelli recentemente pubblicati nel Regolamento (UE) 2016/1628 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 settembre 2016:

- US Tier4 Standards: NO_x 0.4 g/kWh, PM₁₀ 0.02 g/kWh
- EU Stage V Standards NRE-v/c-6: NO_x 0.4 g/kWh, PM₁₀ 0.015 g/kWh

(fonte: www.dieselnet.com)

Dunque non è stato ritenuto necessario aggiornarli nello schema di calcolo delle emissioni adottato.

Mezzo	NO _x [g/kWh]	PM ₁₀ [g/kWh]	PM _{2.5} [g/kWh]
Macchine operatrici (potenza compresa tra 55 e 300 kW)	0.402	0.020	0.019

Tabella 8: Fattori di emissione espressi in g/kWh delle macchine da cantiere, standard emissivi "Tier4"

All'interno delle aree di cantiere si prevede un'attività di bagnatura al fine di contenere le emissioni diffuse di polveri, derivanti dalla movimentazione dei mezzi di cantiere. I fattori di emissione dei mezzi di bagnatura sono stati desunti dal foglio di calcolo *Road Construction Emission Model* (versione 8.1) per l'anno 2020 (espressi in g/km).

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Mezzo	NOx [g/km]	PM ₁₀ [g/km]	PM _{2.5} [g/km]
Mezzi di bagnatura	0.9073	0.0642	0.0251

Tabella 9 : Fattori di emissione espressi in g/kWh delle macchine da cantiere, standard emissivi “Tier4”

Fattori di emissione delle polveri fuggitive

Per le emissioni delle polveri fuggitive il modello di emissione include i fattori di emissione:

- derivanti dal deposito del materiale in cumuli, secondo quanto previsto dalla metodologia dell’*Environmental Protection Agency* (AP 42, 13.2.4 *Aggregate Handling and Storage Piles*);
- dovute all’azione dell’erosione eolica sulle superfici con carico superficiale di polveri depositate, ad esclusione dei cumuli poichè verranno coperti nei periodi in cui non è prevista alcuna movimentazione. Secondo quanto descritto nella metodologia dell’*Environmental Protection Agency* (AP 42, 13.2.5 *Industrial Wind Erosion*) l’erosione eolica di materiali non movimentati è in ogni caso una sorgente di polveri fuggitive largamente inferiore rispetto alle attività di cantiere.

Le emissioni sono state valutate per le fasi di attività dei vari cantieri, per i due anni selezionati tra quelli di massima attività secondo il cronoprogramma di progetto.

Per il calcolo sono richiesti dati in ingresso di tipo aggregato e disaggregato:

Dati in ingresso di tipo aggregato	Dati in ingresso di tipo disaggregato
<ul style="list-style-type: none"> • lunghezza e area complessiva del cantiere • superficie massima giornaliera di cantiere • anno di inizio lavori e durata 	<ul style="list-style-type: none"> • numero e lunghezza dei viaggi giornalieri di movimentazione materiali • database di fattori di emissione da utilizzare • tipologia, numero, potenza e fattore d’uso dei mezzi operativi in cantiere

Durante la fase di costruzione le emissioni sono generate dai mezzi in movimento ed in azione nelle aree di cantiere, dai fronti di scavo e, per quanto riguarda le polveri, dalla risospensione causata dai mezzi in movimento. Tali emissioni sono fortemente correlate alla tipologia di attività considerata, ai materiali movimentati e stoccati e alla superficie delle aree interessate dalle attività.

Nelle aree di cantiere all’aperto sono responsabili di emissioni fuggitive di polveri (PM₁₀, PM_{2.5}):

- l’azione eolica, che si manifesta sotto forma di vortici turbolenti tanto più intensi quanto maggiori sono la velocità del vento, vicino al suolo, e la rugosità superficiale, per esempio sui cumuli, sulle aree di scavo e le piste di movimento mezzi;
- la movimentazione dei materiali con mezzi, quali pale ed escavatori, che può produrre risollevarimento;
- il passaggio dei mezzi di trasporto (inclusi quelli in transito) e operativi sulle piste, che può produrre a sua volta il risollevarimento delle polveri.

Le emissioni vengono tutte stimate utilizzando il modello sviluppato dal *Sacramento Metropolitan Air Quality Management District* e aggiornato a maggio 2016 (versione 8.1 - <http://www.airquality.org/>) e denominato *Road Construction Emission Model*.

Nel modello di emissione le polveri fuggitive sono determinate in maniera aggregata solo sulla base del dato di area massima disturbata al giorno, di cui già si è fatto cenno in precedenza (Tabella 15); non sono cioè esplicitati i fattori di emissione dei contributi descritti. Per la descrizione del metodo si rimanda ai manuali di AP-42, EMFAC2014, OFFROAD2011 e CEIDARS, progetti ufficiali di stima delle emissioni atmosferiche e speciazione delle polveri elaborati da US-EPA e CARB.

Per le emissioni delle polveri fuggitive il modello di emissione è stato integrato anche dalla stima delle emissioni derivanti dal deposito del materiale in cumuli secondo quanto previsto dalla metodologia dell'Environmental Protection Agency (AP 42, 13.2.4 Aggregate Handling and Storage Piles) al fine di non trascurare alcuna sorgente di emissione dovuta a questa fase delle attività di cantiere. Tale metodologia offre una stima delle emissioni causate dalla gestione del materiale in cumuli, la cui consistenza è dipendente anche dalla velocità media del vento presente nel sito. Per tutti i siti è stata scelta una velocità del vento di 2.5 m/s che corrisponde al dato rilevato dalla centralina ARPA di Finiere a Chiomonte.

L'emissione calcolata non tiene invece conto dell'erosione eolica di cumuli di stoccaggio non movimentati in quanto i cumuli verranno coperti nei periodi in cui non è prevista alcuna movimentazione. Secondo quanto descritto nella metodologia dell'Environmental Protection Agency (AP 42, 13.2.5 Industrial Wind Erosion) l'erosione eolica di materiali non movimentati è in ogni caso una sorgente di polveri fuggitive largamente inferiore rispetto alle altre attività di cantiere.

3.2.2 Aree di cantiere coinvolte nel calcolo

Da est a ovest, 6 sono le aree di cantiere in attività in varia misura nel corso del tempo e in particolare durante gli anni di cantiere analizzati:

- Il cantiere di Bussoleno che ospita l'area di lavoro corrispondente all'imbocco est del Tunnel d'Interconnessione (TdI);
- L'area di lavoro corrispondente all'imbocco ovest del TdI;
- L'area di lavoro di Susa
- L'area di lavoro corrispondente all'imbocco est del Tunnel di Base (TdB);
- Il cantiere di Maddalena che include l'area di lavoro degli imbocchi delle gallerie
- Il cantiere di Salbertrand.

Queste aree saranno collegate tra loro da servizi di conferimento e trasporto di smarino e materiali, dai siti scavo a quelli di valorizzazione e prefabbricazione, a quelli di utilizzo e deposito.

I fronti di scavo dei tunnel costituiscono essi stessi aree sotterranee di lavoro i cui contributi emissivi sono poi localizzati nei pressi dei relativi imbocchi, dopo processi di depauperamento per deposizione sulle pareti e per filtrazione della frazione di fumi convogliata.

3.2.3 Metodologia di stima delle emissioni fuggitive dovute all'attività di scavo

Per quantificare le polveri prodotte dalle attività di scavo è stato adottato un criterio che permette di adattare i fattori emissivi di "Road Construction Emission Model" alla stima delle emissioni di uno scavo in galleria. Il criterio è basato sulla definizione dell'area della superficie massima giornalmente perturbata dai lavori, parametro che in una lavorazione "volumetrica" come quella di una galleria, con lo scavo che si sviluppa anche in verticale, assume un significato diverso da quello di una lavorazione superficiale quale è quella di un cantiere all'aperto.

L'area della superficie massima disturbata al giorno è stata stimata dunque come prodotto della lunghezza di avanzamento giornaliera per la sezione del tubo. Questo valore è amplificato

secondo un criterio oggettivo di adattamento che si basa su uno spessore di suolo convenzionalmente asportato durante le attività di scavo nei cantieri stradali all'aperto (0.5 m), per poter convertire il volume di scavo in un'area equivalente di disturbo.

I dati specifici utilizzati sono illustrati nel paragrafo 3.3.3

Sulla base di questo approccio, considerando l'avanzamento dello scavo come riportato nel cronoprogramma ed utilizzando i dati dei volumi scavati è stata calcolata l'emissione giornaliera di polveri PM₁₀ e PM_{2,5} dovuta all'attività di scavo nei tunnel con metodologia sia D&B sia TBM.

Fattori di emissione dei mezzi operativi nei cantieri

Per i fattori di emissione dei mezzi diesel operativi presso i fronti di scavo si veda il paragrafo 3.2.1.

Abbattimento degli inquinanti prodotti al fronte di scavo. Stima delle emissioni agli imbocchi

Una volta stimata l'emissione al fronte di scavo e più in generale all'interno del tubo, occorre stimare la quantità di massa che, generata all'interno della galleria, fuoriesce dall'imbocco, considerando diversi fattori, secondo lo schema successivo.

Le ipotesi alla base del processo di abbattimento delle emissioni inquinanti agli imbocchi sono:

Caso: avanzamento meccanizzato (TBM), inquinanti particellari (PM₁₀ e PM_{2,5})

- l'emissione di polveri fuggitive che si produce al fronte di scavo, viene rimossa per via umida con un'ipotesi di efficienza pari al 50%;
- grazie all'esistenza di un impianto di ventilazione forzata con ipotesi di efficienza di cattura pari al 50%, un 25% di massa emessa viene canalizzato direttamente all'imbocco;
- al terminale della canalizzazione presso l'imbocco del tunnel viene installato un sistema di filtrazione con efficienza di abbattimento pari al 90%, la massa che dunque esce direttamente dall'imbocco dopo essere canalizzata e filtrata è il 2.5% di quanto emesso al fronte;
- dal fronte di scavo rimane in galleria un residuo 25% di polveri, cui si aggiunge un termine dato da altri mezzi di supporto, emissioni esauste di motori a combustione interna;
- considerando l'esistenza di una ventilazione naturale, viaggiando verso l'imbocco queste polveri in aria subiscono un depauperamento per deposizione secca sulle pareti;
- non è considerato risollevarlo per via del passaggio degli automezzi di supporto in quanto nel caso di avanzamento meccanizzato è in attività un nastro trasportatore ad alimentazione elettrica.

Caso: avanzamento tradizionale (D&B), inquinanti particellari (PM₁₀ e PM_{2,5})

- in caso di avanzamento tradizionale non è prevista rimozione di polveri al fronte di scavo per via umida;
- grazie all'esistenza di un impianto di ventilazione forzata con ipotesi di efficienza di cattura pari al 50%, un 50% di massa emessa viene canalizzato direttamente all'imbocco;
- al terminale della canalizzazione presso l'imbocco del tunnel viene installato un sistema di filtrazione con efficienza di abbattimento pari al 90%, la massa che dunque esce direttamente dall'imbocco dopo essere canalizzata e filtrata è il 5% di quanto emesso al fronte;

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

- dal fronte di scavo rimane in galleria dunque un residuo 50% di polveri, cui si aggiunge un termine dato da altri mezzi di supporto, emissioni esauste di motori a combustione interna;
- considerando l'esistenza di una ventilazione naturale, viaggiando verso l'imbocco queste polveri in aria subiscono un depauperamento per deposizione secca sulle pareti;
- parte della polvere depositata sulla parete inferiore viene risollevata per via del passaggio degli automezzi di supporto (ipotesi di efficienza: 50%)

Caso: avanzamento TBM e D&B, inquinanti gassosi (NO_x)

- non è possibile la rimozione di inquinanti gassosi al fronte di scavo per via umida;
- L'analisi di mercato consente di affermare che esistono nuove metodologie sperimentali di abbattimento di NO_x in tunnel, utilizzabili sia in fase di esercizio che di cantiere anche se, al momento non ancora applicate. In risposta all'osservazione n. 66 si è ritenuto più corretto, in questa fase di progettazione, attuare un approccio di maggiore cautela, considerando di conseguenza una canalizzazione all'esterno senza filtrazione, rimandando ad una verifica di progetto esecutivo, l'applicabilità di tali nuove tecnologie. Si considera quindi che l'impianto di ventilazione forzata, caratterizzato da una efficienza di cattura pari al 50%, gli inquinanti gassosi emessi al fronte di scavo in prossimità dell'imbocco del tunnel tal quali.
- dal fronte di scavo rimane in galleria dunque un residuo 50% di inquinanti gassosi, cui si aggiunge un termine dato da altri mezzi di supporto, emissioni esauste di motori a combustione interna;
- considerando l'esistenza di una ventilazione naturale, viaggiando verso l'imbocco questi inquinanti gassosi in aria subiscono un depauperamento per deposizione secca sulle pareti;
- non è possibile il risollevamento degli inquinanti gassosi depositati sulla parete inferiore del tunnel per via del passaggio degli automezzi di supporto.

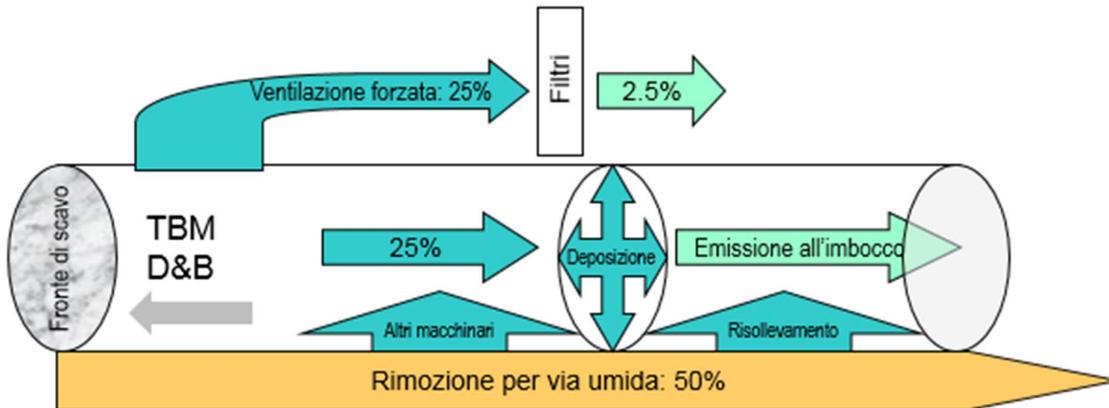


Figura 3 – Schema generale completo di emissione all'imbocco di una galleria in fase di perforazione (alcuni fattori dipendono dal tipo di inquinante e dal tipo di avanzamento del fronte di scavo)

Circa le varie ipotesi di efficienza, è da sottolineare che, stante la ridotta esperienza consolidata sul tema, le percentuali introdotte sono state scelte in modo conservativo. Infatti, l'efficienza di rimozione per via umida dovrebbe presumibilmente essere ben superiore al 50%, così come quella di un normale impianto di ventilazione forzata che può anche superare il 70%; in più, la tecnologia attuale di filtrazione delle polveri consente efficienze anche superiori al 99%, mentre

considerare che il 50% delle polveri depositate sia risollevato a causa del passaggio di pochi mezzi è probabilmente assai cautelativo.

Supponendo per semplicità che tutte le emissioni abbiano origine nei pressi del fronte di scavo (in effetti, le emissioni dei mezzi di supporto lungo il tratto di galleria già scavato sono meno significative), la rimozione per deposizione sulle pareti del condotto già perforato può essere calcolata come segue.

Nell'intervallo di tempo Δt e considerando $v = \Delta x / \Delta t$ la velocità dell'aria all'interno della galleria, la quantità di massa ΔQ rimossa per deposizione si può scrivere come:

$$\Delta Q = -\frac{4Qv_d}{vl} \cdot (1 - e_r / 4) \cdot \Delta x$$

- essendo:
- Q la massa d'inquinante in aria (supposta uniformemente distribuita);
 - l il lato della base quadrata del parallelepipedo che rappresenta il tratto di galleria già scavato (di altezza x);
 - v_d la velocità di deposizione dell'inquinante considerato;
 - e_r l'efficienza di risollevamento (che avviene solo sulla parete inferiore della galleria, cioè su $1/4$ delle pareti).

Questa equazione può essere integrata facilmente fino ad ottenere:

$$Q_i = Q_0 \cdot \exp\left(-\frac{4xv_d(1 - e_r / 4)}{vl}\right)$$

- essendo:
- Q_i l'emissione all'imbocco della galleria;
 - Q_0 l'emissione al fronte dello scavo.

I dati di progetto utilizzati nel calcolo saranno esplicitati successivamente (paragrafo 3.3).

Come velocità di deposizione sono stati adottati i valori in tabella seguente. Sostanzialmente, è stato adottato lo stesso valore tipico delle specie gassose per gli NO_x e il $PM_{2.5}$ ed un valore specifico per il PM_{10} .

Inquinante	Velocità di deposizione (cm/s)
NO_x	0.0005
PM_{10}	0.0100
$PM_{2.5}$	0.0005

Tabella 10 : Velocità di deposizione adottate

3.2.4 Aree di lavoro agli imbocchi dei tunnel coinvolte nel calcolo

In corrispondenza degli imbocchi dei tunnel sono state definite delle piccole sorgenti areali a cui sono state associate le emissioni provenienti dai fronti di scavo, in particolare:

- All'interno del cantiere della Maddalena è stata definita una sorgente areale in corrispondenza dell'imbocco della galleria della Maddalena dove concentrare le emissioni provenienti dai fronti di scavo del TdB;
- All'interno dell'area di lavoro corrispondente all'imbocco ovest del TdI è stata definita una sorgente areale dove concentrare le emissioni provenienti dal fronte di scavo dello stesso tunnel.

3.2.5 Metodologia di stima delle emissioni lineari

Come sorgenti lineari sono stati definiti i percorsi dei mezzi di trasporto di materiali e smarino dai siti di produzione a quelli di lavorazione e deposito. Le emissioni associate a ciascuna sorgente lineare sono calcolate come prodotto di **fattori di emissione** di ciascun mezzo, flussi di traffico dei mezzi considerati, lunghezza della strada.

I fattori di emissione dipendono da:

caratteristiche del mezzo	caratteristiche della strada
<ul style="list-style-type: none">• alimentazione• peso• anno d'immatricolazione• percentuale di carico	<ul style="list-style-type: none">• pendenza• velocità media di percorrenza

Curve dei fattori di emissione dei mezzi pesanti

Considerato l'anno di riferimento delle simulazioni effettuate e la necessità di adottare come raccomandato le migliori tecnologie disponibili quanto a standard emissivi, ai mezzi stradali pesanti (trasporto materiali e maestranze) considerati in moto nei percorsi stradali sono stati attribuiti standard Euro VI.

Gli standard Euro VI abbassano i limiti delle emissioni di PM del 67% rispetto agli standard Euro V e IV (COPERT 5). Studi condotti da enti indipendenti (ICCT, 2015, *BRIEFING-Accelerating progress from Euro 4/IV to Euro 6/VI vehicle emissions standards*) dimostrano inoltre che, se gli standard normativi dichiarano una riduzione delle emissioni dei NO_x del 77% rispetto gli Euro V e dell'89% rispetto gli Euro IV, secondo avanzati test sui reali cicli di guida l'effettiva riduzione dei NO_x del 95% rispetto agli Euro V (Muncrief R. (2015). *Euro IV, V, VI: Real World Off-Cycle NO_x Emissions Comparison. The International Council on Clean Transportation. Retrieved from <http://theicct.org/comparing-real-world-nox-euro-iv-v-vi-mar2015>).*

In risposta all'osservazione n. 50 si precisa inoltre che sono stati usati fattori di emissione standard relativi al mezzo carico, piuttosto che quelli specifici per mezzi pesanti circolanti a pieno carico piuttosto che scarichi, in quanto considerando che i viaggi dei mezzi tra ciascuna origine e ciascuna destinazione seguono il medesimo percorso stradale in andata (quando sono carichi) e ritorno (quando sono scarichi) gli effetti dei due fattori specifici (almeno in parte) si compensano rispetto al valore del fattore di emissione del mezzo a mezzo carico, praticamente azzerandosi a vicenda alle velocità sostenute sull'autostrada su cui si concentra la maggior parte dei flussi.

Nella figura seguente sono presentati gli andamenti dei fattori di emissione della tipologia di mezzo pesante considerato nel calcolo (rigido diesel con peso compreso tra 28 e 32 t) in funzione della velocità media di percorrenza e della percentuale di carico.

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

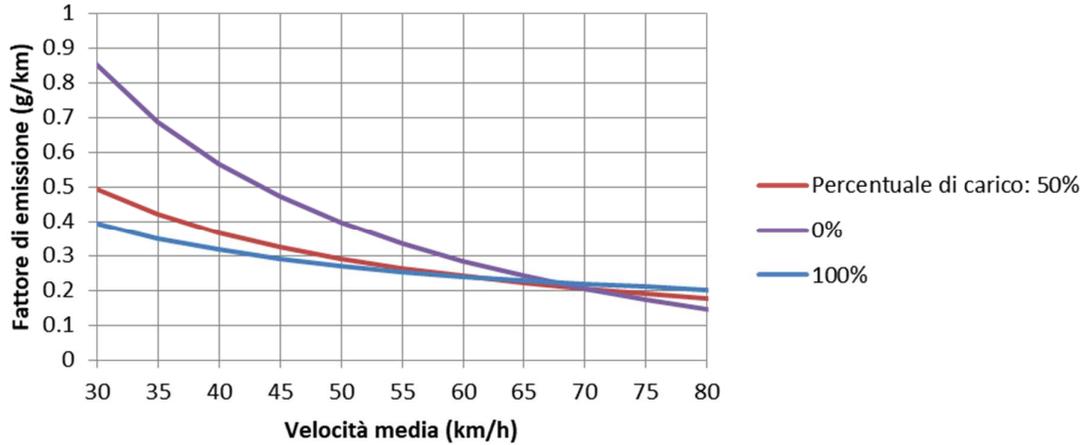


Figura 4 – Andamento con la velocità di percorrenza dei fattori di emissione di un veicolo pesante rigido diesel Euro6 di peso compreso tra 28 e 32 t per diverse percentuali di carico. Metodologia COPERT5.

Si precisa altresì invece che sono stati utilizzati fattori di emissione diversi per salita e discesa, piuttosto che quelli standard per circolazione in piano in quanto, in base alla nuova versione 5 della metodologia COPERT pubblicata nel corso del 2017 e solo per i veicoli Euro6, i fattori di emissione di NO_x in discesa sono decisamente più elevati di quelli in salita e in piano a causa del malfunzionamento dei dispositivi di abbattimento (sia SCR che EGR). Infatti, in discesa non è necessario schiacciare il pedale dell'acceleratore e il motore si raffredda riducendo l'efficacia della tecnologia di abbattimento. Molto probabilmente perché i fumi esausti riciclati sono a temperatura inferiore.

La figura seguente presenta gli andamenti dei fattori di emissione della tipologia di mezzi utilizzata, per pendenza nulla, positiva o negativa. Questi fattori di emissione mostrano andamento diverso e controintuitivo rispetto a mezzi pesanti più datati.

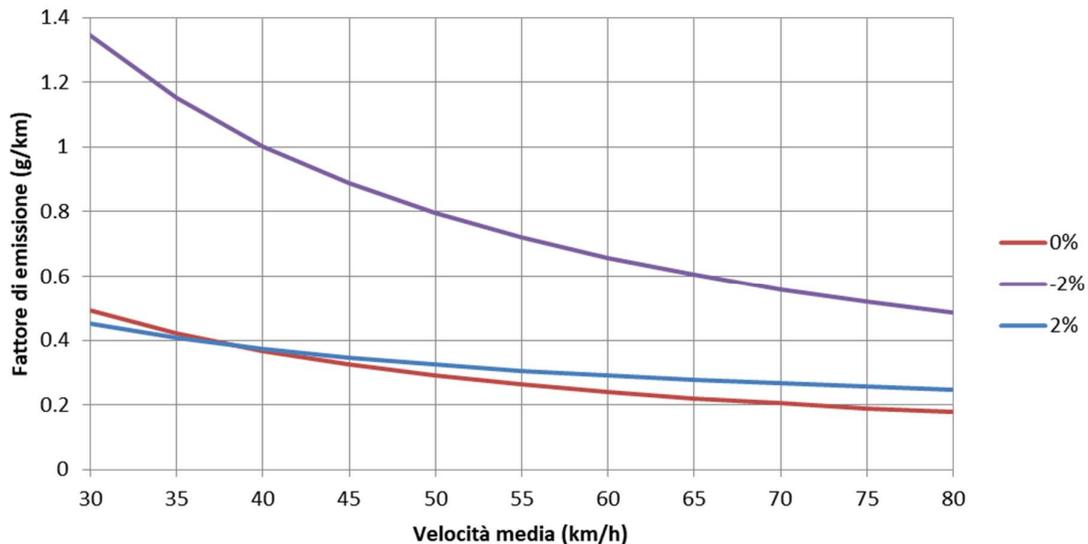


Figura 5 – Andamento con la velocità di percorrenza dei fattori di emissione di un veicolo pesante rigido diesel Euro 6 di peso compreso tra 28 e 32 t per diverse pendenze percentuali. Metodologia COPERT5.

Fattori di emissione risultanti dei mezzi pesanti di trasporto su strada

I fattori usati per il calcolo delle emissioni dei mezzi per il trasporto dei materiali e dei terreni di scavo sono stati desunti dalla metodologia COPERT 5/Corinair, considerando veicoli di categoria Euro VI (tabella successiva).

Mezzo	Pendenza	Velocità media di percorrenza	NOx	PM₁₀	PM_{2.5}
Autocarro per il trasporto dei materiali su viabilità locale	-2%	45km/h	0.89	0.11	0.046
	+2%	35km/h	0.41		
Autocarro per il trasporto dei materiali su autostrada	-2%	75km/h	0.52	0.11	0.045
	+2%	65km/h	0.28		

Tabella 11 : Fattori di emissione esausti espressi in g/km degli autocarri per il trasporto dei materiali
Categoria COPERT5: DIESEL COMM. PESANTI RIGIDI 28÷32 t EURO VI

I fattori usati per il calcolo delle emissioni degli autobus per il trasporto delle maestranze sono stati desunti dalla metodologia COPERT 5/Corinair considerando veicoli di categoria Euro VI (tabella successiva).

