

Aeroporto di Milano Linate  
Masterplan 2015-2030



**Studio di Impatto Ambientale**

*Quadro di Riferimento Ambientale*

ALLEGATO QAMB.A01

Studio specialistico a supporto della  
Componente Atmosfera



*Università degli Studi di  
Milano-Bicocca  
Dipartimento di Scienze  
dell'Ambiente e del Territorio*

## 1 INTRODUZIONE

Le analisi della componente qualità dell'aria presentate in questo capitolo riguardano i principali inquinanti originati nel settore del trasporto aereo, ovvero: il benzene (BNZ), il monossido di carbonio (CO), gli idrocarburi (HC), gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), le polveri sottili (PM<sub>10</sub>), e gli ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>).

Per ogni inquinante considerato, sono state determinate le concentrazioni al suolo mediante simulazioni effettuate con un modello matematico specialistico in grado di riprodurre le principali sorgenti presenti nell'area.

L'inventario delle emissioni è composto da:

- *traffico aeronautico*, valutato sia per le fasi di volo sia per le fasi di circolazione a terra;
- *traffico stradale*, distinto in traffico complessivo e traffico indotto dalle attività aeroportuali (ovvero quella componente del traffico totale legata ai movimenti di autoveicoli che trasportano merci, personale o passeggeri da e per l'aeroporto),
- *impianti di produzione di energia* di proprietà del gestore aeroportuale.

Come scenario di riferimento si è scelto l'anno 2015 e i risultati relativi a questo periodo di osservazione verranno presentati per i trimestri: gennaio-marzo; aprile-giugno; luglio-settembre e ottobre-dicembre.

Si sottolinea che per validare i risultati della simulazione effettuata, si è preferito non considerare i dati prodotti dalla rete di monitoraggio di qualità dell'aria di ARPA Lombardia, in quanto attualmente non sono disponibili centraline di rilevazione collocate in prossimità del sedime aeroportuale.

L'analisi è stata svolta con uno dei software più diffusi in ambito aeroportuale, LASPORT (LASat for AirPORTs), sviluppato da Janicke Consulting, in collaborazione e per conto della German Airport Association (ADV), per il calcolo delle emissioni e della dispersione degli inquinanti generati da infrastrutture aeroportuali.

La costruzione del modello richiede che vengano fornite informazioni di dettaglio sia per le infrastrutture e la movimentazione degli aeromobili e dei veicoli, sia per quanto concerne i dati meteo-climatici.

I dati relativi al layout aeroportuale (pista, piazzole e percorsi a terra) e alle rotte di partenza e arrivo sono stati ricavati dalle pubblicazioni aeronautiche di riferimento (AIP).

I dati di operatività del traffico aereo sono stati forniti dal gestore aeroportuale attraverso due dataset: il primo è stato ricavato dalla BDV (Base Dati Volo) mentre il secondo, relativo ai tracciati radar, è stato estrapolato dal sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale. I dati del traffico stradale sono stati ricavati dallo studio viabilistico, che costituisce parte integrante dello Studio di Impatto Ambientale, mentre i consumi degli impianti di produzione di energia sono stati desunti dalla reportistica prodotta dal gestore aeroportuale nell'ambito del processo di Airport Carbon Accreditation.

Infine i dati meteo-climatici, relativi a precipitazione, temperatura, pressione atmosferica, velocità e direzione del vento, umidità relativa, radiazione globale e radiazione netta, sono stati forniti dal Servizio Meteorologico Regionale di ARPA Lombardia e si riferiscono alle centraline di Milano Lambrate, di Milano via Juvara e di Rodano.

## 1.1 IL MODELLO DI CALCOLO: LASPORT 2.0

Per offrire una migliore comprensione dello studio effettuato, si presentano innanzitutto le caratteristiche principali del modello di simulazione, facendo particolare accenno alla scelta dei parametri di calcolo e delle modalità di input.

Il calcolo delle emissioni è stato condotto attraverso un modello parametrico che si basa sui fattori di emissione della singola sorgente. Questi possono corrispondere a valori certificati<sup>1</sup>, possono essere definiti dall'utente o possono essere calcolati dal software attraverso uno speciale applicativo<sup>2</sup>.