Mezzo	Pendenza	Velocità media di percorrenza	NOx	PM₁₀	PM_{2.5}
Autobus per il trasporto delle maestranze su autostrada	-2%	75km/h	0.82	0.31	0.13
	+2%	65km/h	0.26		

Tabella 12 : Fattori di emissione espressi in g/km degli autobus per il trasporto delle maestranze
Categoria COPERT5: BUS GRAN TURISMO >18 t EURO VI

3.2.6 Sorgenti lineari coinvolte nel calcolo

Come sorgenti lineari coinvolte nel calcolo sono state considerate:

- L'autostrada A32 tra Salbertrand e il limite del dominio di calcolo, alimentata dai flussi dei mezzi pesanti, coinvolti nel trasporto dei materiali da e verso le aree di cantiere, e dagli autobus per il trasporto dei lavoratori da e per il cantiere della Maddalena;
- La SS25 tra Susa e Bussoleno per i trasporti da e verso l'area di lavoro di Bussoleno.

L'impatto emissivo dei locomotori diesel utilizzati per il trasporto dello smarino da Salbertrand a Caprie e per le manovre presso il sito di Salbertrand è stato ritenuto trascurabile, rispetto al numero complessivo di mezzi in movimento, trattandosi di 1 solo viaggio al giorno di un treno trainato da locomotore Diesel che dovrà rispettare gli stessi nuovi standard emissivi previsti per tutti gli altri mezzi off-road considerati.

3.2.7 Metodologia di stima delle emissioni puntuali

Come sorgenti puntuali sono stati introdotti nella simulazione di dispersione gli impianti di valorizzazione e prefabbricazione dell'area di Salbertrand.

La produzione dei concii utilizza essenzialmente acqua, cemento, aggregati fini (sabbia) e più grossolani. Gli aggregati di maggiori dimensioni possono essere fatti di ghiaia o pietrisco.

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

La criticità dal punto di vista emissivo, relativa alla fase di prefabbricazione dei conci, è quasi esclusivamente rappresentata dalle emissioni di particolato, costituito da cemento e polvere di pozzolana.

La metodologia adottata per la descrizione e la stima di tali emissioni è quella riportata nel documento AP42, nello specifico nel capitolo 11.12 “Concrete Batching”, e i fattori di emissioni relativi alle diverse fasi sono qui riportati:

Fase	FE	UM
<i>cement unloading</i>	0.00017	kg/Mg
<i>cement supplement</i>	0.0024	kg/Mg
<i>mixer loading</i>	0.0028	kg/Mg
Complessivo	0.00537	kg/Mg

Tabella 13 : Fattori di emissione del processo di fabbricazione dei conci

Le emissioni di particolato che derivano dalla fase di valorizzazione consistono sostanzialmente in particelle più grossolane che rimangono all’interno dell’impianto, e in particelle più fini correlate a diversi aspetti tra cui il contenuto di umidità superficiale della pietra lavorata, le velocità del processo e il tipo di attrezzatura e pratiche operative utilizzate. I relativi fattori di emissione per PM10 , sempre tratti dalla metodologia AP42 (capitolo 11.19.2 “Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing”), sono riportati di seguito:

Fase	FE	UM
<i>frantumazione</i>	0.00027	kg/Mg
<i>frantumazione più fine</i>	0.0006	kg/Mg
<i>screening</i>	0.00037	kg/Mg
<i>screening più fine</i>	0.0011	kg/Mg
<i>punto di trasferimento</i>	2.30E-05	kg/Mg
Complessivo	0.002363	kg/Mg

Tabella 14 : Fattori di emissione del processo di valorizzazione
Sorgenti puntuali coinvolte nel calcolo

3.3 Dati di input progettuali per la costruzione del modello

3.3.1 Aree complessive e disturbate

Alcuni dati progettuali generali dei cantieri utilizzati nel calcolo delle emissioni sono riportati in Tabella 15.

In particolare, nella seconda e terza colonna sono espresse e suddivise per cantiere:

- l’“area della superficie complessiva dei cantieri”, che comunque non entra nel calcolo in un caso come questo;
- l’“area massima interferita dalle attività di cantiere in un giorno”, cioè una stima della frazione di superficie effettivamente emittente perché interessata dalla lavorazione o dal carico dei materiali e dalla presenza o passaggio di mezzi. Essa serve per determinare le emissioni delle polveri fuggitive espresse in kg/giorno.

L’area massima giornaliera interferita dalle attività è stata ipotizzata tenendo conto dei diversi gradi di attività e mantenendo comunque un approccio molto cautelativo.

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Cantiere	Area complessiva del cantiere (m ²)	Area massima interessata dalle attività di cantiere al giorno (m ²)
Area di imbocco di Maddalena	116'000	20'000
Imbocco Est Tunnel di Base	50'000	10'000
Imbocco Ovest Tunnel di Interconnessione	100'000	15'000
Area di lavoro di Susa	130'000	20'000
Innesto Bussoleno e Imbocco Est Tunnel di Interconnessione	97'000	10'000
Area Industriale di Salbertrand	124'000	20'000

Tabella 15 : Aree dei cantieri nel Progetto di Variante

3.3.2 Tempi di attività

Tutti i cantieri e le aree di lavoro sono state valutate in attività per 16 ore al giorno (dalle h 6 alle h 22) e per 7 giorni su 7 (giorni feriali e festivi), fatta eccezione per i fronti di scavo, attivi per 24 ore al giorno e 7 giorni alla settimana.

Infine, tutti i cantieri sono stati considerati attivi per 12 mesi all'anno.

3.3.3 Parametri di input specifici per i fronti di scavo

In risposta alla osservazione n. 56, i parametri, utilizzati per calcolare le emissioni di polveri fuggitive ai fronti di scavo, sono sintetizzati nella tabella seguente. Per la determinazione della superficie disturbata giornalmente è stata operata una stima con arrotondamento per eccesso dei valori coinvolti, da ritenersi, quindi, assai cautelativa.

	Tunnel di Base	Area di Sicurezza di Clarea ^(*)	Tunnel dell'Interconnessione
Lunghezza di avanzamento giornaliera	Anno 6: 7m Anno 7: 10m	3m	Anno 6: 4m
Larghezza del tubo	9m	6m	9m
Volume di scavo	Anno 6: 1200m ³ Anno 7: 1700m ³	200m ³	Anno 6: 700m ³
Area disturbata equivalente	Anno 6: 2300m ² Anno 7: 3300m ²	500m ²	Anno 6: 1300m ²

(*) – per Clarea i valori adottati sono convenzionali, in ogni caso il contributo risultante è trascurabile. **Tabella 16 :** Dati giornalieri legati alle attività di scavo per la stima dei fattori di emissione di polveri

Per il calcolo della deposizione degli inquinanti particellari e gassosi sulle pareti del tunnel sono state utilizzate le distanze medie nei due anni dei fronti di scavo dagli imbocchi di uscita. Nel caso degli scavi nel TdB e nell'area di sicurezza di Clarea, queste distanze devono includere anche la lunghezza del tunnel della Maddalena 2 (circa 3000m) perché tramite esso i fumi saranno convogliati verso l'imbocco nell'area di Maddalena. Queste distanze sono riportate nella tabella seguente.

Fronte di scavo	TdB	AdS Clarea	TdI
Anno 6	10500m	5500m	3000m
Anno 7	12000m		-

Tabella 17 : Distanze medie fronti di scavo – imbocco di uscita

Sulla base dei progetti degli impianti di ventilazione nei tunnel, assumendo una portata d'aria di 24,2m³/s, la velocità dell'aria all'interno di essi è fissata a 0,3m/s.

3.3.4 Mezzi operativi su ciascun cantiere

In base alle aree interferite giornalmente, nei diversi cantieri si muovono i mezzi riportati di seguito:

Cantiere Maddalena		
Tipo	Numero	Potenza (Kw)
pale	4	140
autocarri	6	300
merlo	4	100

Tabella 18 : Numero mezzi e loro potenze nel cantiere Maddalena

Cantiere Salbertrand		
Tipo	Numero	Potenza (Kw)
pale	1	140
autocarri	4	300
merlo	2	100

Tabella 19 : Numero mezzi e loro potenze nel cantiere di Salbertrand

Cantiere Tunnel di Interconnessione Ovest		
Tipo	Numero	Potenza (Kw)
pale	1	140
autocarri	2	300
escavatori	2	100

Tabella 20 : Numero mezzi e loro potenze nel cantiere del Tunnel di Interconnessione Ovest

Cantiere Susa		
Tipo	Numero	Potenza (Kw)
pale	4	140
autocarri	4	300
escavatori	2	120
rulli	4	60

Tabella 21 : Numero mezzi e loro potenze nel cantiere di Susa

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Cantiere Tunnel di Base Est		
Tipo	Numero	Potenza (Kw)
Pale	1	140
Autocarri	2	300
Escavatori	1	120

Tabella 22 : Numero mezzi e loro potenze nel cantiere del Tunnel di Base Est (attivo solo nell'anno 7)

Cantiere Tunnel di interconnessione Est -area Bussoleno		
Tipo	Numero	Potenza (Kw)
pale	3	140
autocarri	3	300
Escavatori	2	120

Tabella 23 : Numero mezzi e loro potenze nel cantiere del Tunnel di Interconnessione Est – Area Bussoleno

3.3.5 Mezzi operativi ai fronti di scavo

I mezzi operativi attivi ai fronti di scavo dipendono dal metodo di avanzamento (TBM o D&B) come riportato di seguito:

Fronte di scavo con avanzamento TBM		
Tipo	Numero	Potenza (kW)
Cestelli miscelatori su autocarro	1	120
Escavatori	1	110
Autocarri fuoristrada	2	300
Pale gommate	1	220

Tabella 24 : Numero e potenza mezzi attivi in galleria al fronte di scavo (1 fronte di scavo) con avanzamento TBM (kg/giorno)

Fronte di scavo con avanzamento D&B		
Tipo	Numero	Potenza (kW)
Cestelli miscelatori su autocarro	2	120
Frantumatore	1	70
Escavatori	2	110
Autocarri fuoristrada	3	300
Pale gommate	1	220

Tabella 25 : Numero e potenza mezzi attivi in galleria al fronte di scavo (1 fronte di scavo) con avanzamento D&B (kg/giorno)

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Per quanto riguarda le maestranze, il progetto prevede che i lavoratori operanti nel cantiere dell'Area di imbocco di Maddalena siano trasportati con autobus fino all'Area di lavoro di Colombera e da lì con mini-bus raggiungano poi l'Area di imbocco di Maddalena. Solo per ragioni di cautela, in quanto sarà privilegiato l'arruolamento di forza lavoro locale, come tratta percorsa dagli autobus è stata considerata l'intera lunghezza dell'autostrada A32 a partire dal confine del dominio di calcolo; il mezzo privato verrà invece usato per raggiungere Salbertrand, tramite autostrada e viabilità locale, e gli altri cantieri, che verranno raggiunti tramite percorsi su viabilità locale.

Viaggi al giorno per trasporto maestranze	Anno 5	Anno 7
Autobus verso Area di Lavoro di Colombera tratte F _a + B (andata) e A + F _a (ritorno)	8	8
Mini-bus per smistamento lavoratori da Area di lavoro di Colombera verso interno Area di imbocco di Maddalena	18	18

Tabella 27 : Flussi veicolari medi annuali, espressi come veicoli giornalieri, per trasporto collettivo e smistamento maestranze

3.3.7 Impianti di lavorazione con emissione convogliata a camino

Nel sito di Salbertrand sono ubicati due impianti con emissione convogliata a camino:

- Un impianto di valorizzazione il cui camino di emissione ha le caratteristiche seguenti:

altezza (m)		10.0
diametro (m)		0.5
velocità (m/sec)	prima filtro	23.6
	dopo filtro (-33%)	15.0
x (m, proiezione UTM32)		334200
y (m, proiezione UTM32)		4993530
modulazione temporale		16/24, 5/7

- un impianto per la fabbricazione dei conci; il cui camino di emissione ha le caratteristiche seguenti:

altezza (m)		17.0
diametro (m)		0.5
velocità (m/sec)	prima filtro	23.6
	dopo filtro (-33%)	15.0
x (m, proiezione UTM32)		334390
y (m, proiezione UTM32)		4993590
modulazione temporale		16/24, 5/7

3.4 Dati generali

Oltre che da dati progettuali, specifici per ogni cantiere, le emissioni derivano anche da dati di letteratura, qui riportati come richiesto nelle osservazioni n. 56, 57, 58, 59, 63, 65.

3.4.1 Anno di riferimento e standard emissivi europei e americani

L'anno di riferimento, considerato solo ed esclusivamente ai fini del calcolo delle emissioni, è il 2020 poiché il riferimento a questo anno permette di tenere conto dell'utilizzo di mezzi Diesel

di categoria Euro VI per il trasporto del marino, in linea con le categorie del software ufficiale europeo COPERT, e di essere coerenti con i nuovi standard emissivi promulgati nel REGOLAMENTO (UE) 2016/1628 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 14 settembre 2016 e di quelli statunitensi denominati “U.S. EPA Tier 4”.

3.4.2 Velocità medie di percorrenza dei mezzi pesanti in salita e discesa sull’autostrada e sulle strade ordinarie

I fattori di emissione dei mezzi pesanti di trasporto materiali dipendono dalle velocità medie di percorrenza degli stessi sui vari tratti delle strade coinvolte; esse sono riassunte nella tabella seguente.

	Autostrada A32		Strade ordinarie	
	Salita	Discesa	Salita	Discesa
Mezzi pesanti trasporto materiali	65 km/h	75 km/h	35 km/h	45 km/h

Tabella 28 : Velocità medie di percorrenza adottate nel calcolo

3.5 Emissioni calcolate

3.5.1 Emissioni da cantiere

In base alle informazioni specifiche riportate nel paragrafo 3.3 ed alle metodologie di calcolo descritte precedentemente, all’interno delle aree di cantiere sono state stimate le emissioni riportate nelle tabelle che seguono.

All’interno delle stesse vengono considerate le emissioni prodotte ai fronti di scavo e quelle delle aree di cantiere prodotte dai mezzi in movimento (applicando dunque i fattori di emissione più aggiornati determinati dagli standard Tier 4), dalla mobilità interna, dai mezzi di bagnatura, e, per quanto riguarda le polveri, dal risollevarimento prodotto dalla movimentazione dei materiali e dei mezzi.

Le emissioni di ossidi di azoto sono collegate direttamente al numero ed alla tipologia di mezzi, mentre per quanto riguarda il particolato, è preponderante l’area del cantiere interferita giornalmente.

Nelle tabelle seguenti sono riportate sia tutte le emissioni giornaliere (kg) sia quelle annuali (t) calcolate in base all’effettiva operatività delle diverse lavorazioni.

	ANNO 6						
	NO _x	PM ₁₀			PM _{2.5}		
	Totale	Totale	Esauste	Polveri fuggitive	Totale	Esauste	Polveri fuggitive
<i>Area di lavoro di Susa</i>	7.7	39.7	0.4	39.3	8.5	0.4	8.1
<i>Cantiere Imbocco Est TdB</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Cantiere Imbocco Est TdI e Innesso Bussoleno</i>	2.5	11.4	0.1	11.3	2.5	0.1	2.4
<i>Cantiere Maddalena</i>	6.3	36.5	0.3	36.2	7.8	0.3	7.5
<i>Cantiere A.I. Salbertrand</i>	3.5	39.3	0.2	39.1	8.3	0.2	8.1

Tabella 29 : Emissioni (kg/g) calcolate nelle aree di cantiere (Anno 6).

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

	ANNO 7						
	NO _x	PM ₁₀			PM _{2,5}		
	Totale	Totale	Esauste	Polveri fuggitive	Totale	Esauste	Polveri fuggitive
Area di lavoro di Susa	7.7	39.7	0.4	39.3	8.5	0.4	8.1
Cantiere Imbocco Est TdB	2.2	11.3	0.1	11.2	2.4	0.1	2.3
Cantiere Imbocco Est Tdl e Innesto Bussoleno	2.5	11.4	0.1	11.3	2.5	0.1	2.4
Cantiere Maddalena	6.2	36.5	0.3	36.2	7.8	0.3	7.5
Cantiere A.I. Salbertrand	3.5	39.3	0.2	39.1	8.3	0.2	8.1

Tabella 30 : Emissioni (kg/g) calcolate nelle aree di cantiere (Anno 7)

	ANNO 6						
	NO _x	PM ₁₀			PM _{2,5}		
	Totale	Totale	Esauste	Polveri fuggitive	Totale	Esauste	Polveri fuggitive
Area di lavoro di Susa	2.8	14.5	0.2	14.3	3.1	0.1	3.0
Cantiere Imbocco Est TdB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cantiere Imbocco Est Tdl e Innesto Bussoleno	0.9	4.2	0.0	4.2	0.9	0.0	0.9
Cantiere Maddalena	2.3	13.3	0.1	13.2	2.8	0.1	2.7
Cantiere A.I. Salbertrand	1.3	14.4	0.1	14.3	3.0	0.1	2.9

Tabella 31 : Emissioni calcolate nelle aree di cantiere espresse in t/anno (Anno 6).

	ANNO 7						
	NO _x	PM ₁₀			PM _{2,5}		
	Totale	Totale	Esauste	Polveri fuggitive	Totale	Esauste	Polveri fuggitive
Area di lavoro di Susa	2.8	14.5	0.2	14.3	3.1	0.1	3.0
Cantiere Imbocco Est TdB	0.8	4.1	0.0	4.1	0.9	0.0	0.9
Cantiere Imbocco Est Tdl e Innesto Bussoleno	0.9	4.2	0.0	4.2	0.9	0.0	0.9
Cantiere Maddalena	2.3	13.3	0.1	13.2	2.8	0.1	2.7
Cantiere A.I. Salbertrand	1.3	14.4	0.1	14.3	3.0	0.1	2.9

Tabella 32 : Emissioni calcolate nelle aree di cantiere espresse in t/anno (Anno 7).

3.5.2 Emissioni dai fronti di scavo

Le emissioni calcolate dai fronti di scavo sulla base dei dati riportati in Tabella 16 e Tabella 17 sono riassunte di seguito, con distinzione tra le emissioni al fronte di scavo e le emissioni calcolate agli imbocchi delle gallerie una volta applicato il depauperamento delle concentrazioni inquinanti per mezzo degli impianti di ventilazione e filtrazione e alla deposizione sulle pareti del tunnel. Le emissioni agli imbocchi sono quelle che contribuiscono effettivamente alla dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Per esempio, considerando le emissioni di PM₁₀ prodotte al fronte di scavo del TdB nell'anno 6 e pari a 3.9 kg/giorno:

- il 50% di queste emissioni è abbattuta per via umida, cioè 1.95 kg/giorno;
- delle rimanenti 1.95 kg/giorno, il 50% è canalizzato direttamente verso l'imbocco (0.975 kg/giorno);

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

- all’imbocco, prima di essere emessa in atmosfera, la massa canalizzata è filtrata con efficienza del 90% e si riduce a 0.0975 kg/giorno;
- contemporaneamente, dal fronte di scavo 0.975 kg/giorno di massa non canalizzata migra lungo il tunnel verso l’imbocco subendo processi di depauperamento per deposizione sulle pareti e di arricchimento per risollevarimento dovuto al transito di mezzi; la massa, stimata secondo la formula nel paragrafo 3.2.3, che esce alla fine dall’imbocco è di 0.0002 kg/giorno;
- il totale di massa emessa all’imbocco è dunque di $0.0975+0.0002 = 0.09752$ kg/giorno.

NOTA – (*) – “T” = scavo tradizionale; “M” = scavo meccanizzato

Imbocco	Scavo (*)	NO _x (kg/giorno)	Totale	Emissioni esauste	Emissioni fuggitive	Totale	Emissioni esauste	Emissioni fuggitive
			PM ₁₀ (kg/giorno)	PM ₁₀ (kg/giorno)	PM ₁₀ (kg/giorno)	PM _{2.5} (kg/giorno)	PM _{2.5} (kg/giorno)	PM _{2.5} (kg/giorno)
Ovest TdI	T Anno 6	6.7	3.5	0.2	3.3	1.0	0.2	0.8
AdS di Clarea	T Anno 6	6.7	1.4	0.3	1.1	0.5	0.3	0.2
AdS di Clarea	T Anno 7	6.7	1.4	0.3	1.1	0.5	0.3	0.2
TdB	M Anno 6	2.8	3.9	0.14	3.7	0.91	0.13	0.78
TdB	M Anno 7	4.0	7.5	0.2	7.3	1.7	0.2	1.5

Tabella 33 : Emissioni calcolate al fronte di scavo nelle gallerie

NOTA – (*) – “T” = scavo tradizionale; “M” = scavo meccanizzato

Cantiere	Scavo (*)	NO _x (kg/giorno)	Totale	Totale
			PM ₁₀ (kg/giorno)	PM _{2.5} (kg/giorno)
Ovest TdI	T Anno 6	3.7	0.1	0.1
AdS di Clarea	T Anno 6	3.5	0.05	0.02
AdS di Clarea	T Anno 7	3.5	0.02	0.02
TdB	M Anno 6	1.4	0.1	0.03
TdB	M Anno 7	2.0	0.2	0.04

Tabella 34 : Emissioni calcolate agli imbocchi delle gallerie (considerati gli abbattimenti: ventilazione e filtrazione e deposizione)

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Le emissioni calcolate nelle aree di imbocco, dovute alle attività di scavo, sono di seguito espresse in t/anno tenendo conto di un funzionamento continuo nel corso dell'anno.

NOTA – (*) – “T” = scavo tradizionale; “M” = scavo meccanizzato

Cantiere	Scavo (*)	NO _x (t/anno)	Totale	
			PM ₁₀ (t/anno)	PM _{2.5} (t/anno)
Ovest TdI	T Anno 6	1.4	0.04	0.04
AdS di Clarea	T Anno 6	1.3	0.02	0.01
AdS di Clarea	T Anno 7	1.3	0.01	0.01
TdB	M Anno 6	0.5	0.04	0.01
TdB	M Anno 7	0.7	0.1	0.01

Tabella 35 : Emissioni calcolate agli imbocchi delle gallerie (t/anno) (considerati gli abbattimenti, es.: ventilazione e filtrazione)

3.5.3 Emissioni connesse al traffico su gomma

Sulla base dei flussi veicolari di cui sopra sono state calcolate le emissioni associate alle tratte interessate dal trasporto stradale dei materiali di cantiere e di scavo.

Si ricorda che le tratte sono articolate come da tabella riportata di seguito:

Tratta	Viabilità interessata	Tratta	Flussi dovuti a
Fa	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tratta autostradale ad Est sistema di svincoli di Susa	Approvvigionamento cemento per tutti i cantieri
			Approvvigionamento acciaio per tutti i cantieri
			Approvvigionamento deficit materiali per rilevati
A-B	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tra sistema di svincoli di “Susa Est” e svincolo “Maddalena”	Approvvigionamento cemento per C. “Maddalena”
			Approvvigionamento aggregati per C. “Maddalena”
			Approvvigionamento concii per C. “Maddalena”
			Approvvigionamento acciaio per C. “Maddalena”
			Trasporto smarino dal C. “Maddalena”
			Trasporto smarino dal C. "Imbocco Ovest TdI" e C. "Imbocco Est Tdb"
			Approvvigionamento acciaio per concii a “Salbertrand”
			Approvvigionamento cemento per concii a “Salbertrand”
			Approvvigionamento esubero aggregati per rilevati Piana di Susa
			Approvvigionamento aggregati per C. "Imbocco Ovest TdI" e C. "Imbocco Est Tdb"
C-D	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tra svincolo “Maddalena” e svincolo “Salbertrand”	Approvvigionamento cemento per concii
			Approvvigionamento acciaio per concii
			Trasporto smarino dal C. “Maddalena”
			Trasporto smarino dal C. "Imbocco Ovest TdI" e C. "Imbocco Est Tdb"
			Approvvigionamento concii per C. “Maddalena”
			Approvvigionamento aggregati per C. “Maddalena”
			Approvvigionamento aggregati per C. "Imbocco Ovest TdI" e C. "Imbocco Est Tdb"

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

E-F	Strada Statale SS24 + SS25 e viabilità locale	Tra C. "Imbocco Ovest TdI" e C. "Imbocco Est TdI"	Approvvigionamento esubero aggregati per rilevati Piana di Susa
			Approvvigionamento calcestruzzi per C. "Imbocco Est TdI"
			Approvvigionamento acciaio per C. "Imbocco Est TdI"
			Approvvigionamento materiali per rilevati per C. "Imbocco Est TdI"
			Trasporto smarino verso C. "Imbocco Ovest TdI"

Tabella 36 : *Tratte interessate dal trasporto stradale*

Il modello utilizzato è un modello tridimensionale per la simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera che tiene conto delle variazioni del flusso e della turbolenza atmosferica sia nello spazio, condizioni disomogenee, sia nel tempo, condizioni non stazionarie.

Il modello è alimentato con emissioni, caratterizzate in modo geografico/geometrico (localizzazione, forma e dimensioni) e chimico (flussi di massa degli inquinanti). L'autostrada è schematizzata come unica polilinea per entrambe le carreggiate e quindi l'emissione è la somma di tutti i flussi dei veicoli che passano su una tratta nelle due direzioni collegando le diverse origini (es. da Maddalena) alle diverse destinazioni (es. a Salbertrand).

I campi di concentrazione sono determinati dalla sovrapposizione dei contributi delle sorgenti puntiformi, lineari e areali definite, trasportando e disperdendo i pennacchi di emissione in funzione, ora per ora, delle differenti condizioni atmosferiche che questi pennacchi incontrano nel loro cammino.

In Tabella 37 e Tabella 38 sono riportate le emissioni giornaliere (kg) dei mezzi per il trasporto dei materiali relative agli anni 6 e 7.

Tratte	Strada	Descrizione	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
A+B	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tra svincolo di Susa Autoporto e svincolo di Chiomonte	6.5	1.9	0.9
C+D	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tra svincolo di Chiomonte e svincolo di Salbertrand	5.6	1.7	0.8
E+F	SS24, SS25, viabilità locale	Tra svincolo di Susa Autoporto e cantieri "Imbocco ovest TdI" e "Innesto Bussoleno"	5.4	1.6	0.8
Fa	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tratta autostradale ad Est dello svincolo di uscita Susa Autoporto	0.3	0.1	0.04
TOTALE			17.8	5.3	2.6

Tabella 37 : *Emissioni giornaliere (kg) di NO_x, PM₁₀ e PM_{2.5} dovute al trasporto su gomma sulle varie tratte considerate – Anno 6*

Tratte	Strada	Descrizione	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
A+B	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tra svincolo di Susa Autoporto e svincolo di Chiomonte	5.7	1.7	0.8
C+D	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tra svincolo di Chiomonte e svincolo di Salbertrand	4.9	1.5	0.7
E+F	SS24, SS25, viabilità locale	Tra svincolo di Susa Autoporto e cantieri "Imbocco ovest TdI" e "Innesto Bussoleno"	0.2	0.05	0.02
Fa	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tratta autostradale ad Est dello svincolo di uscita Susa Autoporto	0.2	0.1	0.03
TOTALE			11	3.4	1.6

Tabella 38 : *Emissioni giornaliere (kg) di NO_x, PM₁₀ e PM_{2.5} dovute al trasporto su gomma sulle varie tratte considerate – Anno 7*

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Le emissioni degli autocarri per il trasporto dei materiali sono riportate nel seguito espresse anche in t/anno e per tratta di competenza, si è tenuto conto che il trasporto con gli autocarri sarà effettuato per 5 giorni settimanali e 16 ore al giorno.

Tratte	Strada	Descrizione	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
A+B	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tra svincolo di Susa Autoporto e svincolo di Chiomonte	1.7	0.5	0.2
C+D	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tra svincolo di Chiomonte e svincolo di Salbertrand	1.5	0.4	0.2
E+F	SS24, SS25, viabilità locale	Tra svincolo di Susa Autoporto e cantieri "Imbocco ovest TdI" e "Innesto Bussoleno"	1.4	0.4	0.2
Fa	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tratta autostradale ad Est dello svincolo di uscita Susa Autoporto	0.1	0.02	0.01
TOTALE			4.7	1.4	0.7

Tabella 39 : Emissioni annuali (t) per tratta di NO_x, PM10 e PM2.5 dovute al trasporto su gomma – Anno 6

Tratte	Strada	Descrizione	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
A+B	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tra svincolo di Susa Autoporto e svincolo di Chiomonte	1.5	0.4	0.2
C+D	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tra svincolo di Chiomonte e svincolo di Salbertrand	1.3	0.4	0.2
E+F	SS24, SS25, viabilità locale	Tra svincolo di Susa Autoporto e cantieri "Imbocco ovest TdI" e "Innesto Bussoleno"	0.04	0.01	0.01
Fa	Autostrada A32 Torino-Bardonecchia	Tratta autostradale ad Est dello svincolo di uscita Susa Autoporto	0.04	0.01	0.01
TOTALE			2.9	0.8	0.4

Tabella 40: Emissioni annuali (t) per tratta di NO_x, PM10 e PM2.5 dovute al trasporto su gomma – Anno 7

Si riportano inoltre, nella tabella sottostante, le emissioni giornaliere NO_x, PM10 e PM2.5 dovute al trasporto su gomma e delle maestranze.

Tipologia di mezzi e trasporti	ANNO 6		ANNO 7	
		Kg/giorno		Kg/giorno
Mezzi pesanti per il trasporto di marino, inerti, materiali e concii	NO _x	17.5	NO _x	10.8
	PM ₁₀	5.2	PM ₁₀	3.2
	PM _{2.5}	2.5	PM _{2.5}	1.6
Bus per maestranze	NO _x	0.2	NO _x	0.1
	PM ₁₀	0.1	PM ₁₀	0.05
	PM _{2.5}	0.1	PM _{2.5}	0.02

Tabella 41 – Emissioni giornaliere di NO_x, PM10 e PM2.5 dovute al trasporto su gomma dei materiali di costruzione, dei materiali di scavo e delle maestranze

3.5.4 Emissioni convogliate

Per quanto riguarda le emissioni prodotte dall'impianto di Salbertrand, le emissioni prodotte tenendo conto del valore massimo di produzione dell'impianto, sono di seguito riportate:

Processo	Produzione massima (t/h)	Emissione PM10 (kg/h)	Emissione PM2.5 (kg/h)
Prefabbricazione	31.5	0.17	0.03
Valorizzazione	213	0.25	0.05

Tabella 42 : Produzione ed emissione degli impianti di Salbertrand

4. Impatto sulla qualità dell'aria

In risposta all'osservazione n. 61, dopo aver integrato la stima delle emissioni recependo le osservazioni presentate, è stata effettuata la valutazione modellistica dell'impatto delle attività di cantierizzazione sulla qualità dell'aria. L'anno 6 e l'anno 7 sono stati presi in considerazione perché, come descritto nel paragrafo 2.2 costituiscono scenari rappresentativi delle condizioni più gravose per quanto riguarda, rispettivamente, i flussi di materiali sulle infrastrutture locali e le attività di cantiere: gli impatti associati sono pertanto da intendersi come indicativi di uno scenario di massima e non delle condizioni medie che si verificheranno nel periodo di realizzazione dell'opera.

Dal punto di vista metodologico lo studio ha mantenuto le impostazioni già descritte nello studio di accompagnamento al Progetto di Variante già pubblicato. Per completezza, l'approccio metodologico viene nuovamente riportato nel paragrafo seguente.

4.1 Aspetti metodologici

4.1.1 Descrizione del sistema modellistico

Per le simulazioni annuali e il calcolo dei valori di concentrazione e deposizione al suolo è stata utilizzata la suite di programmi contenuta nel pacchetto ARIA IndustryTM costituita da:

- codice MINERVE/Swift 7.1 per la ricostruzione diagnostica dei campi di vento su terreno complesso;
- codice SurfPro 3.0 per la ricostruzione dei campi di turbolenza;
- modello di dispersione lagrangiano a particelle SPRAY 3.1.

L'insieme dei programmi citati consente, infatti, di tenere conto in maniera diretta sia dell'orografia che di eventuali disomogeneità del terreno (come ad esempio la presenza di interfaccia terra-mare), simulando condizioni meteo-dispersive che presentano variazioni nelle tre dimensioni e nel tempo.

Nei prossimi paragrafi è contenuta una descrizione più dettagliata di ognuno dei codici e delle loro principali funzionalità.

- **Modello MINERVE/Swift 7.1**

Il modello MINERVE 7.1 sviluppato da EDF e ARIA Technologies S.A. (Aria Technologies, 2001, Finardi et al. 1998) è un codice "mass-consistent" di tipo diagnostico in grado di ricostruire i campi tridimensionali di vento e temperatura.

Per la ricostruzione del campo di vento, il modello opera essenzialmente in due fasi:

- nella prima effettua l'interpolazione sul dominio di calcolo tridimensionale dei dati di vento forniti in input;
- nella seconda, detta di analisi oggettiva, applica il principio fluidodinamico di conservazione della massa ad ogni cella del dominio e produce un campo di vento definito aggiustato.

La fase di aggiustamento consiste nella soppressione della divergenza presente nel campo interpolato, attraverso la minimizzazione del seguente funzionale:

$$I(u, v, w, \lambda) = \int_V (u - u_0)^2 + (v - v_0)^2 + \alpha(w - w_0)^2 + \lambda \nabla \cdot \underline{u} \, dV$$

con: u_0, v_0, w_0 componenti cartesiane del campo interpolato

u, v, w componenti cartesiane del campo aggiustato

λ è il moltiplicatore di Lagrange

$\nabla \cdot \underline{u}$ è la divergenza del vettore vento $\underline{u} = (u, v, w)$

Il parametro α consente di pesare diversamente l'aggiustamento delle componenti orizzontali e verticali della velocità del vento: con $\alpha=1$ non c'è differenza nel grado di aggiustamento, mentre valori più piccoli/grandi di α fanno sì che l'aggiustamento sia operante principalmente sulla componente orizzontale/verticale del campo di vento. Inoltre, poiché da α dipende la parte di flusso che aggira l'ostacolo orografico in rapporto a quella che lo oltrepassa verticalmente, il suo valore è usato spesso per tenere conto della stabilità atmosferica sul flusso.

La componente verticale del campo di vento (w) normalmente non viene considerata durante la fase di interpolazione, in quanto non si dispone di una rete tridimensionale di misura per tale parametro, quindi si considera $w_0=0$ per ogni cella del dominio e, di conseguenza, w viene generata dal modello durante la fase di aggiustamento.

Per costruzione, i modelli di tipo “mass-consistent” hanno la caratteristica di produrre il migliore campo di vento a divergenza nulla che minimizza lo scostamento complessivo dall'iniziale interpolazione grezza delle misure. Per questo motivo, la prima fase di interpolazione delle misure di vento riveste grande importanza nel processo di ricostruzione del campo di vento finale. Inoltre il campo interpolato che si ottiene dipende spesso dalla configurazione spaziale delle postazioni di misura, oltre che dalle quote di misura dei profili verticali.

MINERVE consente di scegliere tra diversi metodi di interpolazione: propone l'interpolazione di Cressman pesata sull'inverso del quadrato della distanza, che può essere effettuata separatamente per i diversi strati verticali (Cressman 2D) o in maniera tridimensionale (Cressman 3D), e il metodo non isotropo di triangolazione delle misure al suolo associato ad un'interpolazione tridimensionale delle misure in quota (profili verticali). L'interpolazione dei dati di vento viene eseguita indipendentemente per ognuna delle componenti cartesiane del vettore vento.

Più esplicitamente, il metodo Cressman 2D consiste dapprima nell'interpolare linearmente sugli strati verticali del reticolo i profili di vento, quindi nel calcolare, per ogni strato, le componenti del vento nei punti di coordinate (x,y) della maglia, secondo le equazioni:

$$U_i(x, y, k) = \frac{\sum_{n=1}^{NMSUR} [U_i(x_n, y_n) P_n(x, y)]}{\sum_{n=1}^{NMSUR} P_n(x, y)} \quad i = 1,2$$

con: $U_1 = u_0$ e $U_2 = v_0$, componenti orizzontali del campo interpolato;

NMSUR, numero di stazioni dello strato:

- per il primo strato sopra il suolo ($k=2$), NMSUR è il numero delle misure al suolo utilizzate;
- per gli strati sovrastanti, NMSUR è pari al numero delle misure interpolate a partire dai profili considerati;

$P_n(x, y)$ il peso associato alla postazione di misura ed espresso dalla funzione:

$$P_n(x, y) = \frac{1}{r_n^2}$$

dove:

$$r_n = \frac{R_n}{P_h};$$

- $R_n = \sqrt{(x - x_n)^2 + (y - y_n)^2}$, distanza del punto maglia (x, y) dalla stazione di coordinate (x_n, y_n) ;
- P_h il parametro di portata orizzontale, calcolato automaticamente da MINERVE, in funzione della distanza tra le stazioni e del passo della maglia orizzontale.

Al termine di questa inizializzazione del campo tridimensionale, mediante una funzione esponenziale può essere eseguito un raccordo tra il campo alla superficie $U_i(x, y, 2)$, relativo al primo strato della maglia, e quello in quota $U_i(x, y, k)$, riguardante i restanti strati del reticolo. Tutto ciò in modo da attenuare le discontinuità che possono insorgere per il fatto che, per il livello superficiale vengono utilizzate solo le misure delle postazioni al suolo, mentre per i livelli sovrastanti vengono usate solo le misure dei profili di vento.

Nella interpolazione di tipo Cressman 3D, il peso $P_n(x, y, z)$ è funzione della distanza tridimensionale e le componenti orizzontali di ogni cella del grigliato, $U_i(x, y, k)$, sono calcolate tenendo conto non solo della distanza in senso orizzontale ma anche della quota a cui è stata effettuata la misura. In questo modo si ha una ricostruzione più continua dei profili di ogni cella.

• Modello SurfPro 3

Il codice SurfPro sviluppato da ARIANET S.r.l. (Silibello, 2006), è un preprocessore meteorologico in grado di ricostruire le principali variabili che descrivono la turbolenza atmosferica su terreno complesso, necessarie in input a modelli di dispersione. Il codice riceve in input i campi tridimensionali di vento e temperatura generati dal codice MINERVE/Swift 7.1, eventuali variabili meteorologiche disponibili sul territorio in esame (quali ad esempio la nuvolosità ora per ora disponibile dai campi MINNI) e la matrice di dati di uso del suolo, su un grigliato orizzontale corrispondente a quello dei dati di vento, in grado di descrivere la non omogeneità orizzontale del terreno nella risposta alla forzante radiativa solare e la conseguente disomogeneità nei campi di turbolenza che si vengono a determinare. Utilizzando diversi schemi di parametrizzazione della turbolenza consolidati in letteratura, il codice ricostruisce campi bidimensionali delle seguenti variabili:

- altezza di rugosità z_0 ;
- altezza dello strato limite notturno o dello strato limite convettivo diurno H_{mix} ;
- velocità di frizione u^* ;
- altezza di Monin-Obukhov L ;
- velocità convettiva di scala w^* .

- velocità di deposizione secca per specie chimiche gassose e particolato

La velocità di deposizione viene stimata da SurfPro attraverso un modello ‘resistivo’ mediante l’inverso della somma di diverse resistenze che per specie gassose viene espresso nella forma seguente:

$$V_d = \frac{I}{R_a + R_b + R_s}$$

dove:

- R_a rappresenta la resistenza aerodinamica,
- R_b la resistenza di strato limite
- R_s la resistenza superficiale.

Per una descrizione più completa di questi concetti si veda ad esempio Seinfeld and Pandis (1998).

La resistenza aerodinamica (R_a) dipende sia dalle caratteristiche della superficie che dalla turbolenza atmosferica e viene calcolata a partire dalla velocità di frizione u^* e dalla lunghezza di Monin-Obukhov stimate dal codice stesso.

La resistenza di strato limite (o quasi-laminare) (R_b) rappresenta il processo di diffusione molecolare attraverso lo strato laminare intorno ad una superficie solida e dipende dal numero di Schmidt (rapporto tra la viscosità cinematica dell’aria sulla diffusività molecolare dell’inquinante in aria (si veda Gray *et al.*, 1991). Il trasferimento attraverso lo strato quasi-laminare viene approssimato attraverso la formula:

$$R_b = \frac{2}{\kappa u_*} \left(\frac{Sc}{Pr} \right)^{2/3}$$

dove Sc and Pr sono rispettivamente I numeri di Schmidt e Prandtl della specie chimica gassosa.

La resistenza superficiale (R_s) è idealizzata attraverso un set di resistenze in parallelo associate a (1) stoma fogliare, (2) cuticola delle foglie, (3) resistenza dello strato di ‘canopy’ (e.g., corteccia, steli, etc.), and (4) tipo di superficie (suolo o acqua) (si veda Baldocchi, 1987 and Wesely, 1989).

La resistenza stomatale, che controlla la deposizione secca durante le ore diurne sulle superfici vegetate, si incrementa durante i periodi secchi. La deposizione su superfici d’acqua è basata invece sul lavoro di Slinn *et al.* (1978). In fase liquida viene espresso come:

$$R_s = \frac{H}{\alpha^* k_l}$$

Dove:

- H è il coefficiente dato dalla legge di Henry,
- α^* è l’innalzamento di solubilità effettivo dei diversi gas in acqua
- k_l è la velocità di trasferimento in fase liquida, che include gli effetti dovuti allo stress superficiale, espresso in termini di velocità di frizione u^* sull’acqua come:

$$k_l = 4.8 \times 10^{-4} u^*$$

Surfpro definisce tutti i coefficienti necessari in un file esterno.

La velocità di deposizione per il particolato dipende dalla granulometria e densità delle particelle.

Particelle più grandi hanno una maggiore velocità di sedimentazione (V_{sed}) che agisce in parallelo alle altre resistenze, mentre particelle molto fini si comportano in maniera simile ai gas, sebbene diffondano più lentamente. La velocità di deposizione per il particolato in SurfPro si esprime quindi come segue:

$$V_d = V_{sed} + \frac{I}{R_a + R_b + R_a R_b V_{sed}}$$

per particelle 'bulk' nel range da 0.1 to 1 μm (es. solfati) viene invece usata la seguente formula:

$$V_d = \frac{I}{R_{partic}}$$

dove $R_{particle}$ è la resistenza data dal suolo derivata dall'altezza del canopy (m), dalla velocità di frizione e dalla lunghezza di Monin-Obukhov stimate da SurfPro.

• Modello SPRAY 3.1

SPRAY 3.1 sviluppato da ARIANET S.r.l. e ARIA Technologies S.A. (Tinarelli et al., 1994, 1999, 2007) è un modello tridimensionale per la simulazione della dispersione di inquinanti in atmosfera in grado di tenere conto delle variazioni del flusso e della turbolenza atmosferica sia nello spazio (condizioni disomogenee) che nel tempo (condizioni non stazionarie). È in grado di ricostruire campi di concentrazione determinati da sorgenti puntiformi, lineari, areali o volumetriche. L'inquinante è simulato da "particelle virtuali" il cui movimento è definito sia dal vento medio locale che da velocità casuali che riproducono le caratteristiche statistiche della turbolenza atmosferica. In questo modo, differenti parti del pennacchio emesso possono "vedere" differenti condizioni atmosferiche, permettendo simulazioni più realistiche in condizioni difficili da riprodurre con modelli tradizionali (calma di vento, inversione di temperatura con la quota, impatto con orografia complessa, dispersione in siti con forti discontinuità spaziali tipo terra-mare o città-campagna).

Il moto di ogni particella viene ricostruito utilizzando le equazioni:

$$\begin{aligned} x(t + \Delta t) &= x(t) + u_x(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_x(t) = \overline{U_x}(t) + u'_x(t) \\ y(t + \Delta t) &= y(t) + u_y(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_y(t) = \overline{U_y}(t) + u'_y(t) \\ z(t + \Delta t) &= z(t) + u_z(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_z(t) = \overline{U_z}(t) + u'_z(t) \end{aligned}$$

dove x, y, z rappresentano le coordinate cartesiane di ogni singola particella nel dominio tridimensionale e u_x, u_y, u_z le componenti delle velocità, suddivise in parte media e fluttuazione turbolenta. La parte media, responsabile del trasporto degli inquinanti, è ottenuta dal modello MINERVE 6.0 nel sistema di riferimento *terrain-following* x,y,s, in cui la coordinata verticale s è definita come:

$$s = \frac{z - z_g}{z_{top} - z_g}$$

dove z è la coordinata geometrica verticale, z_{top} l'altezza del dominio di calcolo e $z_g(x,y)$ l'altezza dell'orografia.

Le particelle interpolano linearmente il valore del vento nel punto x,y,z in cui si trovano utilizzando i valori di tali matrici. SPRAY 3.1 consente di simulare condizioni non stazionarie interpolando linearmente nel tempo il valore tra quelli di due matrici successive.

Le fluttuazioni turbolente u'_x , u'_y e u'_z , responsabili della diffusione sono determinate risolvendo le equazioni differenziali stocastiche di Langevin:

$$u'_i(t + \Delta t) = a_i(\vec{x}, \vec{u}(t), t) + b_i(\vec{x}, \vec{u}(t), t)\Delta\xi \quad ; \quad i = x, y, z$$

dove a e b sono funzioni della posizione e della velocità di ogni particella e dipendono dalle caratteristiche della turbolenza e dallo schema risolutivo utilizzato. SPRAY 3.1 implementa gli schemi indicati da Thomson (1984, 1987).

Spray 3.1 è in grado di simulare i fenomeni di deposizione secca ed umida. La deposizione secca viene simulata mediante un metodo di rimozione probabilistico orientato alla particella, derivato dalla soluzione dell'equazione di Fokker-Planck (Boughton et al., 1987) che impone una condizione al contorno al suolo tale da garantire, in ogni intervallo di tempo Δt , che il flusso di deposizione sia proporzionale alla concentrazione al suolo, secondo un coefficiente rappresentato dalla velocità di deposizione. La massa rimossa dalla particella viene accumulata nella cella sottostante consentendo il calcolo dei flussi di deposizione per ogni specie considerata.

La deposizione umida viene calcolata in presenza di precipitazione ipotizzando che, in ogni intervallo di tempo Δt , vi sia un decadimento o rimozione della massa di una specie associata alla particella secondo la legge esponenziale

$$m(t + \Delta t) = m(t)e^{-S\Delta t}$$

dove S è definito come coefficiente di *washout*, proporzionale alla precipitazione

$$S = S_1 R$$

R rappresenta il rateo di precipitazione in mm/ora e S_1 è il coefficiente standardizzato di *washout*, dipendente dalla specie o dalla granulometria di particolato e riferito alla precipitazione standard di 1 mm/ora.

Per pilotare una simulazione di dispersione che tenga anche conto dei fenomeni di deposizione secca e umida, il modello SPRAY 3.1 utilizza principalmente:

- campi tridimensionali di vento e temperatura, forniti dal codice MINERVE;
- campi bidimensionali di turbolenza z_0 , H_{mix} , u^* , L , w^* forniti dal codice Surf Pro;
- campi bidimensionali di deposizione secca, disomogenei nello spazio e nel tempo e dipendenti dalla specie gassosa o dalla granulometria del particolato, forniti dal codice SurfPro;
- coefficienti di *washout* per la deposizione umida, dipendenti dalla specie gassosa o dalla granulometria del particolato;
- campi bidimensionali contenenti il rateo di precipitazione in mm/ora;
- dati di emissione, costituiti da una sequenza di informazioni sulla loro geometria e localizzazione spaziale, sulle quantità in massa emesse per ciascuna delle specie inquinanti prese in considerazione nella simulazione e sul numero di particelle da utilizzare.

Ad ogni particella viene attribuita una massa per ogni specie, dipendente dalle caratteristiche della sorgente nel momento in cui viene emessa, simulando in questo modo condizioni non stazionarie. Il modello tiene inoltre conto dell'eventuale risalita di pennacchi caldi emessi da ciminiere di impianti industriali.

Applicazioni del sistema modellistico

La suite di codici Swift/MINERVE-SurfPro-SPRAY vanta una lunga storia di applicazioni e validazioni realizzate in differenti siti e condizioni, che hanno portato il sistema nel tempo ad una sempre maggiore affidabilità. Questo fatto, insieme allo sviluppo di sistemi di calcolo sempre più potenti e veloci, ha consentito di allargare il campo di applicazioni che inizialmente, per questo tipo di modelli, erano legate a studi di breve periodo per sorgenti singole. Molto dello sviluppo iniziale si è realizzato grazie a fruttifere collaborazioni tra tecnici facenti capo alla struttura di ricerca ENEL ed istituzioni nazionali di ricerca scientifica come il CNR (Istituto di Cosmogeofisica di Torino e istituto FISBAT di Bologna poi confluiti nell'istituto ISAC), il Politecnico di Milano, l'Università di Alessandria, e di società private come ARIA Technologies di Parigi, responsabile in primis del codice MINERVE. Alcuni di questi istituti continuano ancora oggi l'attività di sviluppo di parti dei codici. Sono state inoltre aperte anche collaborazioni in ambito internazionale per lo sviluppo e l'utilizzo del codice (in Polonia, Spagna, Brasile, Francia). Il modello lagrangiano SPRAY, che costituisce l'elemento finale della catena, ha implementato al suo interno schemi di calcolo per le equazioni stocastiche sviluppati nella seconda metà degli anni ottanta (Thomson, 1984, 1987). Da allora non sono stati fatti sostanziali passi avanti in senso applicativo, pur proseguendo la ricerca su questi tipi di modelli.

Nell'anno 2000 la maggior parte dei tecnici ENEL, responsabili del progetto legato al modello SPRAY ed agli altri elementi della suite, sono fuorusciti per formare la società Arianet S.r.l. che attualmente manutiene e sviluppa i codici in stretta collaborazione con la società Aria Technologies di Parigi.

Il modello SPRAY si trova, inoltre, inserito nel database Europeo MDS (Modelling Documentation System, http://air-climate.eionet.eu.int/databases/MDS/index_html) che raccoglie le informazioni sui principali modelli meteo-dispersivi disponibili in Europa.

Le prime validazioni sul modello lagrangiano a particelle sono state eseguite su terreno piatto, allo scopo di verificarne le performance attraverso il confronto con i dati di campagne sperimentali con traccianti (Brusasca et al., 1989 e 1992). In particolare sono state eseguite validazioni su dataset internazionali, sia per situazioni convettive e neutre che in casi di calma di vento e forte stabilità, che hanno consentito lo sviluppo di algoritmi ad hoc per il trattamento di queste condizioni dove altri modelli più semplici mostrano debolezze.

Le prime applicazioni del codice SPRAY in terreno complesso sono state effettuate in condizioni controllate contro i dati di galleria a vento dell'esperimento EPA (Tinarelli et al., 1994). Questo tipo di elaborazioni ha consentito una prima messa a punto del codice su terreno complesso, che ha fornito risultati notevoli riproducendo l'esperimento in maniera estremamente soddisfacente. A partire da questa validazione il codice, accoppiato ai modelli MINERVE e SurfPro, è stato utilizzato in numerosi studi. Alcuni di questi erano volti a dimostrare la maggiore qualità fornita da un modello a particelle rispetto ad approcci alternativi più semplici, come modelli gaussiani o modelli a traiettorie, in presenza di un limitato numero di sorgenti. Tra questi si possono citare i lavori di verifica dell'impatto della Centrale Termoelettrica di Sostanj, in Slovenia (Boznar et al., 1994) e la ricostruzione della dispersione di inquinanti in valli alpine (Anfossi et al 1998, Desiato et al., 1998). Successivamente sono stati prodotti studi su scala temporale climatologica annuale (Finardi et al., 1998, Brusasca et al. 2001), mettendo in evidenza i problemi generati dal modello gaussiano nelle situazioni di impatto con l'orografia e la più corretta descrizione da parte del modello a particelle.