In particolare, per la sorgente aeronautica, il software calcola i fattori di emissione di NO<sub>x</sub>, HC e CO. Quelli di CO<sub>2</sub> sono invariabilmente pari a 3,155 g/kg di combustibile, quelli di SO<sub>x</sub> sono pari a 0,8 g/kg di combustibile, quelli di BNZ sono stimati pari al 2% di quelli di HC, mentre quelli di PM<sub>10</sub> sono calcolati secondo la metodologia FOA3 (sviluppata dal Working Group 3 del CAEP8). Per quanto concerne infine le emissioni di NO e NO<sub>2</sub>, queste sono derivate da quelle di NO<sub>x</sub> dopo aver fissato uno specifico parametro di conversione<sup>3</sup>.

Per il calcolo della dispersione è stato impiegato un modello Lagrangiano, specificamente quello descritto nella norma VDI 3945 Part 3 [5].

### 1.1.1 Sorgenti e loro emissioni

#### *Gli aeromobili*

Le emissioni degli aeromobili dipendono dal modello, dalla motorizzazione (modello e numero di motori) e dalla configurazione di spinta adottata nelle singole procedure. Tipicamente per conteggiare le emissioni di un velivolo in prossimità dello scalo, si fa riferimento al cosiddetto ciclo LTO che include le procedure di avvicinamento, atterraggio, rullaggio verso la piazzola, sosta, avvio motori, rullaggio verso la pista, decollo e arrampicata verso la rotta.

---

<sup>1</sup> Per quanto concerne il traffico aeronautico il database del software raccoglie i dati di certificazione di ICAO (il riferimento è l'Annesso 16, Vol. 2), di FOCA e di altri soggetti (per esempio FAA, Pratt & Whitney Canada e Rolls Royce).

<sup>2</sup> In generale, nei modelli di calcolo in uso, i dati relativi al consumo di carburante e ai fattori di emissione sono quelli ricavati dal ICAO engine emission databank e si riferiscono ai valori misurati in fase di certificazione (effettuata secondo le procedure indicate nell'Annesso 16 ICAO, Vol. 2) in condizioni ISA e per quattro configurazioni di spinta. Le condizioni operative reali possono essere ovviamente molto diverse, dipendendo fortemente dalle condizioni meteorologiche, temperatura in primis, e dal peso degli aeromobili. Per questo motivo QinetiQ, in collaborazione con il gestore dell'aeroporto di Zurigo (Unique), ha sviluppato un applicativo, integrato in LASPORT, che permette il computo dei fattori di emissione, in ogni fase del volo, sulla base delle condizioni reali. L'applicativo, che prende il nome di ADAECAM, è usato per tutti gli aeromobili a getto ma non per quelli turbo elica o a pistone per i quali LASPORT utilizza i fattori di certificazione.

<sup>3</sup> L'initial mass fraction, default 0,15.

ICAO suddivide il ciclo LTO nelle quattro fasi di *Idle*, *Approach*, *Climb-Out* e *Take-off*. LASPORT applica invece una segmentazione più articolata prevedendo sei fasi:

- *AF, Approach Final*, si tratta del segmento di discesa, tipicamente in asse alla pista inclinato sul piano orizzontale di 3°, percorso a velocità costante da una certa quota (che viene fatta corrispondere all'altezza di rimescolamento) fino al suolo;
- *AG, Approach Ground*, si tratta del segmento percorso in pista decelerando dal punto di "touch-down" fino al punto di uscita dalla stessa alla velocità di taxiing (roll-out);
- *ID, Idle*, con questo termine si considerano le fasi di taxiing, ovvero i segmenti percorsi a velocità costante dall'aeromobile in arrivo dal punto di uscita pista alla piazzola e dall'aeromobile in partenza da questa al punto di ingresso alla pista (corrispondente al punto di inizio decollo);
- *TG, Take-off Ground*, si tratta del segmento percorso in pista accelerando dal punto di ingresso fino al punto di "lift-off" (take-off roll);
- *CI, Climb Initial*, è il segmento percorso nella prima fase di arrampicata, dalla quota di terra (lift-off) alla quota di "cut-back" ovvero di riduzione di spinta;
- *CF, Climb Final*, il secondo segmento di arrampicata che si estende sino alla quota massima (corrispondente all'altezza di rimescolamento).