La suite modellistica è stata inoltre implementata in sistemi di controllo automatico dell'inquinamento in aree industriali quali ad esempio quelle di Marghera (VE), Brindisi, Taranto (progetto SIMAGE, Nordvik e Brusasca, 2004) e Priolo (SR) (Brusasca et al, 2004), la

Centrale nucleare di Krsko in Slovenia (Breznik et al, 2002) e la discarica di rifiuti tossici nocivi di Barricalla (Pacitti et al. 1997).

L'area di applicazione della suite modellistica si è inoltre allargata a situazioni complesse a scala provinciale o regionale, nelle quali è prevista l'integrazione con reti di monitoraggio ed inventari di emissioni. In questi casi il sistema modellistico è stato utilizzato sia per la ricostruzione di situazioni reali che per la realizzazione di scenari. Il quantitativo di emissioni considerate in queste applicazioni risulta notevolmente differente rispetto ai casi descritti in precedenza, aumentando in misura considerevole e raggiungendo in alcuni casi il numero di alcune migliaia. Tra le diverse applicazioni di questo tipo si possono citare quelle relative ad ARPA Valle d'Aosta (Pession et al., 2005) e Piemonte (Calori et al, 2003), Provincia di Torino (Cuffini et al., 2000) e comune di Taranto (Gariazzo et al., 2005).

La suite modellistica in oggetto è stata utilizzata, inoltre, per la realizzazione di scenari che consentono una valutazione d'impatto di opere in progetto o già in funzione. Tra questi lavori si possono citare lo studio d'impatto del progettato tunnel e del Passante di Mestre, la valutazione modellistica della dispersione e della ricaduta al suolo degli inquinanti emessi dal traffico veicolare lungo la Val di Susa (Nanni et al. 1996), l'autostrada A22 per il progettato tunnel di base del Brennero e la verifica dell'impatto del transito di un diverso numero di tir a seguito della riapertura del tunnel del Monte Bianco (Pession et al., 2005).

Riassumendo, la suite modellistica Minerve-SurfPro-Spray mostra una notevole versatilità ed affidabilità, ponendosi come uno strumento adattabile a diverse situazioni complesse dove i modelli gaussiani più semplici mostrano carenze strutturali, riuscendo a fornire in questi casi migliori stime attraverso una rappresentazione dei fenomeni più naturale ed intuitiva.

4.1.2 Configurazione del sistema modellistico

Come descritto nel paragrafo precedente, il sistema modellistico utilizzato è basato sui modelli Swift/Minerve, SurfPro e Spray. I primi due codici hanno permesso la ricostruzione dei campi meteorologici sul dominio target alla risoluzione richiesta di 500 m, mentre con il terzo è stata simulata la dispersione atmosferica e sono state calcolate le concentrazioni al suolo delle sostanze emesse dalle varie sorgenti considerate in celle di 250 m di risoluzione orizzontale.

Nel capitolo precedente sono già stati presentati i domini a scala locale sui quali sono state effettuate le simulazioni. Sia le informazioni territoriali (orografia, uso del suolo) che i campi meteorologici impiegati nello studio di dispersione hanno una risoluzione orizzontale di 500 m, sono cioè definiti sui nodi di un grigliato orizzontale di punti regolare avente passo spaziale di 500 m. Questo livello di risoluzione costituisce un ragionevole compromesso tra la necessità di descrivere situazioni di flusso in condizioni orografiche complesse (in particolare per la presenza di valli relativamente strette) e la necessità di contenere i tempi di calcolo per la realizzazione delle simulazioni.

Per la generazione dell'input meteorologico necessario al modello di dispersione si è fatto riferimento al database meteorologico tridimensionale ad 1 km di risoluzione orizzontale reso disponibile da Arpa Piemonte, relativo all'anno 2010. A partire da questo, mediante il codice Swift/Minerve, sono stati ricostruiti 8761 campi meteorologici tridimensionali orari nel periodo 1/1/2010 00:00 - 31/12/2010 24:00, alla risoluzione di 500 m. Il codice Swift/Minerve ricostruisce il campo di vento alla risoluzione richiesta applicando l'equazione di continuità, che tiene conto delle costrizioni al flusso generate dalla presenza di una topografia a più elevata risoluzione. Il risultato è un flusso più fedele alla realtà nelle simulazioni a scala locale, in grado di tenere conto di effetti di incanalamento nelle situazioni con conformazioni orografiche più complesse, come le valli più profonde. Il campo di vento risultante contiene anche effetti dovuti

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

alla quota o all'esposizione (venti sulle cime più elevati e valori più bassi o calme di vento nelle zone a fondovalle).

Per la generazione del campo tridimensionale di vento e temperatura è stato utilizzato un grigliato verticale di 15 punti sulle seguenti quote in metri (che rappresentano i livelli terra in following in metri):

- 0, 10, 32, 62, 105, 180, 305, 500, 800, 1100, 1450, 1800, 2600, 3600, 5000

I campi così definiti sono stati quindi passati al codice Swift/SurfPro per il calcolo dei campi bidimensionali orari delle seguenti variabili di scala della turbolenza:

- velocità di frizione u^*
- lunghezza di Monin Obukhov L
- altezza dello strato limite H_{mix}
- velocità convettiva di scala w^*

tenendo conto delle caratteristiche del terreno dati da una matrice di uso del suolo, alla risoluzione target di 500 metri. Le matrici di uso del suolo sono dedotte dal dataset europeo Corine a 44 classi (EEA Data Service) secondo una rappresentazione a 21 classi ricavata per accorpamento di alcune categorie.

Per la stima dei parametri di scala della turbolenza sono stati anche utilizzati i dati di radiazione dedotti dal database meteorologico in input, per correggere la radiazione solare teorica.

Il codice SPRAY che riceve in input i campi di vento, temperatura e turbolenza provenienti da SurfPro, riproduce la dispersione delle emissioni da sorgenti areali, che rappresentano i cantieri e le aree di scavo, da sorgenti lineari, cioè i percorsi stradali utilizzati per la movimentazione dei materiali, delle terre di scavo e per lo spostamento delle maestranze, e da sorgenti puntuali, che corrispondono agli impianti di valorizzazione e prefabbricazione dei conci presenti del cantiere industriale di Salbentrand.

Per ognuna delle sorgenti sono stati calcolati i flussi di massa per ciascuna delle specie considerate (NO_x , PM_{10} , $PM_{2.5}$), tenendo conto delle modulazioni temporali (turni di lavoro e chiusure) previsti nel cronoprogramma di avanzamento.

L'emissione è simulata mediante la generazione di particelle virtuali, che trasportano una porzione di massa per ognuna delle specie emesse prese in considerazione.

La suite di codici Swift/Minerve-SurfPro-SPRAY è stata utilizzata in una configurazione tale da ottenere simulazioni su scala climatologica annuale. I modelli sono cioè stati richiamati in cascata con frequenza oraria. All'interno di ogni periodo di un'ora, le particelle vengono campionate ogni 30s per alimentare il campo di concentrazione per le tre specie considerate. Al termine di ogni ora, viene effettuata un'operazione di media ed il risultato viene salvato in un file di output. Con approccio conservativo, non sono stati considerati i fenomeni di deposizione secca ed umida.

Le concentrazioni al suolo sono state calcolate su un grigliato di celle avente dimensioni orizzontali di 250 m e verticale di 20 m. Lo stato finale di ogni ora (posizione, velocità e masse associate ad ogni particella) viene utilizzato per inizializzare il run dell'ora successiva. In questo modo, la simulazione è continua durante tutto il periodo annuale e descrive l'evoluzione spaziotemporale degli inquinanti emessi.

In output, è stata dunque ottenuta la sequenza temporale di 8761 campi di concentrazione orari per ogni specie inquinante: a partire da questi dati orari sono infine stati calcolati gli indicatori statistici da confrontare con i limiti normativi.

4.1.3 Spazializzazione e modulazione temporale delle emissioni

Con il codice SPRAY, che riceve in input i campi orari di vento, temperatura e turbolenza provenienti da SurfPro, è stata simulata la dispersione delle emissioni stimate per gli anni (anno 6 e anno 7) considerati più significativi per la verifica del rispetto dei valori limite della qualità dell'aria. Queste emissioni hanno dovuto essere distribuite nello spazio e modulate nel tempo in modo da conformarsi alle risoluzioni spaziale e temporale del modello di dispersione.

La Figura 7 mostra un quadro di insieme delle aree dove si svolgeranno le attività previste dalla variante in esame.

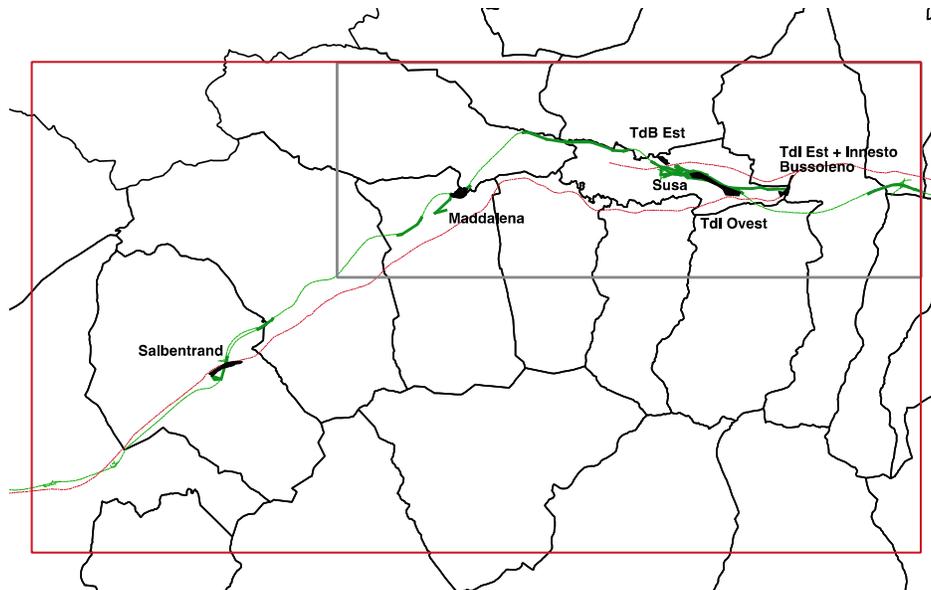


Figura 7 – Localizzazione delle sorgenti considerate nel dominio di calcolo: aree di cantiere (in nero) e tracciati a cielo aperto associati al trasporto su gomma (in verde spesso). Sono anche indicati il tracciato completo dell'autostrada (in verde sottile), inclusi i tratti in galleria, e della linea ferroviaria esistente (in rosso sottile), l'estensione del dominio usato nello studio del progetto definitivo approvato (in grigio)

Le emissioni stimate per le attività di cantiere, incluse le emissioni agli imbocchi e quelle dei mezzi di bagnatura operanti nelle aree di lavoro, sono state associate alle aree di cantierizzazione secondo i layout previsti nella variante al progetto definitivo.

Dal punto di vista spaziale, a partire dai poligoni che definiscono le varie aree di cantiere, le sorgenti areali hanno dovuto essere ricondotte ad elementi di forma più semplice (quadrati di lato 100 m). Le emissioni sono quindi state attribuite ai vari elementi in maniera proporzionale all'area intersecata del poligono originale che rappresenta il cantiere.

Le emissioni associate ai fronti di scavo (Tunnel di Base e Tunnel di Interconnessione) sono state attribuite ad una specifica sorgente areale in corrispondenza di ciascun imbocco (in Figura 8 è rappresentato il caso dell'imbocco Ovest del Tunnel di Interconnessione), che si trova all'interno della sorgente areale rappresentativa delle attività di cantiere che si svolgono all'esterno.

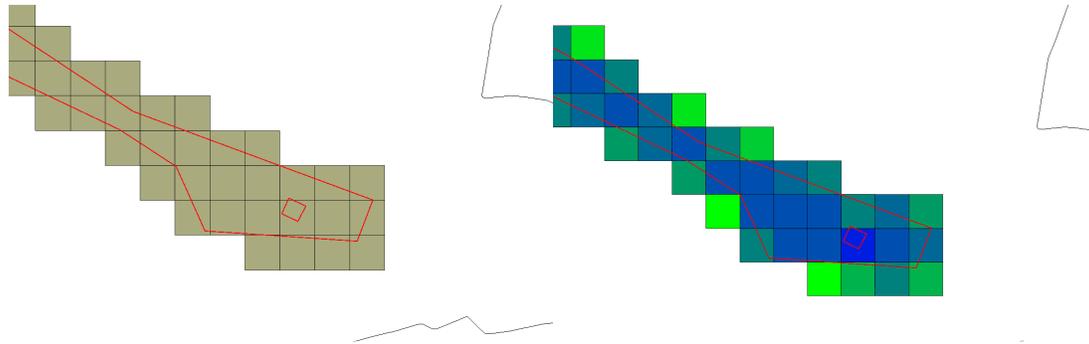


Figura 8 – Definizione degli elementi areali di emissione nel caso del cantiere all’Imbocco Ovest del Tunnel di Interconnessione. A destra, la distribuzione dell’emissione totale avviene tenendo conto della frazione di area occupata dal cantiere (minimo verde, massimo blu)

Le emissioni stimate per il trasporto di materiali e maestranze su gomma sono state associate alle sorgenti lineari nei tratti percorsi a cielo aperto, rappresentati in verde (spesso) nella Figura 7. Con approccio cautelativo, le emissioni corrispondenti ai tratti in galleria presenti sull’autostrada A32 (riportate nel tracciato completo tratteggiato in verde nella figura) sono state ripartite equamente tra i due imbocchi, senza considerare la deposizione degli inquinanti che si verifica nei tratti coperti.

Le emissioni convogliate degli impianti di valorizzazione e prefabbricazione dei conci sono state trattate come sorgenti puntuali distinte, localizzate all’interno dell’area industriale di Salbertrand, con le caratteristiche fisiche riportate nel paragrafo 3.3.7.

Dal punto di vista temporale, si è assunta l’ipotesi che le attività in corrispondenza delle aree all’aperto dei cantieri si svolgano 16 ore su 24 (dalle 6 alle 22), 7 giorni della settimana su 7, 12 mesi su 12. Le attività di scavo (con emissioni associate agli imbocchi) avvengono sulle 24 ore, 7 su 7, 12 su 12.

Gli impianti di valorizzazione e prefabbricazione dei conci sono attivi su due turni nell’arco della giornata, dalle ore 6 alle 22, solo nei giorni feriali (5 su 7), per 12 mesi. Negli stessi orari, circolano i mezzi pesanti per il trasporto dei materiali.

Queste assunzioni comportano una sovrastima cautelativa delle ricadute, dal momento che la pianificazione delle attività prevede che un giorno ogni sette sia dedicato ad attività di manutenzione nei cantieri con lavorazioni in sotterraneo, mentre nei cantieri all’aperto due giorni su sette è prevista attività ridotta alla sola manutenzione con movimentazione interna di mezzi.

4.1.4 Presentazione dei risultati

Il codice SPRAY consente di etichettare le particelle emesse dalle varie sorgenti considerate e di calcolare i campi di concentrazione al suolo prodotti dalle singole sorgenti che insistono nel dominio di calcolo. Nel caso in esame, essendo state trascurate le trasformazioni chimiche che possono interessare gli inquinanti emessi, questa opzione ha permesso di descrivere in maniera più realistica lo sfasamento temporale delle attività di cantierizzazione.

Poiché i lavori interesseranno un’area di notevole estensione, si è ritenuto importante fornire nelle mappe sia l’informazione sull’impatto *complessivo* dei diversi siti, rappresentata dalle isoaree di concentrazione, che quella relativa all’impatto *locale*, rappresentata dai valori massimi relativi in corrispondenza di ogni area interessata dalla cantierizzazione.

A questo fine, per ogni sito, sono state definite delle aree di impatto locale, rappresentate nella figura seguente:

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

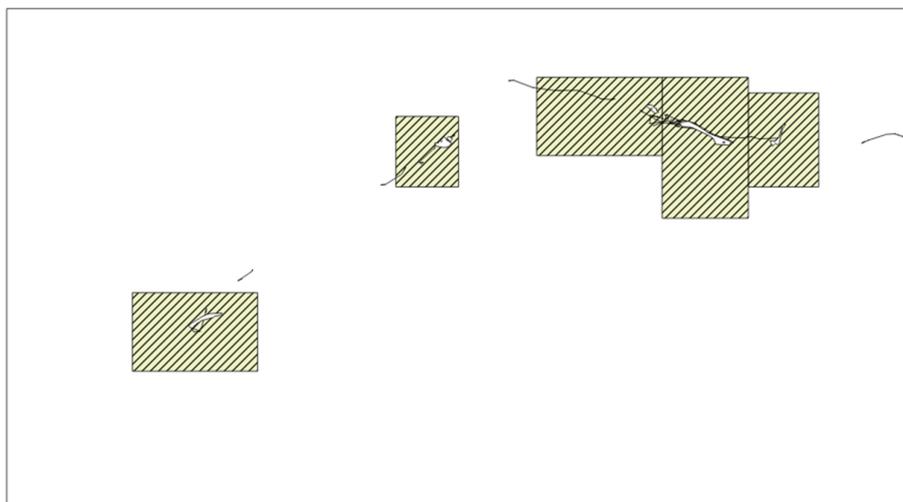


Figura 9 – Estensione dei domini utilizzati per il calcolo dei punti di massima ricaduta “locali”, riportati nelle mappe di impatto

In ciascun dominio, sono quindi stati determinati i punti di massima ricaduta, all'esterno del perimetro del cantiere, in sintonia con quanto previsto all'art. 2 dell'Allegato III del D.Lgs. 155/2010. È opportuno sottolineare però che, per effetto della spazializzazione delle emissioni areali su un reticolo di 100 m di lato e della risoluzione spaziale delle simulazioni condotte, è difficile classificare rigorosamente i punti griglia *esterni* alle aree di cantiere, come appare ben evidente nell'immagine seguente in cui alcune celle considerate esterne sono occupate quasi per la metà da sorgenti emittenti.

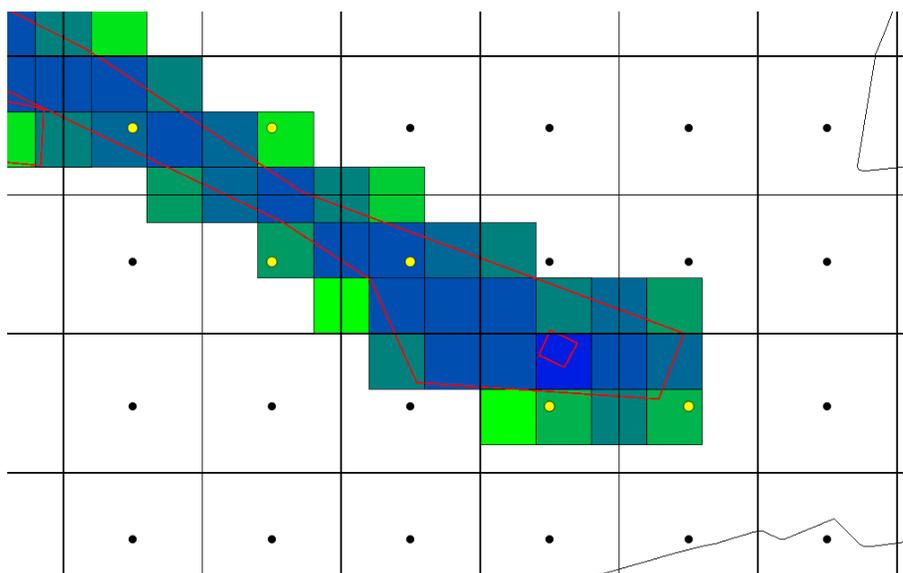


Figura 10 – Metodologia per la definizione dei valori di concentrazione esterni alle aree di cantiere: i punti rappresentano i centri della cella di calcolo delle concentrazioni (di passo 250 m). Sono stati considerati interni ai cantieri tutti i centri che intersecano le sorgenti areali (di colore giallo nella figura)

In generale, se consideriamo la concentrazione media annuale degli inquinanti, le massime ricadute interessano proprio zone contigue alle aree di cantierizzazione. Può però accadere che

in alcune ore dell'anno si verificano sporadici impatti con la topografia più complessa o situazioni di accumulo, con massimi orari abbastanza elevati anche lontano dalle sorgenti di emissione considerate.

4.1.5 Caratterizzazione dei valori di fondo della qualità dell'aria

Per verificare il rispetto dei valori limite previsti dalla normativa vigente, le mappe dell'impatto stimato negli anni 6 (rappresentativo di uno scenario con i flussi più elevati di mezzi pesanti e tutte le aree di cantiere attive, ad eccezione del cantiere Imbocco Est del TdB, vicino a Susa) e 7 (rappresentativo delle lavorazioni che interesseranno anche il cantiere dell'imbocco est del TdB nella variante in esame) devono essere accompagnate dalle corrispondenti mappe di impatto cumulato: pertanto le ricadute dei cantieri della linea NLTL sono state sommate ai valori di fondo derivati dalla valutazione modellistica della qualità dell'aria (VAQ), effettuata per conto della Regione Piemonte, e forniti dall'Area Previsione e Monitoraggio dell'Arpa a TELT per l'anno 2010, scelti concordemente alla meteorologia considerata.

Il sistema modellistico predisposto per la VAQ è basato su un modello di chimica e trasporto euleriano, in grado di produrre con frequenza oraria i campi di concentrazione di inquinanti, primari e secondari, in un dominio con risoluzione orizzontale di 4 km.

Oltre a coprire con omogeneità il territorio, i campi di concentrazione ottenuti per via modellistica si prestano bene a descrivere lo stato di fondo della qualità dell'aria perché contengono le informazioni 'medie' rappresentative della cella di simulazione, a differenza della misura di una centralina di monitoraggio, necessariamente influenzata dalla presenza di eventuali fonti di emissione locale e/o temporanea. I dati forniti da Arpa Piemonte contengono comunque una "correzione" della pura stima modellistica, infatti i dati sperimentali restituiti dalla rete di monitoraggio nell'anno 2010 sono stati "assimilati", garantendo una maggiore aderenza della ricostruzione dello stato della qualità dell'aria alla realtà.

Nell'area considerata in questo studio sono presenti due centraline di monitoraggio della qualità dell'aria: una a Susa (classificata come sito di fondo suburbano) e una a Oulx (classificata come sito di traffico suburbano).

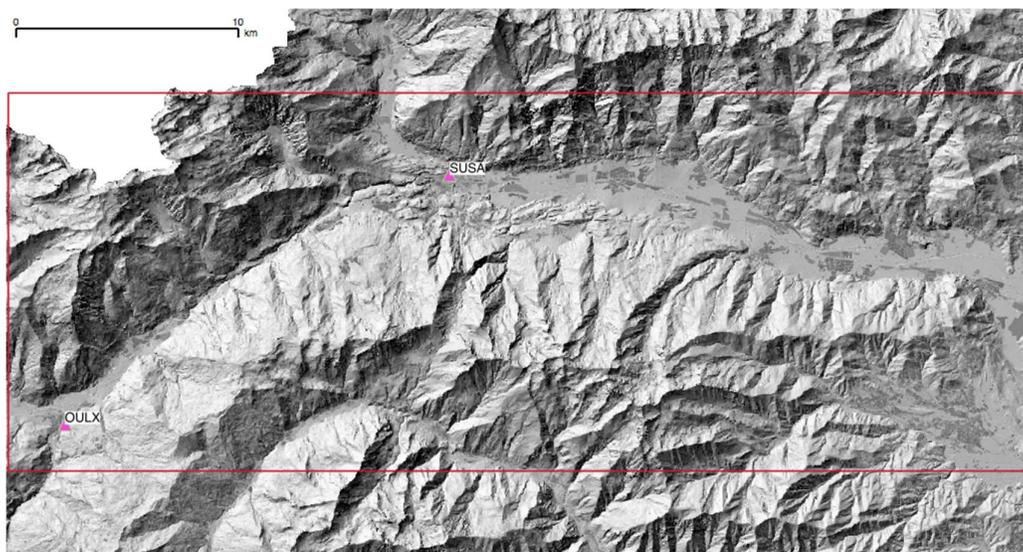


Figura 11 – Localizzazione delle centraline fisse della rete di monitoraggio della qualità dell'aria gestita da Arpa Piemonte nell'area della Val di Susa (Sfondo cartografico: Regione Piemonte)

Nelle figure seguenti sono riportate le serie storiche delle concentrazioni di biossido di azoto e PM₁₀ misurate da Arpa Piemonte nel periodo 2006-2016, mentre non ci sono misure per il PM_{2.5}:

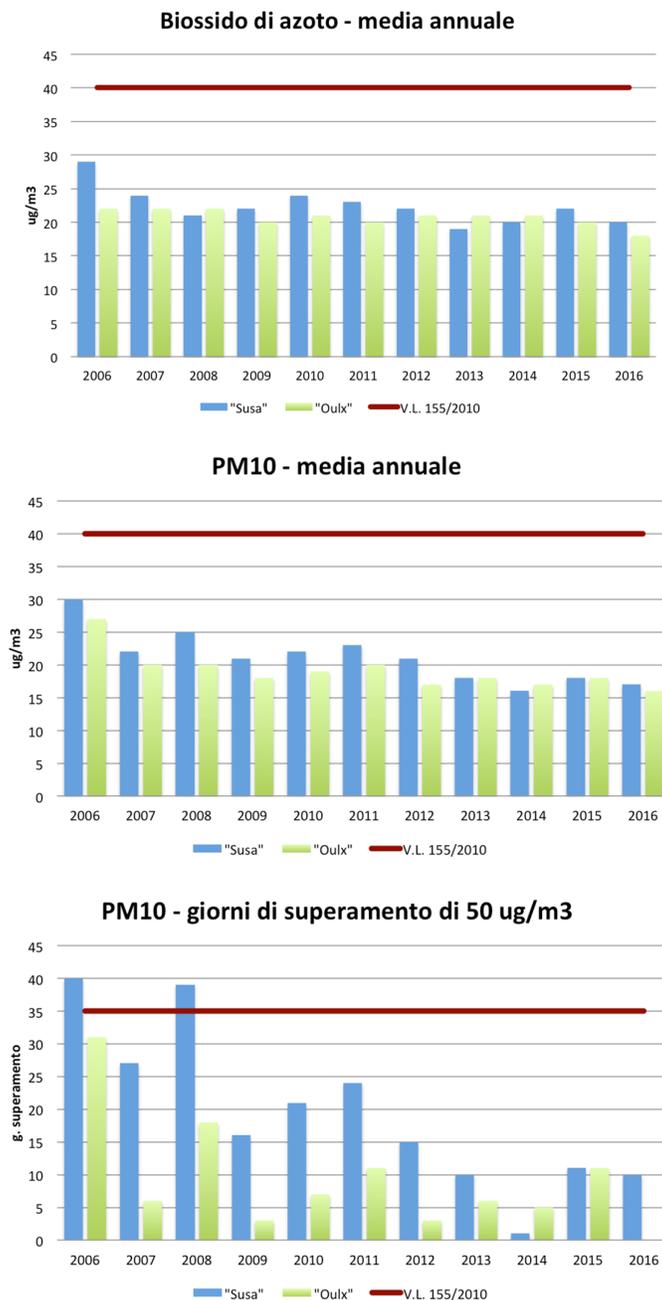


Figura 12 – In alto: serie storiche delle concentrazioni medie annuali di biossido di azoto nei siti di Susa e Oulx; al centro: serie storiche delle concentrazioni medie annuali di PM₁₀; in basso: numero di superamenti del livello di 50 µg/m³ giornalieri. In rosso sono indicati i valori limite fissati dal D. Lgs. 155/2010. (Fonte dati: Arpa Piemonte)

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Nei due siti non si riscontrano particolari criticità con riferimento ai valori limite vigenti. Per il biossido di azoto i valori medi annuali sono dell'ordine del 50% del limite, mentre non ci sono superamenti del limite orario (figura non riportata). La serie temporale del biossido di azoto non mostra un chiaro andamento nel corso del decennio, a differenza di quella del PM_{10} , dove è ben riconoscibile un miglioramento, in particolare per quanto riguarda il numero di superamenti della soglia giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ che, a partire dal 2008, è sempre stato inferiore al valore limite di 35 (con valore mediano di 16 superamenti per Susa e 6 per Oulx). La Figura 12 mostra anche che la scelta del 2010 per la caratterizzazione del fondo è piuttosto conservativa, dal momento che in quell'anno sono state misurate le concentrazioni più alte rispetto agli anni più recenti, ad eccezione del 2011 (e per il solo PM_{10}).