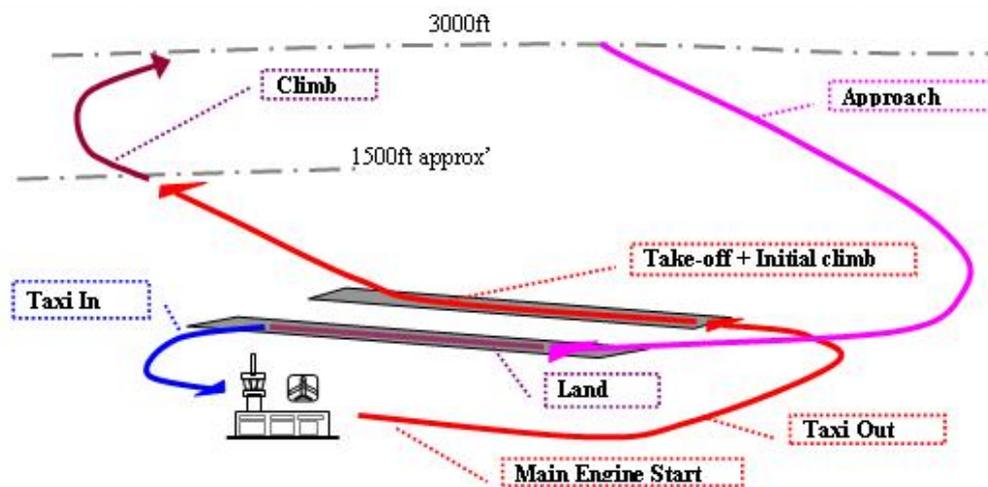


Figura 1, Fasi di un ciclo LTO

Il modello permette pertanto di riprodurre dei percorsi tridimensionali che interessano *airside* (pista, taxiway e piazzole) e *airspace* (spazio aereo prossimo all'aeroporto). Mentre i percorsi di taxiing sono vincolati dal layout dello scalo, quelli in pista e soprattutto quelli nello spazio aereo risultano più complessi e sono definiti per ciascuna categoria di aeromobile. In particolare, i segmenti di rullaggio in pista (roll-out in atterraggio, e take-off roll in decollo) variano per velocità e lunghezza al variare della tipologia di velivolo, generalmente in modo proporzionale al peso di questo.

L'avvicinamento, con un percorso vincolato dal punto di vista geometrico (nel volo strumentale è determinato dal segnale ILS), è condotto a velocità costante, variabile secondo la classe di aeromobile (anche in questo caso vi è proporzionalità fra velocità e peso del velivolo).

Per i profili di Climb-Out, una ulteriore complicazione è rappresentata dalla possibilità di tener conto delle condizioni meteo-climatiche (soprattutto di temperatura) e dalla capacità di riprodurre le performance di arrampicata dei diversi velivoli<sup>4</sup>.

LASPORT ha un database di circa 5.000 aeromobili che sono suddivisi in categorie conformemente alla normativa tedesca AzB relativa alle emissioni acustiche. Questa prevede quanto riportato nella seguente tabella.

**Tabella 1, Classificazione AzB degli aeromobili**

Aircraft Group	Aircraft Type	Descrizione
P 1.2	Piston	Elica, MTOW inferiore a 2 t
P 1.4	Piston	Elica, MTOW fra 2 e 5,7 t
P 2.1	Turboprop	Elica, MTOW superiore a 5,7 t
S 1.0	Business	Turbogetto, MTOW inferiore a 34 t
S 1.1	Regional	Turbogetto, MTOW fra 34 e 100 t
S 1.2	Small	Boeing 737
S 3.1	Small	Turbogetto, 2/3 motori MTOW superiore a 100 t
S 5.1	Regional	Turbogetto, MTOW inferiore a 50 t
S 5.2	Small	Turbogetto, MTOW fra 50 e 120 t, BPR superiore a 3
S 5.3	Small	Turbogetto, MTOW fra 50 e 120 t, BPR inferiore a 3
S 6.1	Medium	Turbogetto, 2 motori MTOW superiore a 120 t
S 6.2	Large	Turbogetto, 3/4 motori MTOW fra 120 e 300 t
S 6.3	Large	A340
S 7	Large	Turbogetto, 3/4 motori MTOW fra 300 e 500 t
S 8	Large	Turbogetto, 4 motori MTOW superiore a 500 t

Più precisamente il software utilizza il seguente schema di default:

- *Large (categoria J1), S8, S7.1, S6.2, S7, S6.3, S3.1, S3.2, S4;*
- *Medium (categoria J1), S6.1;*

<sup>4</sup> Il computo è effettuato con l'applicativo ADAECAM.

- *Small (categoria J1), S5.2, S5.3, S2, S1.3, S1.2;*
- *Regional (categoria J2), S5.1, S1.1;*
- *Business (categoria J2), S1.0;*
- *Turbopropeller (categoria J2), P2.1, P2.2;*
- *Propeller (categoria J2), P1.0, P1.1, P1.2, P1.3, P 1.4;*
- *HeliLarge (categoria H), H2, H2.1, H2.2;*
- *HeliSmall (categoria H), H1, H1.0, H1.1, H1.2.*

I dati di traffico possono essere inseriti utilizzando uno dei due seguenti metodi. Il primo, denominato **Scenario calculation**, aggrega i dati per ciascuna categoria di aeromobile offrendo una simulazione più rapida ma meno raffinata; il secondo, utilizzato nel presente studio, detto **Monitor calculation**, prevede invece l'input puntuale di ogni operazione e pertanto fotografa con precisione l'intero periodo di osservazione. In questo ultimo caso, i dati di traffico sono inseriti attraverso il cosiddetto *movement journal* che descrive nei dettagli ogni singolo movimento. Nel caso delle partenze, questo descrive il movimento compiuto dal veicolo dalla rimozione dei tacchi in piazzale all'instradamento in rotta; nel caso degli arrivi, questo descrive le fasi comprese tra l'avvicinamento e l'arrivo in piazzale con la posa dei tacchi.

Il *movement journal* può avere diversi gradi di dettaglio. Nello studio si è utilizzato un dettaglio piuttosto elevato compilando i seguenti campi: *Flight identifier (FID)*, *Actual Time of Arrival or Departure* (touch-down/start of acceleration, **ATA/ATD**), *ON-Block or Off-Block time* (posa/rimozione tacchi **ONB/OFB**), *AirCraft Group (ACG)*, *AirCraft Type (ACT)*, *Number of ENgines (NEN)*, *engine identifier (UID)*, *Great Circle Distance (GCD)*, *stand POsition Area (POA)*, *RunWaY (RWY)*, *departure ROUte (ROU)*.

Una parte di questi dati è stata fornita dal gestore, mentre un'altra è stata ricavata dalle tabelle di sistema del software o da database liberi in internet.

Più specificamente il gestore ha fornito:

- una estrazione della BDV relativamente alle informazioni generali delle operazioni di volo come orari, tipo di operazione, modello dell'aeromobile, marca, scalo di destinazione o provenienza, numero di volo, compagnia aerea, stand;
- la componente descrittiva dei tracciati radar, estratta dal software di monitoraggio del rumore aeroportuale SARA, costituita essenzialmente da modello aeromobile, numero di volo, orario, tipo operazione, pista e rotta in uso.

I dati delle tabelle di sistema del software sono costituiti invece dal dataset relativo agli aeromobili dove sono elencati i modelli disponibili, la loro classe di appartenenza e la motorizzazione (con numero e codice identificativo del motore).

Per il solo campo relativo alla posa/rimozione dei tacchi (**ONB/OFB**), non è stato utilizzato il dato fornito, che presenta in alcuni casi valori non riproducibili, ma si è proceduto a un calcolo approssimativo. In particolare assumendo per tutti gli aeromobili una velocità di

taxiing di 30 km/h, ipotizzando una maggiorazione (4 minuti per gli aeromobili in partenza, 3 minuti per gli aeromobili in arrivo) per considerare possibili rallentamenti o fermate intermedie, i tempi di posa e rimozione tacchi sono stati determinati a partire da quelli di atterraggio o decollo applicando le correzioni indicate in Tabella 2.

**Tabella 2, Durate fase di taxiing (minuti.secondsi)**

RWY	POA	TIME_DEP (-)	TIME_ARR (+)
18	GA	8.05	9.20
18	Main	4.10	8.00
18	South	4.10	6.20
36	GA	12.45	5.05
36	Main	8.05	3.55
36	South	7.20	3.10

#### *GSE, APU*

I mezzi di servizio all'aeromobile presso le piazzole di sosta, così come l'APU, sono considerati come unità indipendenti ma sono associati di default a uno specifico modello di aeromobile e non ne è pertanto richiesto un input diretto.