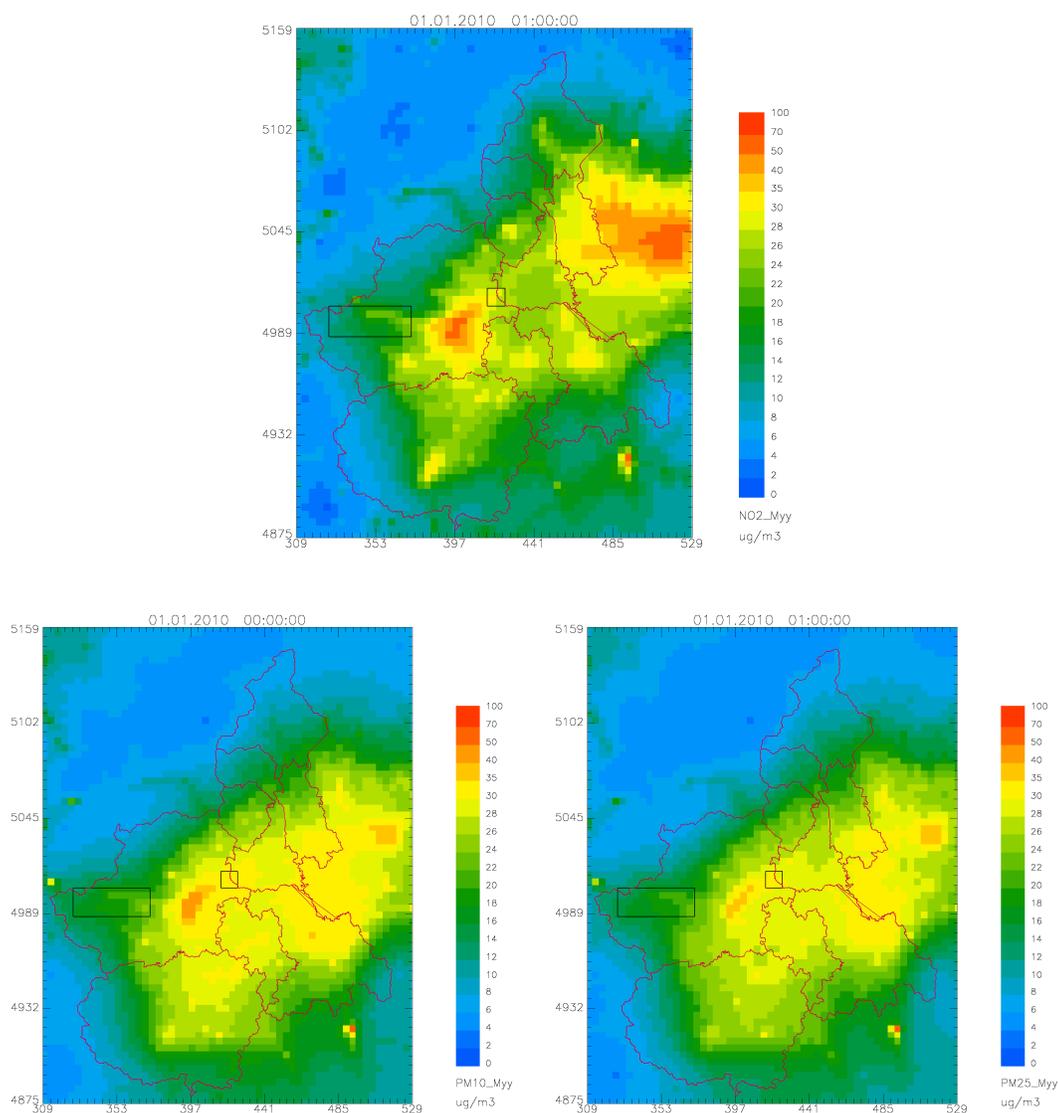


Figura 13 – Concentrazioni medie annuali di biossido di azoto (in alto), di PM_{10} (in basso a sinistra) e $PM_{2.5}$ (in basso a destra) nell'anno 2010 (Fonte Arpa Piemonte). Le aree interessate dalle opere di cantierizzazione e deposito della NTL sono racchiuse nel rettangolo indicato in nero. In rosso i confini delle province piemontesi

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

Le mappe di concentrazione medie annuali per il 2010 (riportate in Figura 13) forniscono una visione di insieme dell'area vasta: il biossido di azoto (in alto) mostra maggiori disomogeneità e ha valori più alti in corrispondenza delle aree densamente urbanizzate e delle infrastrutture stradali, con un evidente superamento del valore limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nelle aree metropolitane di Torino e Milano. Le polveri hanno una distribuzione più omogenea, con un superamento meno marcato del valore limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM_{10} a sinistra e $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il $\text{PM}_{2.5}$ a destra) sempre in corrispondenza dei capoluoghi. Nella Val di Susa non si evidenziano particolari criticità, sebbene ci sia un gradiente positivo in direzione della pianura anche a causa della vicinanza dell'area metropolitana torinese. Il rapporto $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ dei campi modellati nelle aree oggetto di questo studio è superiore a 0,9, indicando una dominanza della componente secondaria del particolato.

Infine, i valori modellistici utilizzati per la caratterizzazione del fondo ambientale, sono stati confrontati con i valori raccolti nel piano di monitoraggio ambientale del cunicolo esplorativo della Maddalena, con estensione temporale almeno annuale. Solo il parametro PM_{10} è misurato in continuo, mentre per gli altri inquinanti sono previste campagne di misura trimestrali. Nella figura seguente sono indicati i punti di misura del PM_{10} :

Punti monitoraggio atmosfera

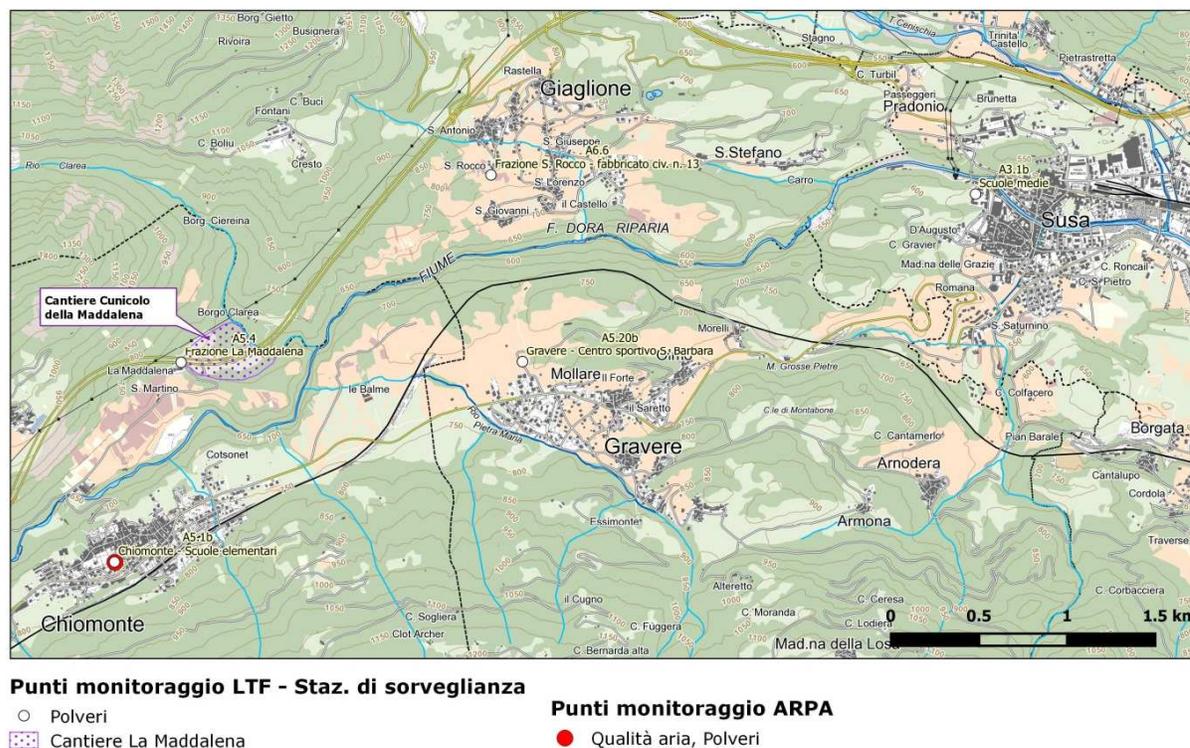


Figura 14 – In bianco sono indicati i punti in cui sono collocati i misuratori, funzionanti in continuo, delle concentrazioni di PM_{10} , concordati per il monitoraggio del cantiere del cunicolo esplorativo della Maddalena (Fonte immagine Arpa Piemonte: www.arpa.piemonte.gov.it/approfondimenti/grandi-opere/torino-lione/ntl/dati-arpa-1/atmosfera-1/atmosfera).

Le misure relative all'ante operam sono riferite a periodi compresi tra quaranta e sessanta giorni e non sono quindi confrontabili con gli indicatori previsti dal D. Lgs. 155/2010. In corso

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

d'opera, invece, le serie temporali di acquisizione dei dati sono disponibili con frequenza giornaliera a partire da metà del 2013: sono stati pertanto confrontati con il fondo modellistico i dati relativi al 2014, al 2015 e 2016. Nella tabella seguente sono riportati i valori misurati nei punti di monitoraggio e i corrispondenti valori del fondo modellistico Arpa 2010 che sono stati usati per stimare l'impatto cumulato in questo studio:

		A3.1b Susa - Savoia	A5.1b Chiomonte - Augusto	A5.4 Maddalena - Cantiere	A5.20b Gravere - S. Barbara	A6.6 Giaglione
2014	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	22	22	25	20	22
	n. superam.	12	6	14	4	11
2015	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20	20	25	19	20
	n. superam.	10	9	15	9	14
2016	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20	20	23	19	20
	n. superam.	11	7	6	6	10
Fondo 2010		20	18	18	20	20
n. superam.		14	12	12	14	14

Tabella 43 - Concentrazioni di PM_{10} nei punti di monitoraggio del cantiere del cunicolo esplorativo della Maddalena e confronto con i valori di fondo modellistico utilizzati in questo studio

Tra i punti di monitoraggio è stato considerato anche il sito A5.4, in prossimità del confine del cantiere, per il quale non si applicano i limiti previsti per la tutela della salute (D. Lgs. 155/10), non essendo un sito rappresentativo dell'esposizione della popolazione.

I punti di monitoraggio si distribuiscono in due celle dei campi modellistici di Arpa (VAQ 2010), che hanno una risoluzione in orizzontale di 4 km. I valori riportati mostrano che, pur trattando in maniera omogenea tutto ciò che ricade all'interno della stessa cella di lato 4 km, il modello di Arpa ricostruisce con buona verosimiglianza lo stato di fondo ambientale, con una leggera tendenza a sovrastimare il numero di superamenti della soglia giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per la valutazione dell'impatto cumulato che viene presentata nei paragrafi seguenti, è stato necessario riportare i campi VAQ 2010 dalla risoluzione originaria di 4 km alla risoluzione target di 250 m, in modo tale da avere per ogni punto della griglia di calcolo impiegata per lo studio di impatto un corrispondente valore di fondo.

Nell'operare questo aumento di scala ad ogni punto della nuova maglia più fitta è stato associato il valore più prossimo della griglia originale. A titolo esemplificativo sono riportati nelle figure seguenti i campi relativi al fondo, che mantengono evidentemente la memoria della griglia a 4 km.

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

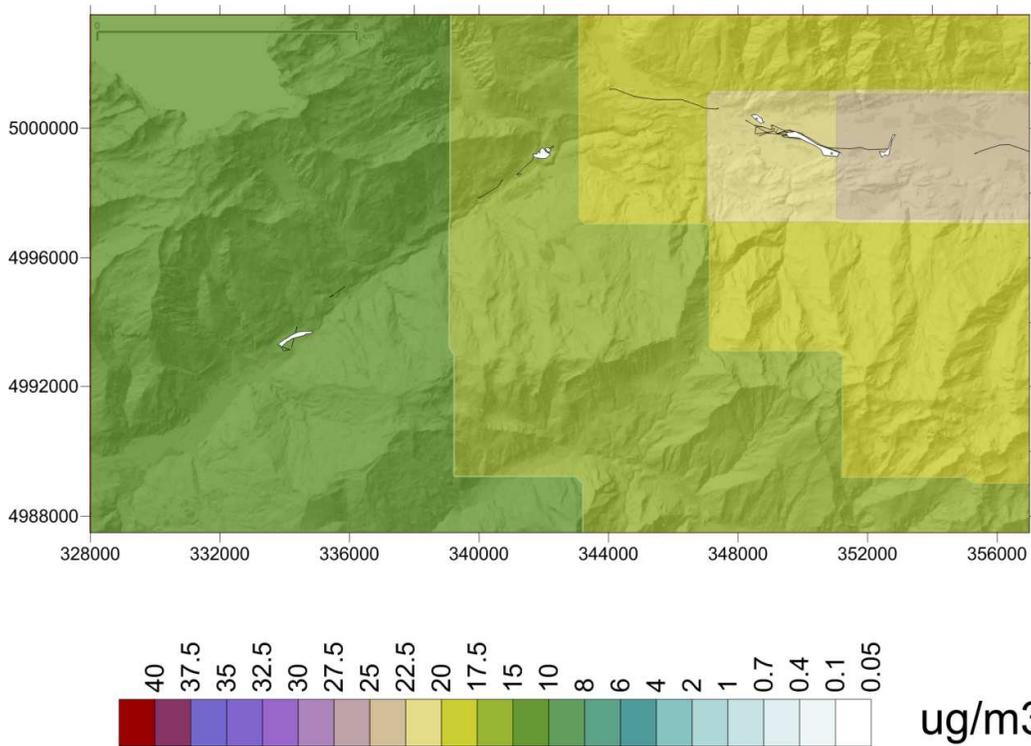
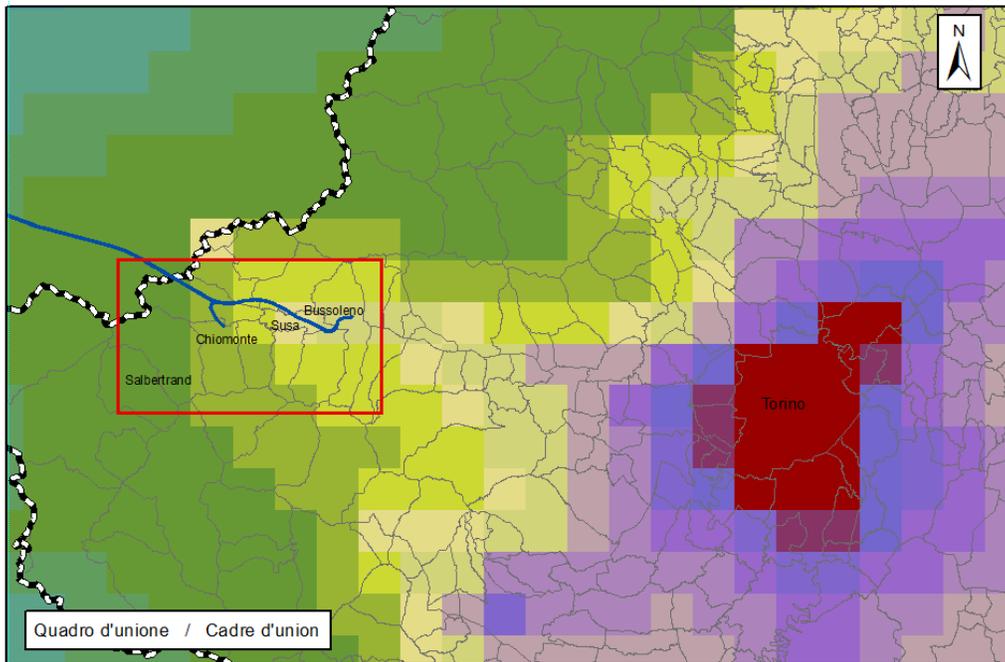


Figura 15 – Concentrazione media annuale di biossido di azoto nell'anno 2010: valori di fondo ambientale forniti da Arpa Piemonte e dettaglio nel dominio della Val di Susa (in basso). Il valore limite è pari a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

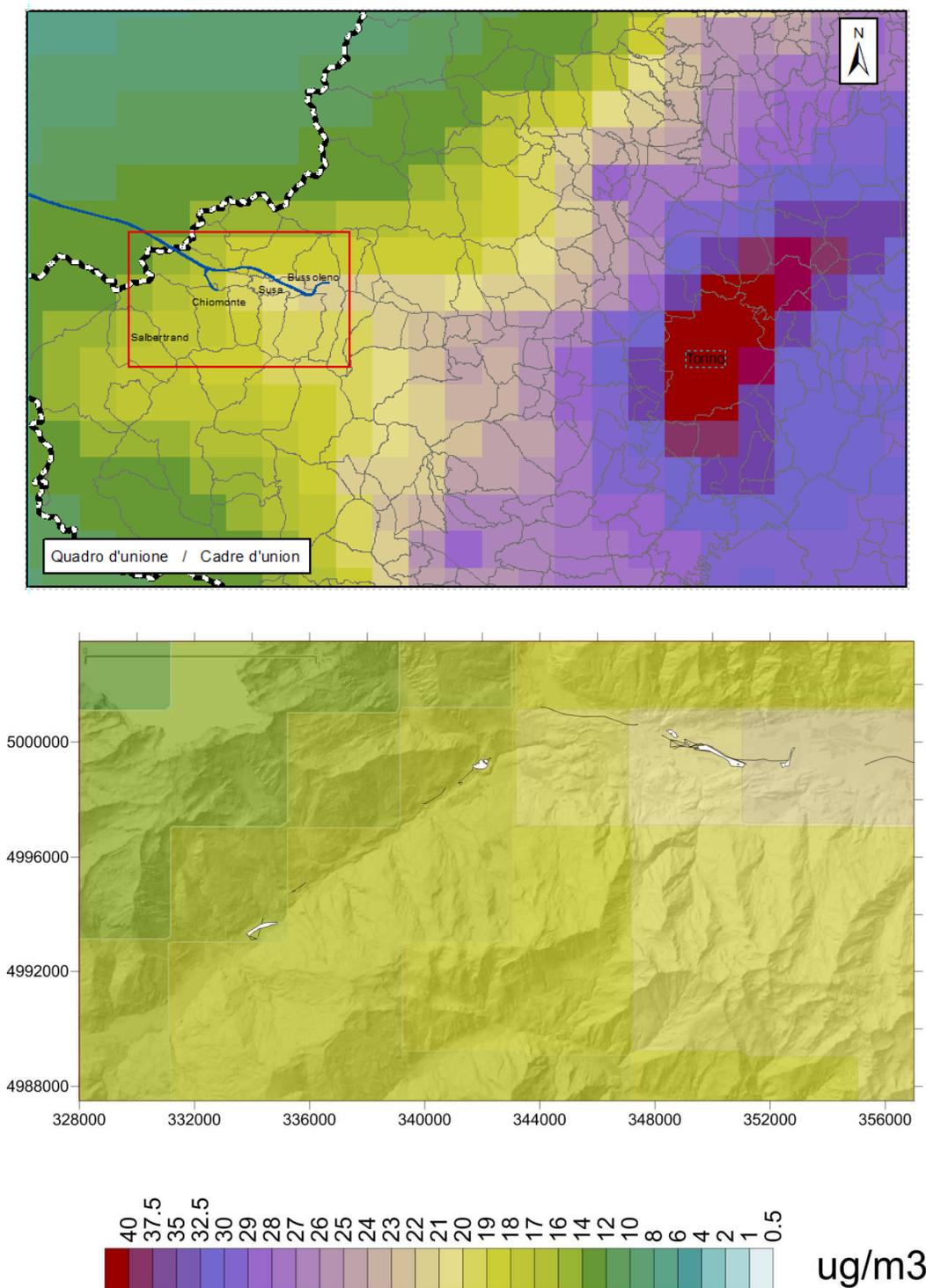


Figura 16 – Concentrazione media annuale di PM_{10} nell'anno 2010: valori di fondo ambientale forniti da ARPA Piemonte e dettaglio nel dominio della Val di Susa (in basso). Il valore limite è pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

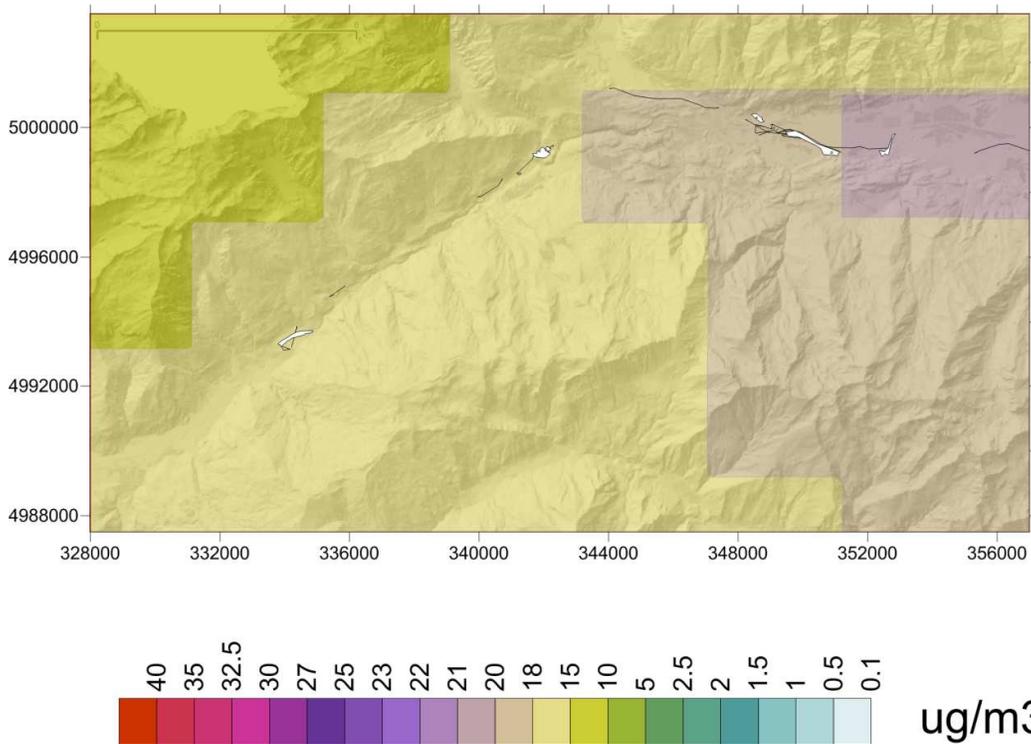
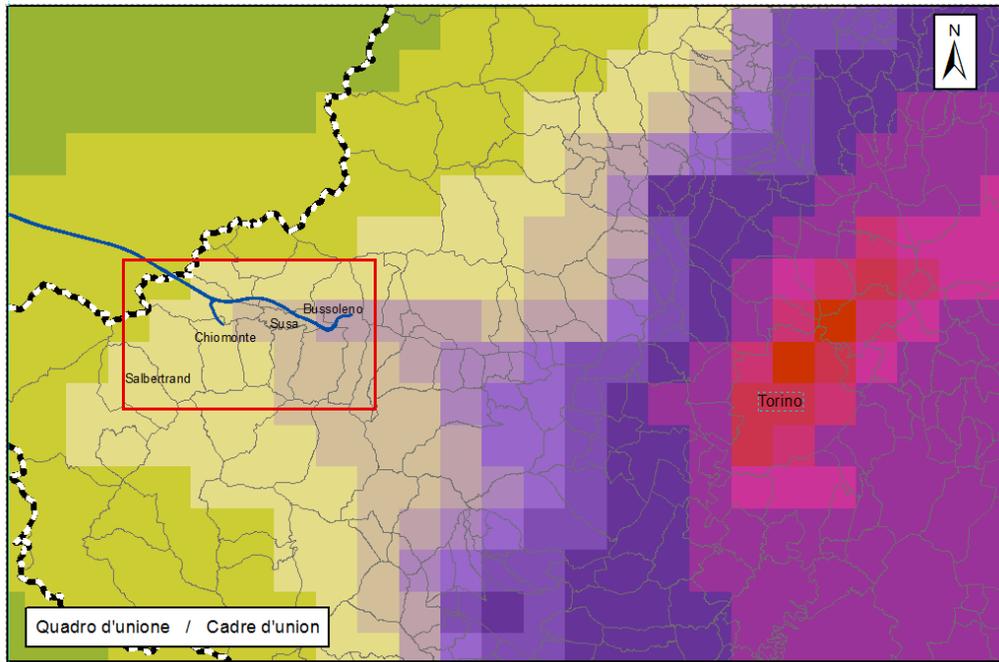


Figura 17 – Concentrazione media annuale di $PM_{2.5}$ nell'anno 2010: valori di fondo ambientale forniti da ARPA Piemonte e dettaglio nel dominio della Val di Susa (in basso). Il valore limite, in vigore dal 1 gennaio 2015, è pari a $25 \mu g/m^3$

Infine, per ogni indicatore di riferimento, i campi rappresentativi del fondo ambientale sono stati sommati ai campi simulati per la valutazione dell'impatto del cantiere in ogni nodo della griglia di calcolo.

Per la corretta determinazione dell'impatto cumulato degli eventi più critici (99.8 percentile delle concentrazioni medie orarie di biossido di azoto - che rappresenta il diciottesimo valore più alto di concentrazione oraria nell'anno - e 90.4 percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ - che rappresenta il trentacinquesimo valore più alto di concentrazione giornaliera nell'anno) si dovrebbe effettuare una somma con i valori di fondo su base oraria, poiché, anche a parità di condizioni meteorologiche, non è detto che i valori più alti nelle concentrazioni di fondo si presentino contemporaneamente a quelli delle concentrazioni dovute alle attività di cantiere. In questo studio, l'impatto cumulato dei percentili è stato calcolato eseguendo la somma dei percentili dell'impatto netto e del fondo, che fornisce solo un'indicazione qualitativa di quale potrebbe essere il contributo delle attività considerate al verificarsi di ulteriori superamenti dei valori limite di breve periodo, giornalieri o orari.

Un'ultima considerazione di carattere metodologico riguarda la lettura di alcune delle mappe di impatto cumulato, in cui la forma delle isoaree di concentrazione si discosta dal corrispondente risultato netto o la dislocazione dei punti di massima ricaduta "locale" non coincide tra impatto netto e impatto cumulato. A causa della presenza di un fondo disomogeneo, che ha valori via via crescenti spostandosi lungo la Val di Susa in direzione est verso l'area metropolitana di Torino, le mappe di impatto cumulato delle concentrazioni medie annuali possono presentare delle discontinuità che sono legate alla risoluzione delle concentrazioni di fondo, che manifestano un andamento a gradino in corrispondenza dei confini delle celle a 4 km. Per facilitare l'interpretazione dei risultati e la valutazione dell'entità delle ricadute, le mappe di impatto netto e impatto cumulato delle concentrazioni di inquinanti sono state inserite una di seguito all'altra con condivisione della chiave di colore.

4.1.6 Stima delle concentrazioni di Biossido di Azoto

Il modello SPRAY, che tratta gli inquinanti come chimicamente inerti, non consente una valutazione delle concentrazioni di biossido di azoto, ma solo degli ossidi di azoto totali.

Per poter effettuare un confronto con i valori limite di protezione della salute, espressi in termini di concentrazioni di NO₂, si può far ricorso a delle relazioni empirico-statistiche basate su dati sito-specifici, che indirettamente tengono conto dei livelli di ozono caratteristici del sito in esame (Denby, 2011).

In questo studio, le concentrazioni orarie di NO₂ sono state calcolate a partire da quelle di NO_x totali, applicando la relazione di Dewart-Middleton, descritta con più dettaglio nel paragrafo seguente.

Coefficienti per la stima del biossido di azoto

La miscela inquinante NO_x (ossidi di azoto) in aria è composta in massima parte di due gas, monossido (NO) e biossido (NO₂) di azoto, in misura variabile che dipende tra l'altro, dal sito, dalla meteorologia e dalla distanza dalle principali sorgenti. Infatti negli ossidi di azoto, che sono un prodotto della combustione ad alta temperatura, l'NO è presente all'emissione in frazione preponderante (anche oltre il 90%), laddove la frazione di NO₂ tende ad aumentare velocemente mentre l'aria contenente il gas emesso è trasportata lontano dalla sorgente e l'NO tende a reagire chimicamente con l'ozono, risultando all'osservazione generalmente compresa tra il 25% ed il 75%.

Una relazione semi-empirica dell'andamento di tale frazione in funzione dei livelli di NO_x è stata stabilita da alcuni studi sulla base di una curva polinomiale di quarto ordine del logaritmo in base 10 della concentrazione di NO_x (Derwent & Middleton, 1996, Dixon et al., 2000).

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

In sostanza, detta $[NO_2]$ la concentrazione di NO_2 (misurata in ppb o in $\mu g/m^3$) e $[NO_x]$ la concentrazione in aria di NO_x (misurata rispettivamente in ppb o in $\mu g/m^3$ NO_2 -equivalenti), è possibile stabilire la seguente relazione:

$$[NO_2]=[NO_x](a+bA+cA^2+dA^3+eA^4)$$

dove: $A=\log_{10}([NO_x])$ ed i coefficienti a, b, c, d, e sono determinati empiricamente tramite regressione statistica della funzione sui dati misurati nel sito oggetto di studio.

Nel caso della Valle Susa, la ricostruzione della curva NO_2/NO_x è stata basata sui dati sperimentali misurati a cadenza oraria nella stazione di monitoraggio di Susa, relativamente all'anno 2009.

L'uso di un metodo per determinare valori statistici derivati come la concentrazione media annuale di NO_2 in funzione di quella di NO_x , per via della non-linearità della curva utilizzata e del fatto che la percentuale di NO_2 in NO_x risulta maggiore in corrispondenza delle concentrazioni minori, conduce ad una stima conservativa di tale parametro.

La Figura 18 presenta l'andamento della curva ottenuta a partire dai dati registrati dalla centralina di monitoraggio della qualità dell'aria di Susa: all'aumentare della concentrazione di NO_x (e dunque al diminuire della distanza da una potenziale sorgente) la frazione di NO_2 tende a diminuire drasticamente, passando, per esempio, circa dal 60% al 30% per concentrazioni di NO_x rispettivamente pari a $100 \mu g/m^3$ e $270 \mu g/m^3$. Poiché la consistenza statistica dei dati è debole per concentrazioni di NO_x superiori a $270 \mu g/m^3$, oltre tale soglia la frazione di NO_2 in NO_x è mantenuta costante.

I coefficienti di regressione ottenuti sono presentati nella tabella seguente:

a	b	c	D	e
6.62E-01	-1.24E+00	2.31E+00	-1.27E+00	2.06E-01

Tabella 44 : Coefficienti di regressione della curva NO_x-NO_2

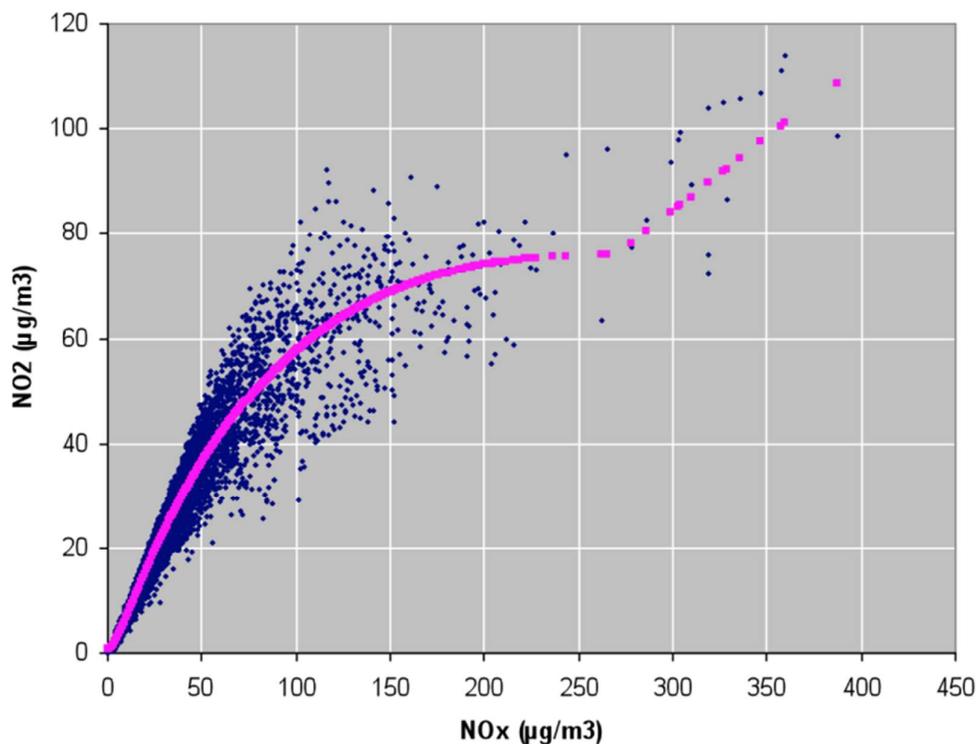


Figura 18 – Andamento della curva NO_2/NO_x (punti rosa) ricavata dai dati del monitoraggio in continuo della stazione di Susa per il 2009 (punti blu)

4.2 Concentrazioni attese

4.2.1 Ossidi di azoto

La nuova stima per gli ossidi di azoto comporta un incremento emissivo associato ai flussi di mezzi pesanti sulle infrastrutture e alle attività di scavo. Nelle aree di cantiere, le emissioni giornaliere sono confrontabili con lo studio di impatto pubblicato il 10/07/2017 con il progetto di variante (PRV).

In ottemperanza alla prescrizione n.30 della delibera CIPE 19/2015, gli ossidi di azoto, emessi da sorgenti mobili e fisse nelle aree di cantiere e dai mezzi utilizzati per la movimentazione di materiali e maestranze, sono stati stimati ipotizzando l'adozione delle migliori tecnologie disponibili.

Per derivare le concentrazioni di biossido di azoto, cioè la frazione di ossidi di azoto rilevante ai fini della protezione della salute umana e principalmente di natura secondaria, si è utilizzata la curva di regressione empirica, descritta nel paragrafo precedente, basata sulle concentrazioni locali misurate a Susa: a partire dalle concentrazioni orarie stimate per il parametro NO_x , sono state quindi derivate le concentrazioni orarie di NO_2 , poi utilizzate per il calcolo degli indicatori statistici previsti dalla normativa vigente in materia di qualità dell'aria.

Nelle figure seguenti sono riportate le mappe di ricaduta per l'impatto netto e l'impatto cumulato per gli indicatori previsti dal D. Lgs. 155/2010. Per quanto riguarda il biossido di azoto, le concentrazioni più alte si registrano in prossimità delle aree di cantiere, mentre risulta trascurabile l'impatto dovuto ai mezzi leggeri e pesanti sulle infrastrutture della Valle, sebbene leggermente maggiore di quanto simulato nello studio già pubblicato (PRV). Per avere un ordine di grandezza dell'impatto dei flussi di mezzi pesanti si può fare riferimento al massimo

individuato nel sottodominio del cantiere Imbocco Est del TdB, che nell'anno 6 risulta ancora inattivo: il massimo è di circa $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e si verifica sull'autostrada A32, all'uscita della galleria di Mompantero. Nell'anno 6 i valori più alti ricadono in prossimità del cantiere della Maddalena e dell'imbocco Ovest del Tunnel di Interconnessione, con massimi rispettivamente di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Essi sono principalmente legati alle attività di scavo condotte in sotterraneo: nell'anno 7, infatti, con il termine delle attività di scavo del TdI, le concentrazioni massime si riducono in quest'area a $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Presso l'imbocco Est del Tunnel di Base, con l'inizio delle attività di allestimento nell'anno 7, si presentano valori massimi di circa $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in prossimità del cantiere tra il perimetro dello stesso e l'autostrada A32.

Per l'area di Salbertrand, nei due anni considerati il valore massimo delle ricadute è di circa $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le mappe dell'impatto cumulato indicano un valore massimo assoluto di $23.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nell'area di Bussoleno, dove le concentrazioni di fondo sono più alte, ben inferiore al limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed in linea con lo studio già pubblicato (PRV).

Anche la mappa del 99.8° percentile, indicatore che si riferisce a eventuali fenomeni di inquinamento acuto in cui elevate concentrazioni si verificano per un numero limitato di ore (per la precisione rappresenta il diciottesimo valore orario più alto nell'anno per ogni cella del dominio), fornisce indicazioni interessanti. I valori massimi, generalmente più alti rispetto allo studio pubblicato (PRV), si verificano ancora nelle vicinanze dei cantieri in cui si effettuano gli scavi (nell'anno 6 a Maddalena, pari a circa $10.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e all'Imbocco Ovest TdI, pari a circa $9.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contro i $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsti dalla norma). Su questo parametro, che è legato a concentrazioni orarie elevate anche se poco frequenti, contribuisce con più evidenza il traffico dei mezzi, come emerge dal confronto tra anno 6 ed anno 7, in cui i flussi sono minori. Non sono comunque previsti superamenti del valore limite orario del biossido di azoto.

In termini di concentrazione media annuale di NO_x (Figura 23 e Figura 24), le mappe di ricaduta riproducono gli andamenti già descritti per il biossido di azoto: le ricadute più alte si verificano attorno al cantiere Imbocco Ovest del TdI nell'anno 6 ($2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a causa sia delle attività nel cantiere (esterne e di scavo) sia della movimentazione dei mezzi legata al trasporto del materiale di scavo e di costruzione.

Nell'Alta Val di Susa non si prevedono comunque, per effetto dei lavori superamenti del livello di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la protezione della vegetazione; inoltre le concentrazioni medie annuali nella Piana di Susa sono inferiori a $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dell'ordine quindi dei valori di fondo già presenti in quell'area.

Per osservare meglio la distribuzione del biossido di azoto si rimanda alle carte in scala 1:25000 allegare alla relazione. In ottemperanza all'osservazione 54, sono state predisposte alla stessa scala anche le carte relative al 99.8° percentile orario del biossido di azoto.

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

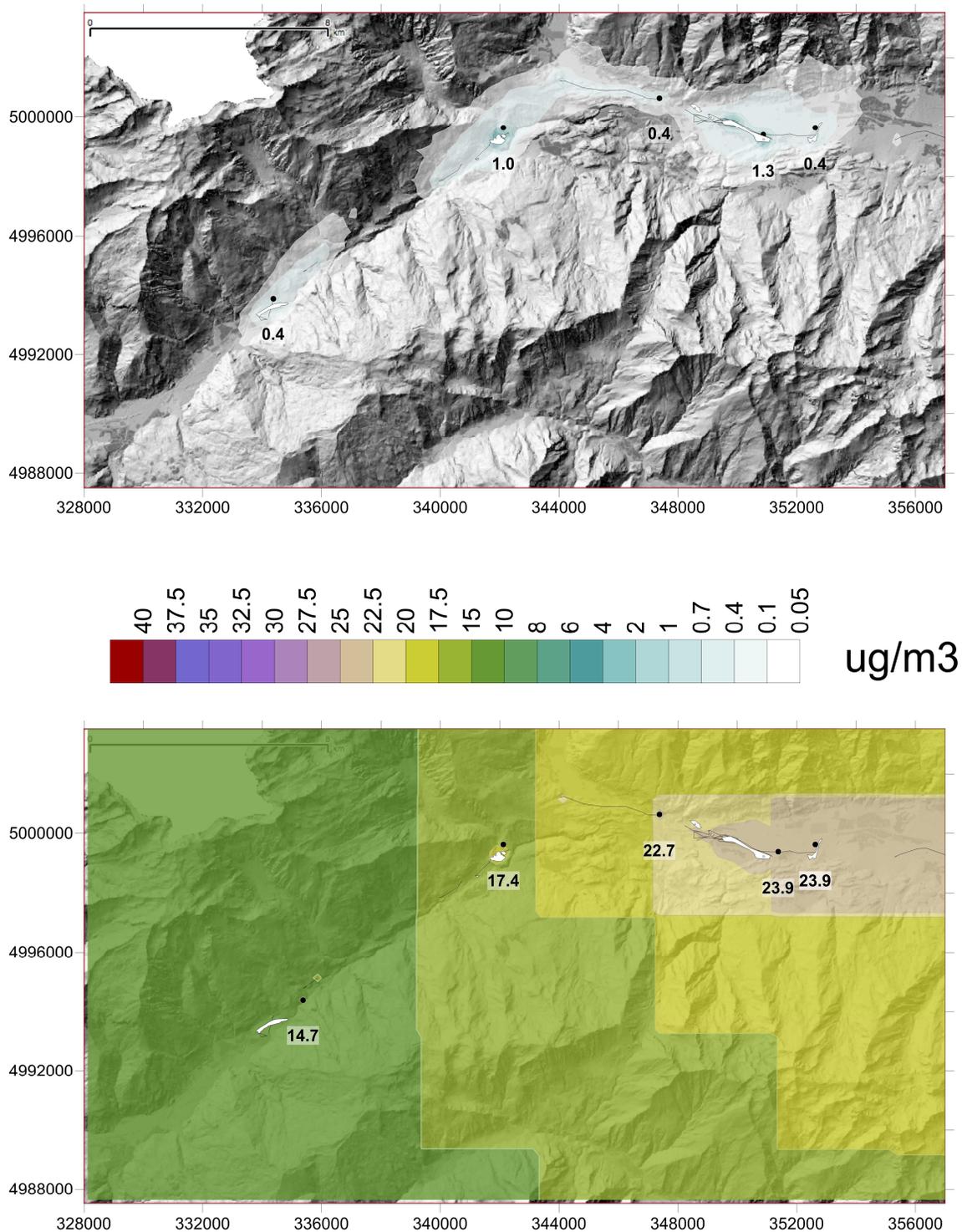


Figura 19 – ANNO 6: concentrazione media annuale di biossido di azoto: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

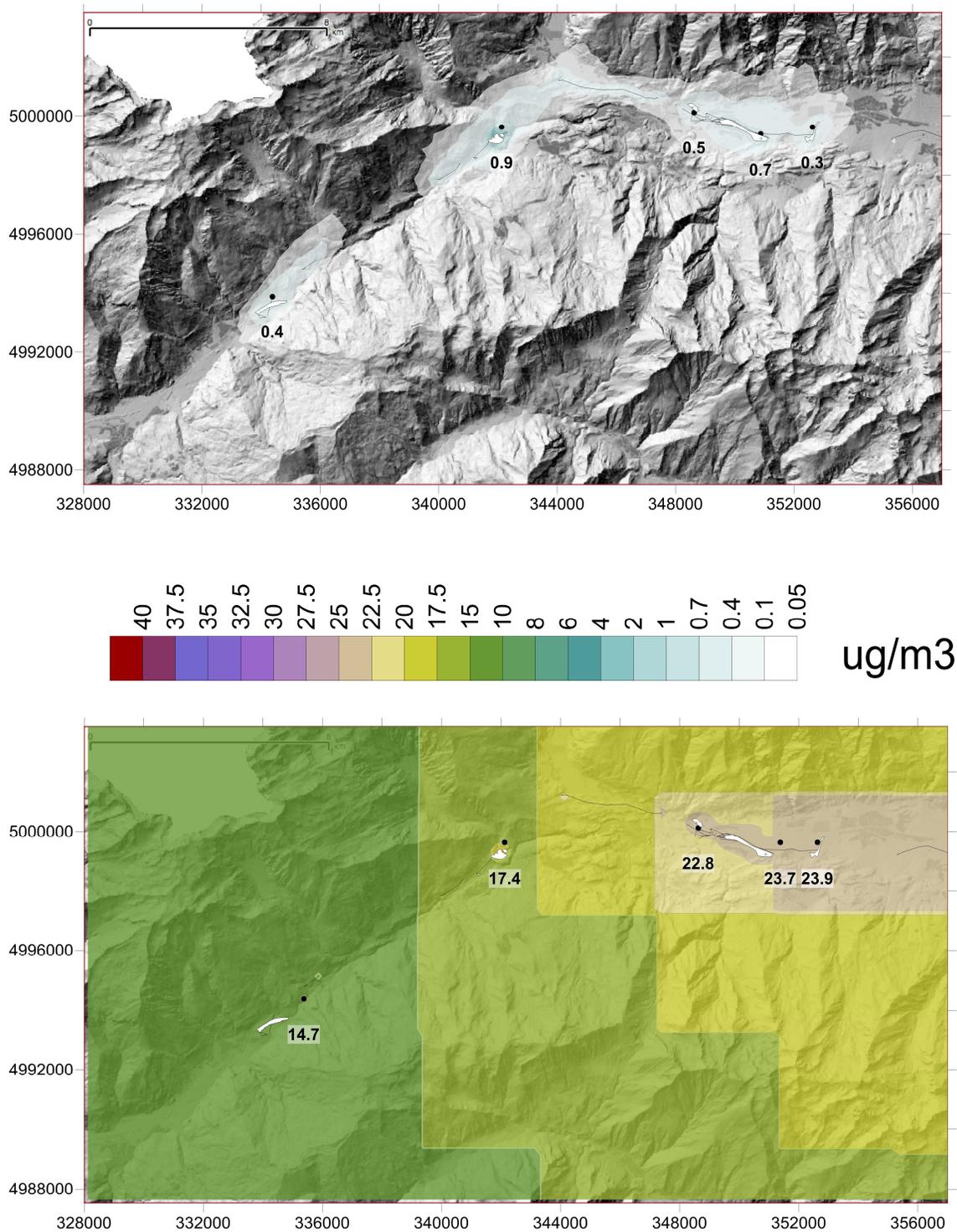


Figura 20 – ANNO 7: concentrazione media annuale di biossido di azoto: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

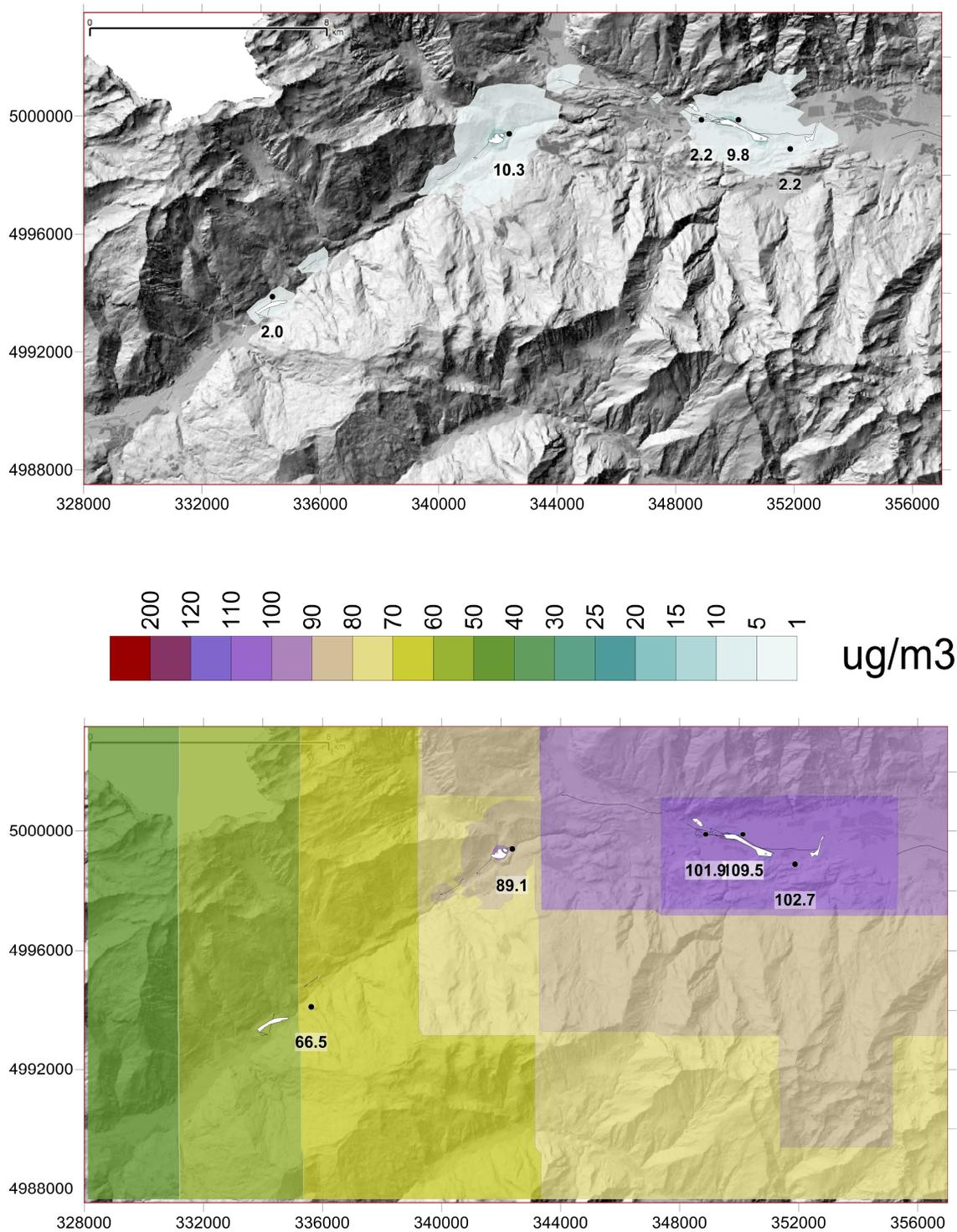


Figura 21 – ANNO 6: 99.8 percentile delle concentrazioni orarie di biossido di azoto: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

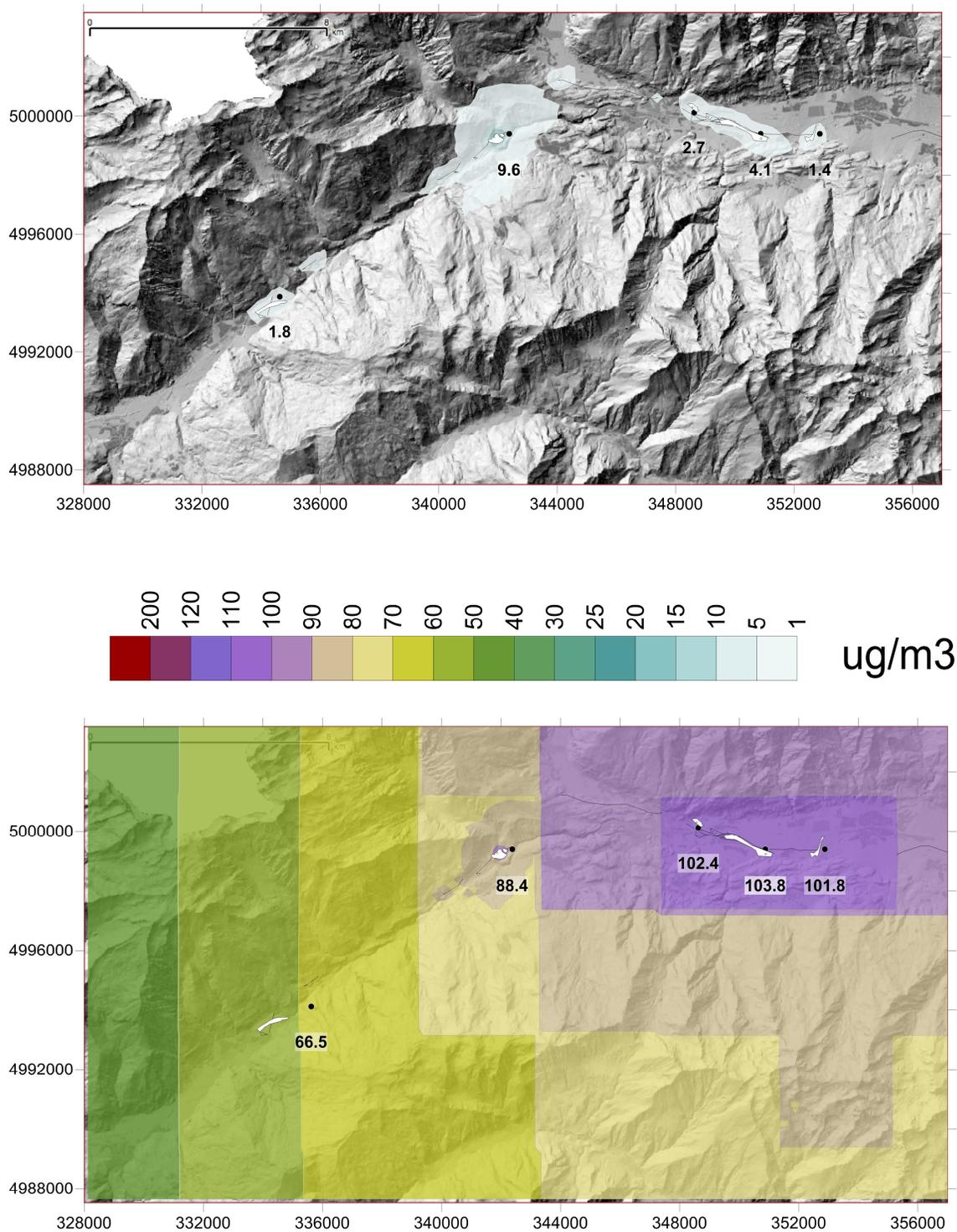


Figura 22 – ANNO 7: 99.8 percentile delle concentrazioni orarie di biossido di azoto: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

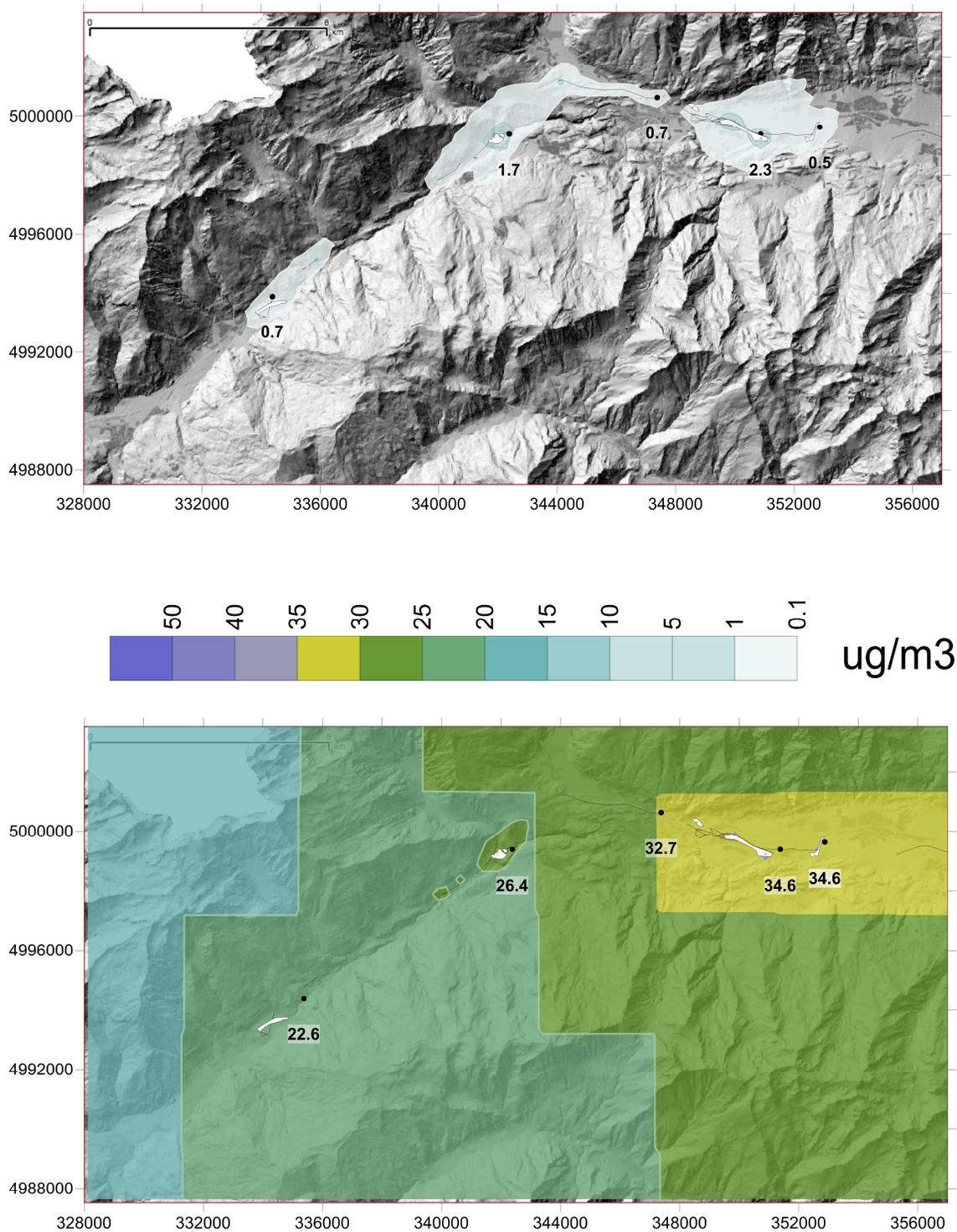


Figura 23 – ANNO 6: concentrazione media annuale di ossidi di azoto: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

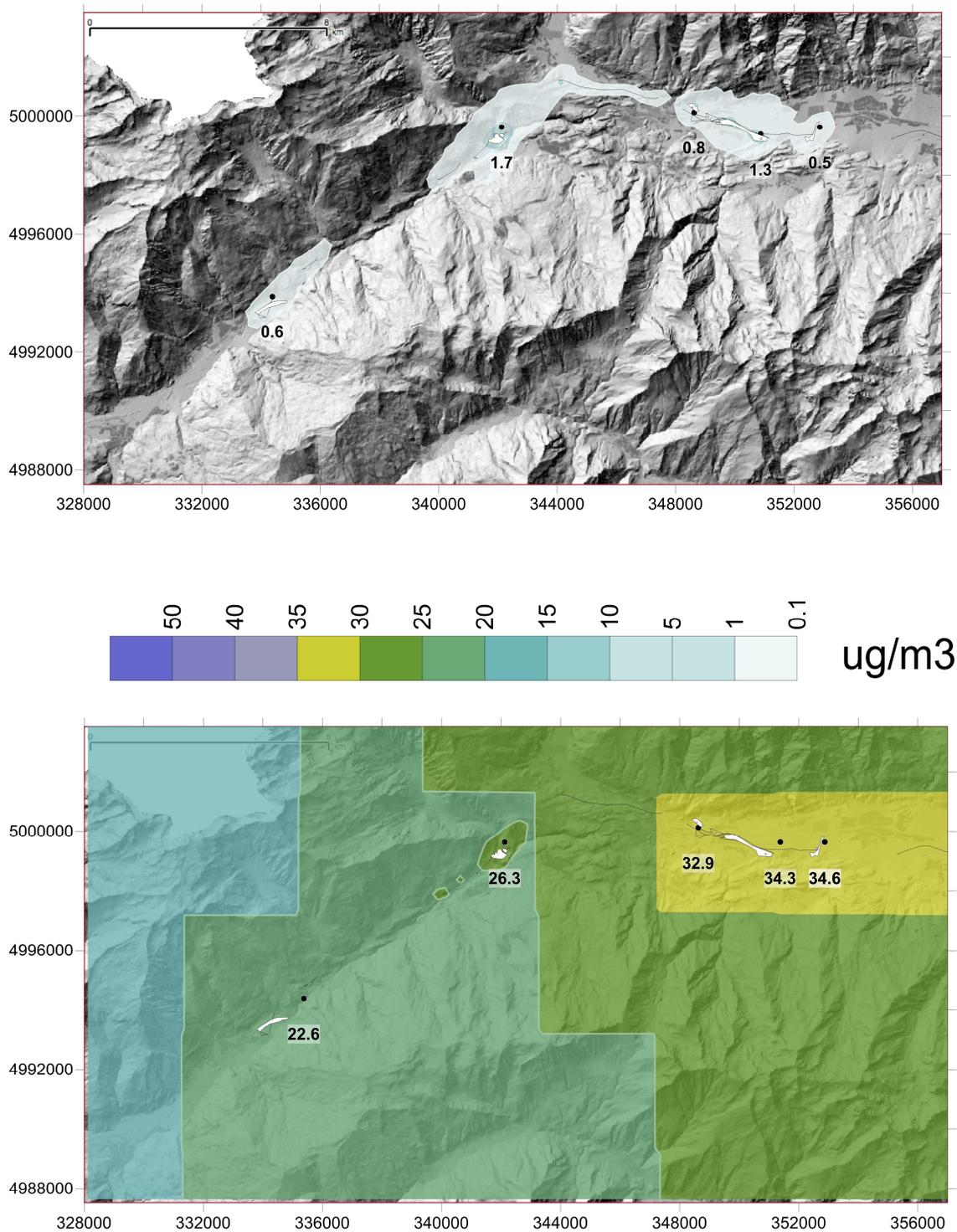


Figura 24 – ANNO 7: concentrazione media annuale di ossidi di azoto: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)

4.2.2 Polveri

Sulle emissioni di polveri l'ipotesi di adozione delle migliori tecnologie disponibili attualmente sul mercato, ha un effetto di riduzione minore rispetto agli ossidi di azoto e principalmente limitato alle emissioni esauste dei mezzi di cantiere: le attività connesse alla realizzazione dell'opera richiederanno lo scavo e la movimentazione di grandi quantità di suoli, con emissione di polveri fuggitive che solo in parte possono essere contenute. Rispetto allo studio pubblicato, l'affinamento delle assunzioni alla base della stima delle emissioni, ha comportato un incremento emissivo a Salbertrand (per il contributo delle emissioni convogliate degli impianti di valorizzazione) e un leggero incremento al cantiere della Maddalena.

In linea con lo studio già pubblicato (PRV), il risultato delle simulazioni modellistiche conferma di fatto quanto precedentemente stimato. L'impatto è molto localizzato intorno alle aree di lavoro e i valori di concentrazione decrescono molto rapidamente al di fuori del perimetro dei cantieri, in conseguenza della tipologia di sorgenti considerate, con emissioni al suolo, continue e fredde. Per questo inquinante, il contributo più rilevante è dato dalle lavorazioni all'aperto: il massimo nell'area di Susa non cambia tra anno 6 e 7, nonostante il termine delle attività di scavo del TdI.

Nell'area di Salbertrand, dove si trova il cantiere principale per la valorizzazione del marino e la prefabbricazione dei conci, le concentrazioni massime (pari a $5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sono leggermente maggiori di quanto previsto nello studio già pubblicato a parità di scenario (anno 7), per tener conto delle sorgenti puntuali. Il massimo si presenta in direzione opposta all'abitato, a nord est del cantiere, tra la ferrovia e l'ingresso del tunnel autostradale, dove la Valle si restringe molto e i versanti costituiscono una barriera fisica alla dispersione. Nell'area di Susa, nell'anno 7, con l'inizio delle attività di allestimento del tratto di ingresso all'imbocco est del Tunnel di Base si verificano ricadute massime di poco inferiori a $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a bordo del cantiere.

Se si considerano i valori cumulati di concentrazione media annuale di PM_{10} , comunque, le concentrazioni rimangono complessivamente ben al di sotto del valore limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, raggiungendo al massimo $27.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nell'anno 6 nell'intorno del cantiere dell'Imbocco Ovest del Tunnel di Interconnessione, dove anche i valori di fondo ambientale sono più elevati.

Passando al parametro solitamente più critico da rispettare (il numero di giorni di superamento del livello di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera), il calcolo del trentacinquesimo valore più alto (90.4° percentile delle concentrazioni medie giornaliere) mostra un massimo dell'ordine di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sia a Maddalena sia al cantiere Ovest del TdI sia a Salbertrand, dove l'orografia complessa influisce sull'impatto massimo. Nella zona dell'imbocco del TdB, nell'anno 7, i valori massimi sono inferiori a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre nella zona di Bussoleno sono inferiori a $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rispetto allo studio già pubblicato (PRV), si osserva un peggioramento di questo parametro nell'area di Salbertrand e leggere variazioni associate alla variazione delle modulazioni temporali di alcune attività all'aperto.

Cumulando con il valore di fondo fornito da Arpa Piemonte, si ottengono nella Piana di Susa valori superiori a $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$: considerata anche la variabilità meteorologica inter-annuale, ci si può attendere durante la realizzazione dell'opera un incremento del numero di giorni di superamento del livello di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle immediate vicinanze dei cantieri e un possibile superamento del limite di 35 giorni. Rispetto al progetto definitivo bisogna però considerare che in questa variante la Piana di Susa è interessata dai lavori per una frazione limitata di mesi a metà circa del cronoprogramma e la scelta degli anni 6 e 7, in cui è massimo il transito di mezzi pesanti per il trasporto dei materiali nelle aree di cantiere, non è rappresentativa delle condizioni medie ma delle condizioni peggiori. *Per questa ragione, la probabilità che si*

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

verifichino superamenti del valore limite giornaliero è decisamente ridotta rispetto allo scenario considerato nello studio del progetto definitivo approvato.

Per quanto riguarda le concentrazioni medie annuali di PM_{2.5} (Figura 29 e Figura 30), negli anni 6 e 7 i massimi di ricaduta sono di 1.5 µg/m³ in prossimità del cantiere dell'Imbocco Ovest del Tunnel di Interconnessione, e superiori a 1 µg/m³ nell'area della Maddalena, in linea con lo studio già pubblicato (PRV), mentre si ha un moderato incremento sul valore massimo nell'area di Salbertrand (1.2 µg/m³).

Per quanto riguarda l'impatto cumulato, in tutte le aree interessate dai lavori di costruzione della linea NLTL non è previsto il superamento del limite di 25 µg/m³ in vigore dal 1 gennaio 2015 per il PM_{2.5}, con valori più alti nella Piana di Susa a causa del livello di fondo più elevato.

Per osservare meglio la distribuzione delle concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2.5} si rimanda alle carte in scala 1:25000. In ottemperanza all'osservazione 54, sono state predisposte alla stessa scala anche le carte relative al 90.4° percentile giornaliero del PM₁₀.

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

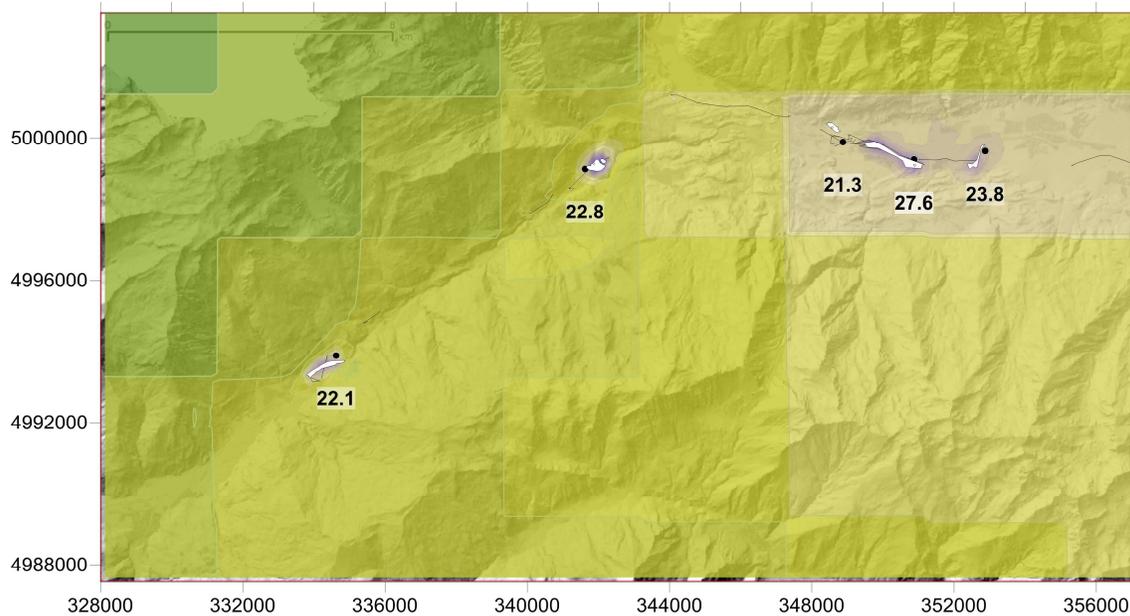
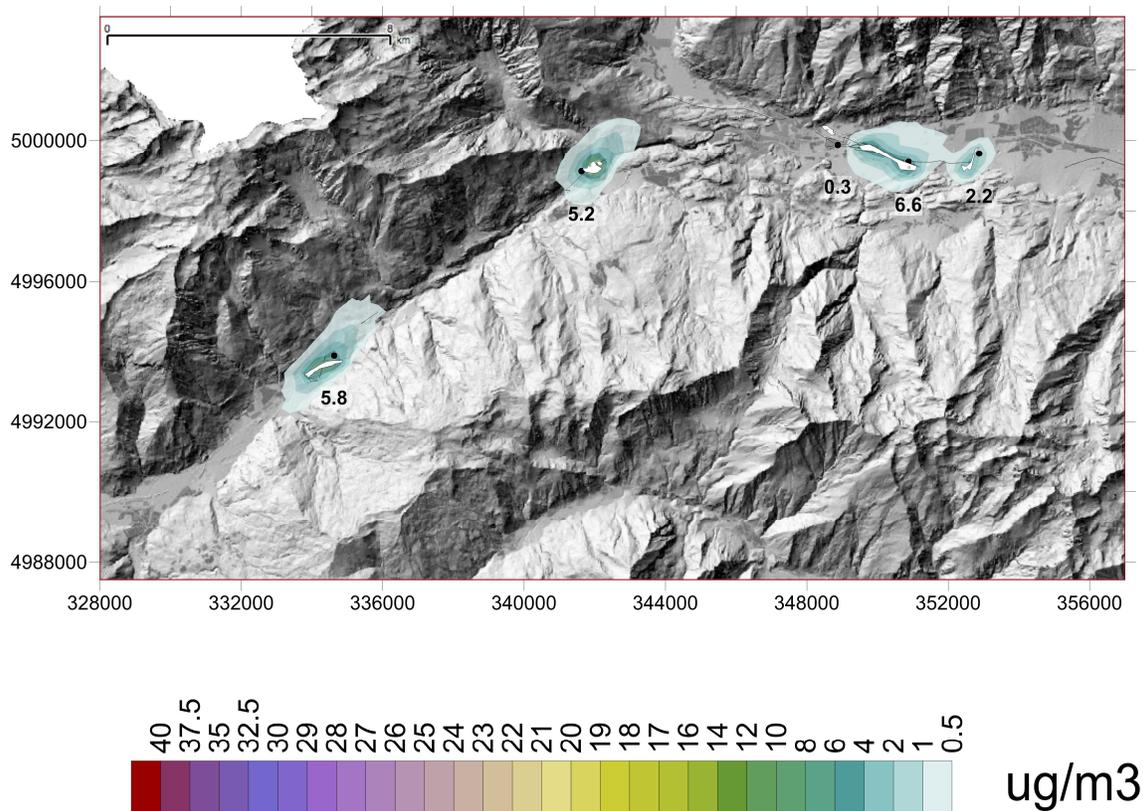


Figura 25 – ANNO 6: concentrazione media annuale di PM_{10} : impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

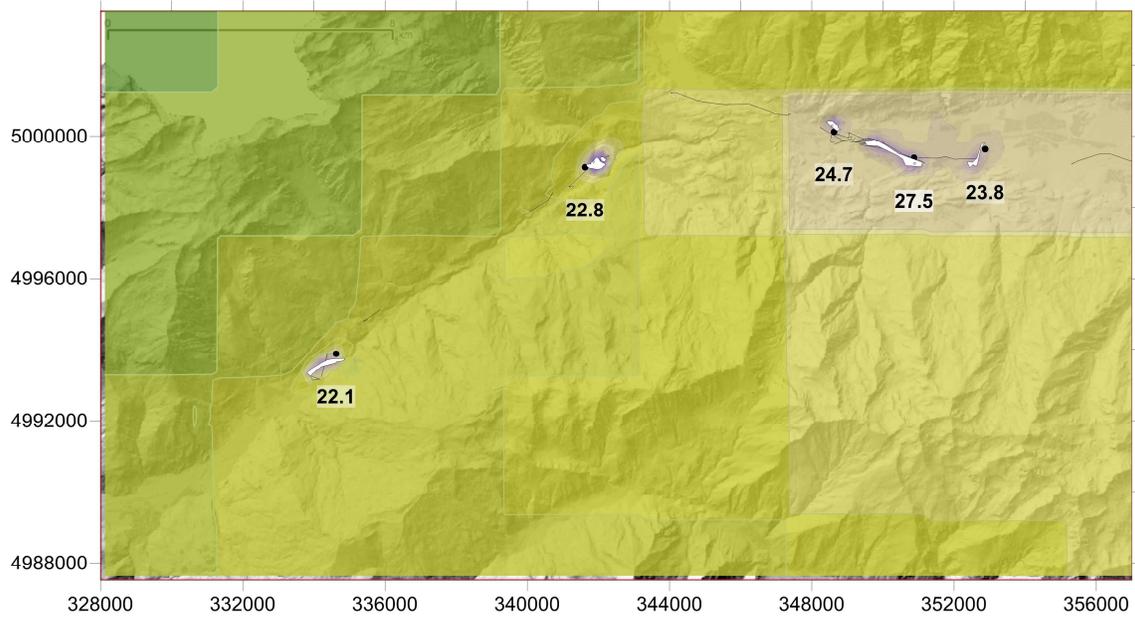
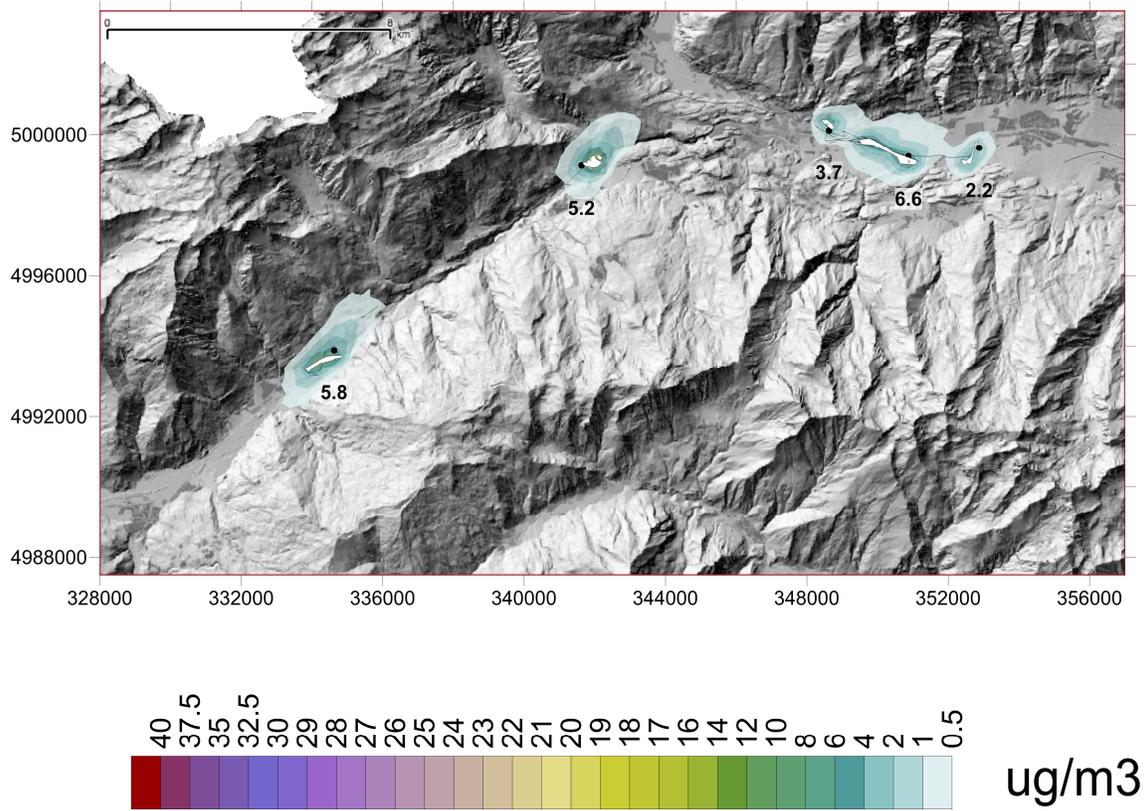


Figura 26 – ANNO 7: concentrazione media annuale di PM_{10} : impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

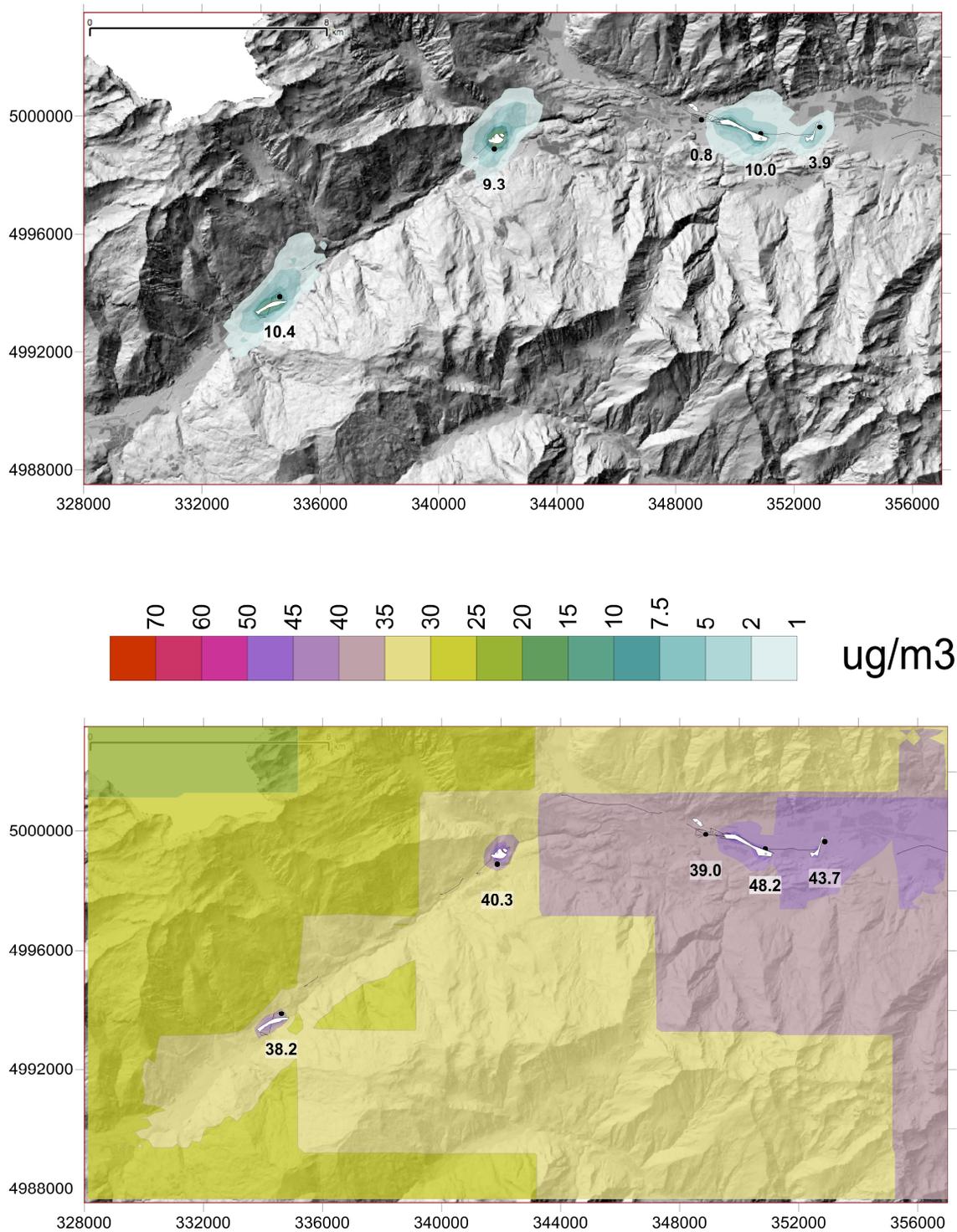


Figura 27 – ANNO 6: 90.4 percentile delle concentrazioni giornaliere di PM_{10} : impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

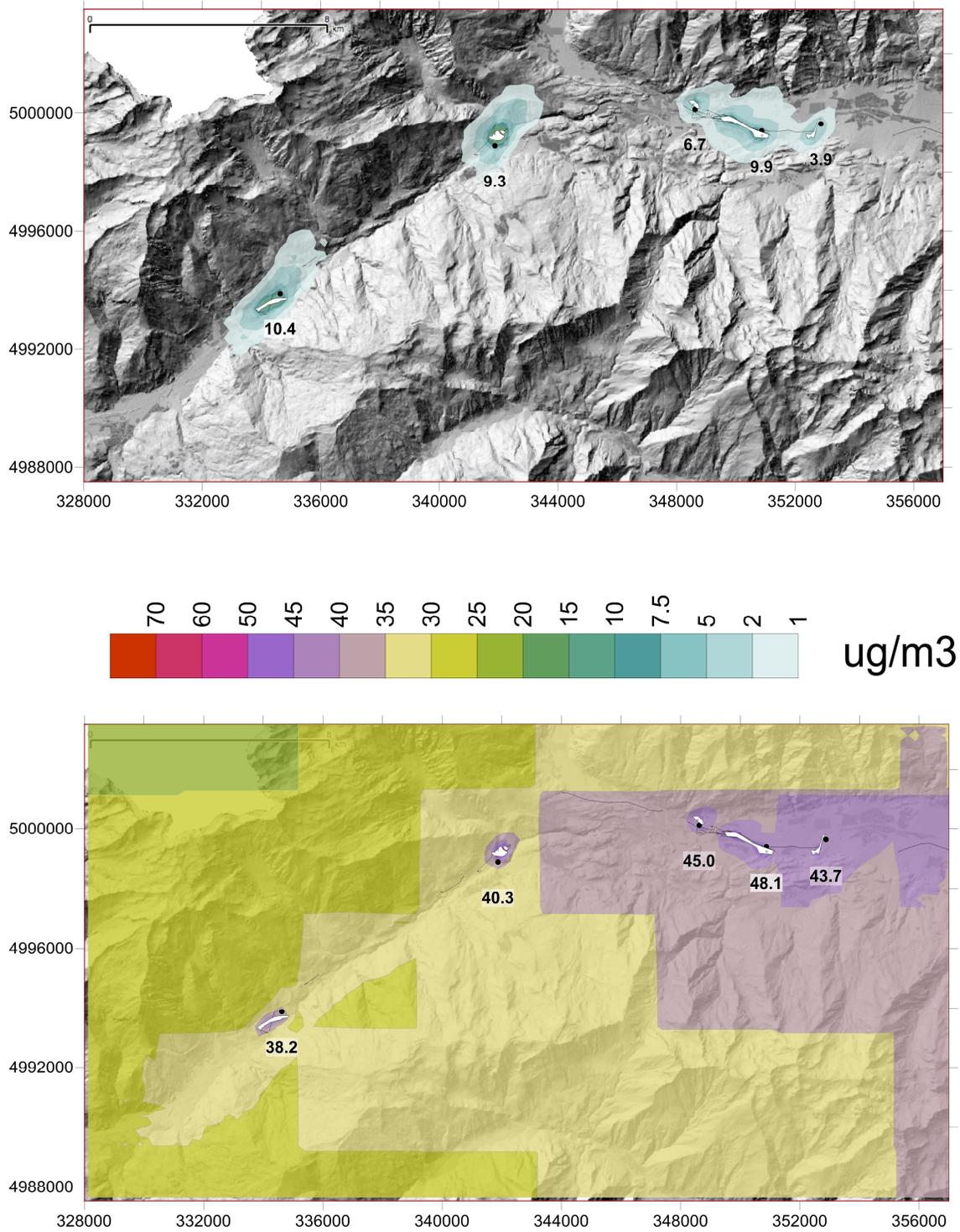


Figura 28 – ANNO 7: 90.4 percentile delle concentrazioni giornaliere di PM₁₀: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

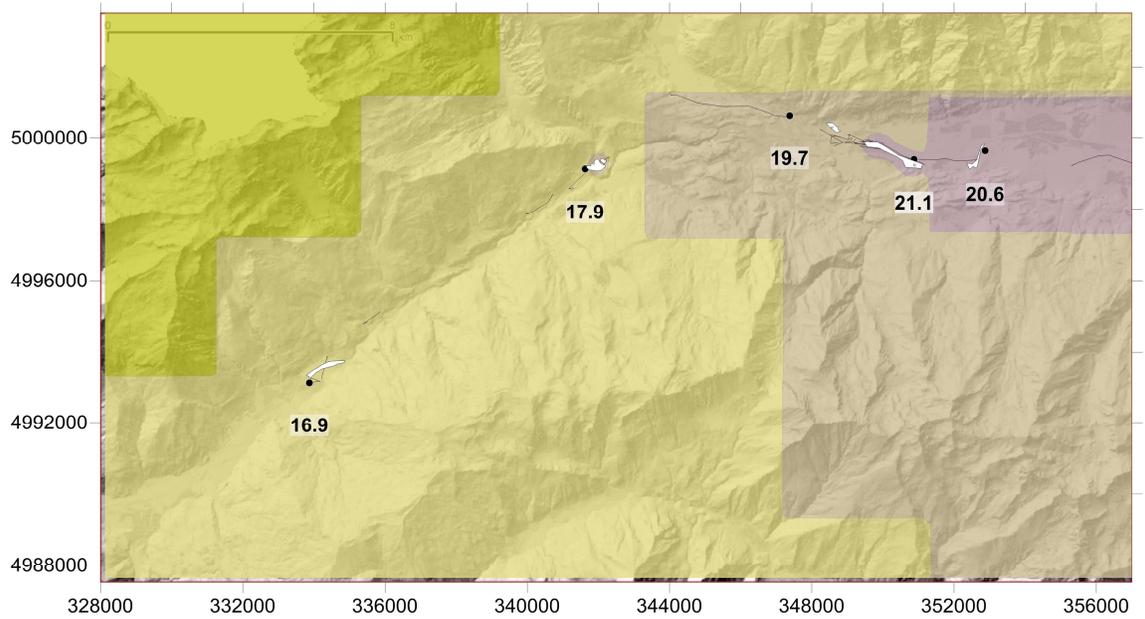
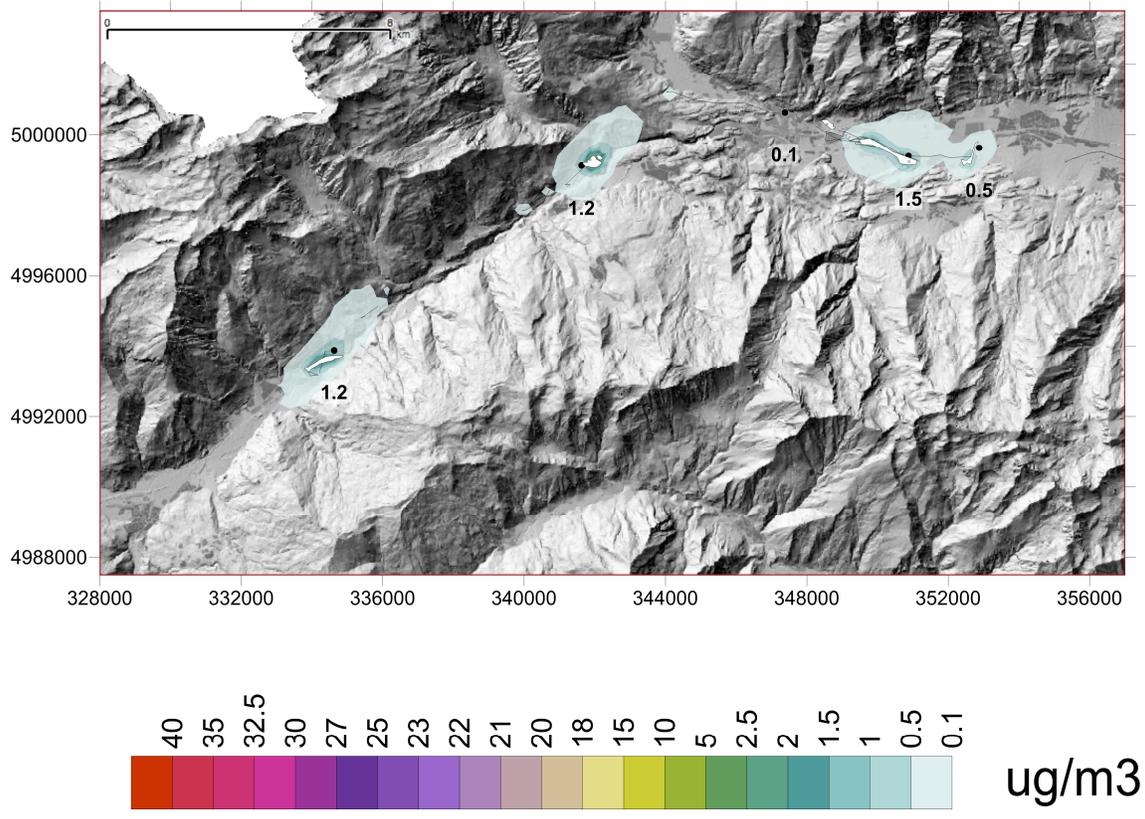


Figura 29 – ANNO 6: concentrazione media annuale di PM_{2.5}: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

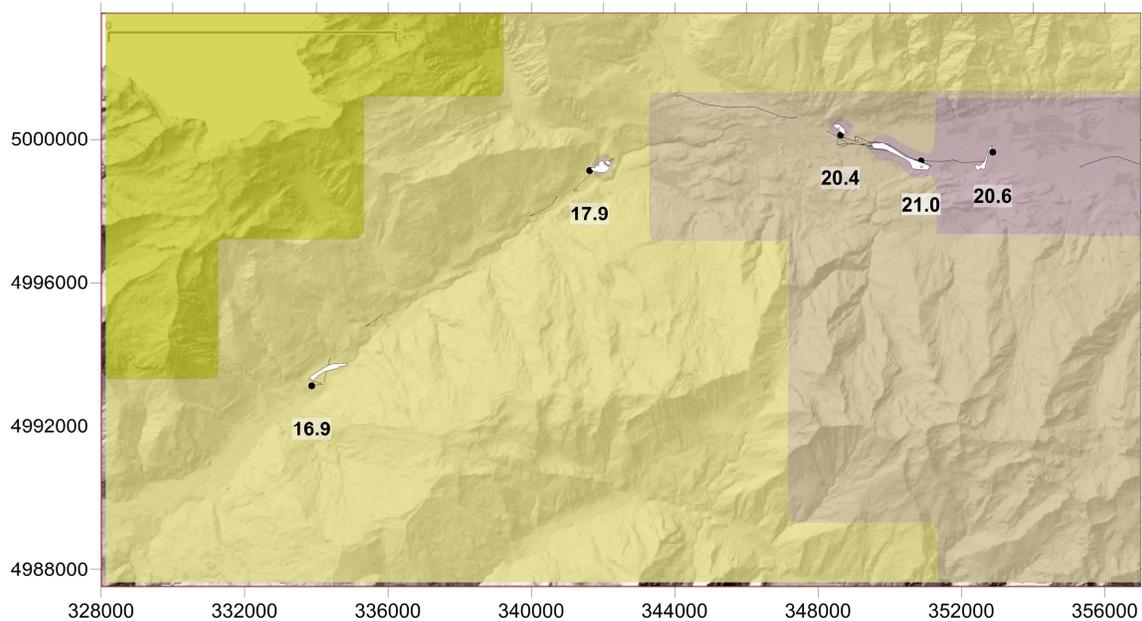
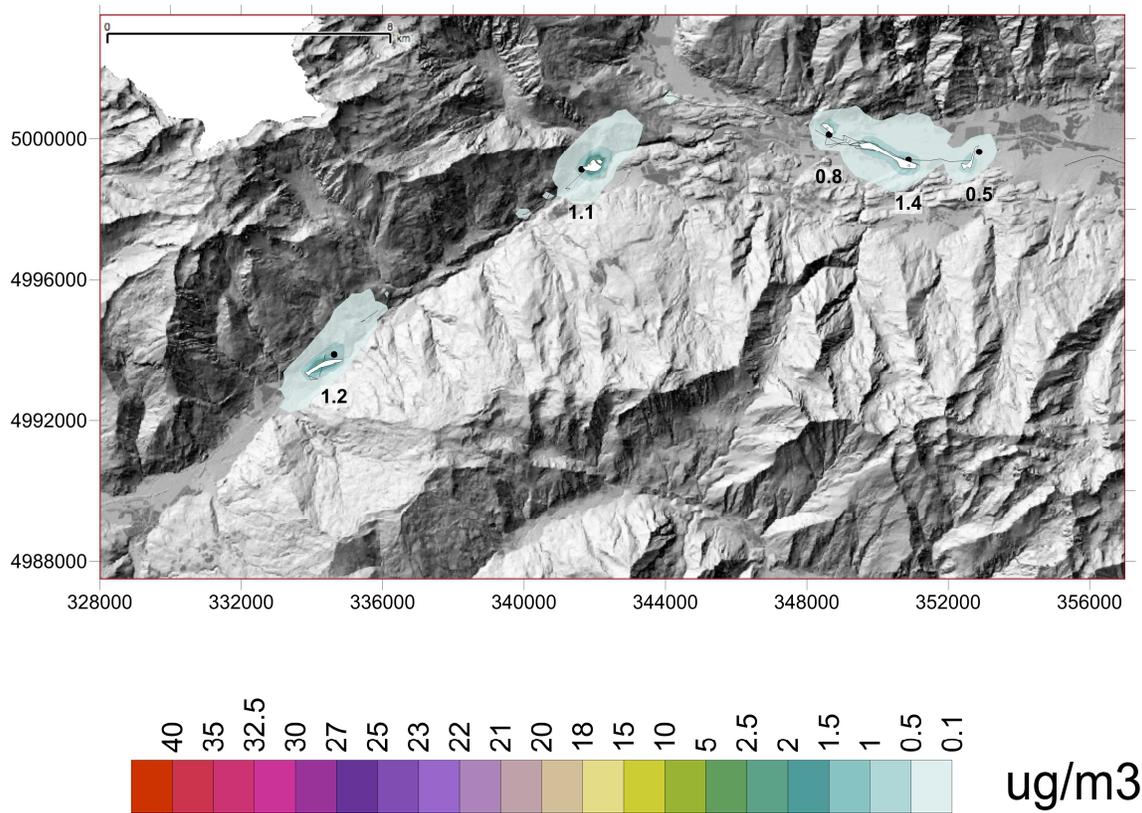


Figura 30 – ANNO 7: concentrazione media annuale di PM_{2.5}: impatto netto e impatto cumulato (sfondo cartografico WMS Regione Piemonte)

5. Conclusioni

Lo studio presentato nei paragrafi precedenti riguarda l'analisi dell'impatto sulla qualità dell'aria delle attività legate alla costruzione della NLTL secondo il progetto in variante denominato PRV, realizzato recependo le osservazioni presentate dagli Enti.

Poiché i lavori si articoleranno su un orizzonte temporale decennale, considerando il cronoprogramma di avanzamento delle attività, sono stati definiti due scenari di massima con criteri obiettivi, in grado di consentire la valutazione realistica delle condizioni che si potrebbero verificare nel corso del progetto negli anni in cui è previsto il massimo carico di attività con impatto sulla qualità dell'aria.

I due scenari, relativi all'anno 6, con il massimo di transiti di camion e secondo per intensità di attività nei cantieri, e all'anno 7, con il massimo di attività di cantiere e secondo per flussi di mezzi pesanti, sono stati simulati in un anno meteorologico tipo. La simulazione degli altri anni di cantiere evidenzerebbe un quadro emissivo di minor impatto o, al limite comparabile (anno 5), rispetto agli anni valutati, riducendo il principio di cautela utilizzato per la previsione delle azioni di controllo e mitigazione ambientale.

Sulla base dei dati disponibili (numero di viaggi, tipologia di mezzi, volumi di materiali, ore di attività, estensione delle aree di lavoro) è stata predisposta una stima emissiva che tiene conto delle migliori tecnologie che dovranno essere applicate nei cantieri, utilizzando metodologie e fattori di emissioni descritti dettagliatamente (osservazioni 56, 63, 65). Rispetto allo studio già pubblicato (PRV), sono stati considerati gli impatti aggiuntivi derivanti dalle emissioni degli impianti di valorizzazione del marino nell'area di Salbertrand (osservazioni 58, 59), dalla riduzione dell'abbattimento di ossidi di azoto ai fronti di scavo (osservazioni 57, 64), dall'incremento delle emissioni legate alla logistica dei materiali dopo la verifica dei flussi e l'aggiornamento dei fattori emissivi nelle condizioni di esercizio (osservazioni 50, 67), dal diverso utilizzo dei mezzi d'opera presso Maddalena e Salbertrand, mentre è stato considerato trascurabile il contributo derivante dal trasporto su ferro con motrice diesel (quantificato in un treno al giorno).

Seguendo un approccio conservativo, nella simulazione non sono stati trattati i fenomeni di deposizione secca e umida, che tenderebbero a diminuire le concentrazioni in aria, e si è assunto che la maggior parte delle attività nei cantieri, in particolare le lavorazioni all'aperto e quelle di scavo, si svolgeranno per 365 giorni l'anno, mentre nel planning delle attività è previsto che un giorno ogni sette sia dedicato alla manutenzione. In vista dell'utilizzo delle risultanze dello studio per la predisposizione del piano di monitoraggio ambientale, particolare attenzione è stata posta alla modulazione delle attività nel corso della giornata tipo in modo da localizzare più accuratamente i punti di massima ricaduta oltre a verificare il rispetto dei valori limite in vigore.

In linea con la modellazione delle emissioni in atmosfera del Progetto di Variante depositato, la nuova modellazione indica un moderato incremento delle concentrazioni di inquinanti atmosferici nell'intorno delle aree di lavoro, sia in termini di biossido di azoto sia di polveri, con valori massimi nelle immediate vicinanze delle aree di cantiere. Le concentrazioni di polveri, in massima parte di origine non esausta, risultano confrontabili con i valori previsti nello studio del progetto definitivo approvato. Già in quel contesto, infatti, era stata ipotizzata l'implementazione di strategie ottimali di contenimento delle polveri fuggitive. L'adozione delle migliori tecnologie disponibili per i mezzi di cantiere (prescrizione n.30 della delibera CIPE 19/2015), consente di ridurre notevolmente l'impatto in termini di ossidi di azoto. Anche ridimensionando, in via cautelativa, l'abbattimento delle emissioni di ossidi di azoto agli imbocchi (osservazione n. 66), la ricaduta massima stimata per il biossido di azoto risulta pari a meno del 4% del limite di legge, come media annuale, e circa il 5% per il 99.8° percentile orario, nell'anno 6.

Rapport technique explicatif du modèle des dispersions en atmosphère / Relazione tecnica di accompagnamento alla modellazione delle emissioni in atmosfera

A valle delle verifiche effettuate sui transiti dei mezzi pesanti (osservazioni 50, 67), si conferma quanto emerso nell'analisi al Progetto di Variante già depositata: anche considerando il peggioramento delle prestazioni emissive in percorsi con pendenze elevate, l'incremento delle concentrazioni di biossido di azoto attorno alle infrastrutture interessate è dell'ordine dell'1% del valore limite, sia per la concentrazione media annuale che per il 99.8° percentile delle concentrazioni orarie. Sebbene la variante comporti flussi superiori di mezzi pesanti lungo l'autostrada A32 rispetto al progetto definitivo approvato, l'utilizzo di una flotta che rispetti lo standard EURO VI consente di contenere le emissioni esauste, in particolare di ossidi di azoto. L'analisi dell'impatto cumulato (considerando cioè anche i livelli di inquinanti già presenti nell'aria ambiente) ha confermato l'assenza di criticità in tutta l'area coperta dallo studio. I valori più alti infatti sono in prossimità della recinzione del cantiere dell'Imbocco Ovest del Tunnel di Base e, nonostante il livello di fondo più elevati, risultano comunque inferiori ai valori limite, raggiungendo circa il 60% del valore limite annuale per il biossido di azoto, il 70% per il PM₁₀ e l'85% per il PM_{2.5}. Il solo indicatore che, in particolari condizioni meteorologiche, potrebbe superare il valore limite fissato dal D. Lgs. 155/2010 è il 90° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀, il cui contributo delle attività svolte all'aperto, nelle immediate vicinanze dei cantieri, arriva a circa il 21% del valore limite (50 µg/m³), ma considerando il fondo si determinano valori dell'ordine del limite. I valori attesi in corrispondenza delle aree residenziali più esposte non sono però tali da modificare lo stato attuale della qualità dell'aria, in entrambi gli scenari considerati.

Per quanto riguarda infine la protezione della vegetazione e degli ecosistemi, la riduzione delle attività nella Piana di Susa e in particolare l'eliminazione dello scavo all'Imbocco Est del Tunnel di Base comporta un impatto del tutto trascurabile nella zona di protezione denominata "Oasi xerothermiche – Orrido di Chianocco"; così come nell'area protetta del Gran Bosco di Salbertrand.

In conclusione, la nuova analisi dell'impatto sulla qualità dell'aria, realizzata a seguito delle osservazioni presentate dagli Enti, ha restituito un quadro ampiamente compatibile con lo studio già pubblicato, confermando l'assenza di criticità in tutta l'area di studio. La revisione delle emissioni generate dai flussi di traffico, a seguito della verifica di alcuni tratti e dell'introduzione di parametri più dettagliati e conservativi, risulta in alcuni casi maggiori alla precedente, ciononostante non influenzando lo scenario globale. In generale possiamo affermare che, sebbene i dati restituiti dalla nuova modellazione risentano della moderata variazione, generalmente cautelativa, dei dati di input, gli effetti generati dalle attività di realizzazione della NLTL possono considerarsi complessivamente paragonabili con le considerazioni precedenti e sempre ampiamente al di sotto dei valori limite normativi.