#### *Il traffico veicolare*

Per quanto concerne il traffico veicolare, il software prevede un calcolo semplificato: vengono determinate dapprima le emissioni totali annue sulla base dei flussi medi giornalieri e le stesse vengono poi ridistribuite nel periodo in esame conformemente agli specifici profili mensili, settimanali e giornalieri.

#### *Altre Sorgenti*

Oltre alla sorgente aeronautica e veicolare nello studio si è voluto considerare anche il contributo della centrale di cogenerazione di SEA Energia. L'impianto si trova nel settore nord-ovest del sedime e fornisce riscaldamento ed energia elettrica all'aeroporto di Milano Linate e teleriscaldamento (il cosiddetto teleriscaldamento Milano- Est) a una ampia area urbana compresa fra le vie Salomone, Ungheria, Forlanini, Mecenate e Fantoli.

Come riportato nel sito internet del gestore della centrale, "L'impianto è costituito principalmente da tre gruppi di cogenerazione, provvisti dei relativi sistemi ausiliari. Le apparecchiature sono adatte per funzionare in servizio continuo per circa 8000 ore anno. Il motore primo di ciascun gruppo di cogenerazione è un motore alternativo a combustione interna con potenza elettrica utile di circa 8000 kW e, alimentato a gas naturale per la produzione combinata di energia elettrica e termica, il WARTSILA 20V34SG. L'energia termica è prodotta da un sistema di recupero termico dai gas di scarico dei motori, sotto forma di acqua surriscaldata (circa 150°C in mandata e 90°C sul ritorno) e dai fluidi di raffreddamento dei motori. La potenza termica complessiva, recuperata dai gas di scarico,

è di circa 18 MWt, a cui va aggiunta la quota di recupero dai fluidi di raffreddamento, sotto forma di acqua calda (circa 70°C in mandata e 55°C sul ritorno), per complessivi 6 MWt”.

Dal punto di vista della modellizzazione, LASPORT consente di definire le caratteristiche fisiche e gas-dinamiche dell'impianto, ovvero la localizzazione del punto di emissione (camino) e un parametro, heat flux (che equivale al cosiddetto thermal plume rise come definito in VDI 3782 Part 3 [6]) che può essere calcolato dalla velocità e dalla temperatura dei fumi. Per ogni inquinante è infine fornita la massa prodotta su base annua. A tal proposito, in considerazione del consumo quasi esclusivo di gas naturale (metano) e della tecnologia impiegata nell'impianto, si è risolto di considerare la sola produzione di NO<sub>x</sub>, CO e CO<sub>2</sub>. In particolare per i primi due, a partire dai consumi di gas [8] sono stati impiegati i coefficienti:

- 1.602 kg NO<sub>x</sub> / 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>
- 1.346 kg CO /10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>

I consumi di CO<sub>2</sub> sono stati invece ricavati dalla reportistica inerente il processo di Airport Carbon Accreditation di SEA.

### 1.1.2 Tipi di inquinanti in esame e computo delle emissioni

#### *Emissioni degli aeromobili*

Per ogni operazione, la massa di inquinante prodotta è determinata dal prodotto del rateo di emissione di ciascuna fase del ciclo LTO interessata (g<sub>inquinante</sub>/secondi) per la sua durata.

Il rateo di emissione è calcolato sulla base del consueto modello parametrico che associa la produzione di sostanze inquinanti al consumo di combustibile attraverso i fattori di emissione:

$$\text{rateo di emissione (g}_{\text{inquinante}} / \text{s}) = \text{consumo (kg}_{\text{combustibile}} / \text{s}) * \text{fattore di emissione (g}_{\text{inquinante}} / \text{kg}_{\text{combustibile}})$$

Per quanto concerne il consumo di combustibile, in modalità “Scenario calculation”, il modello utilizza dei valori di default (ICAO ecc.), associati a ciascuna fase operativa dell’LTO. Nel caso si utilizzi invece la modalità “Monitor calculation”, come già indicato, i consumi possono essere calcolati attraverso ADAECAM che elabora un profilo tridimensionale sia per quanto concerne la geometria sia per quanto concerne i parametri di performance.

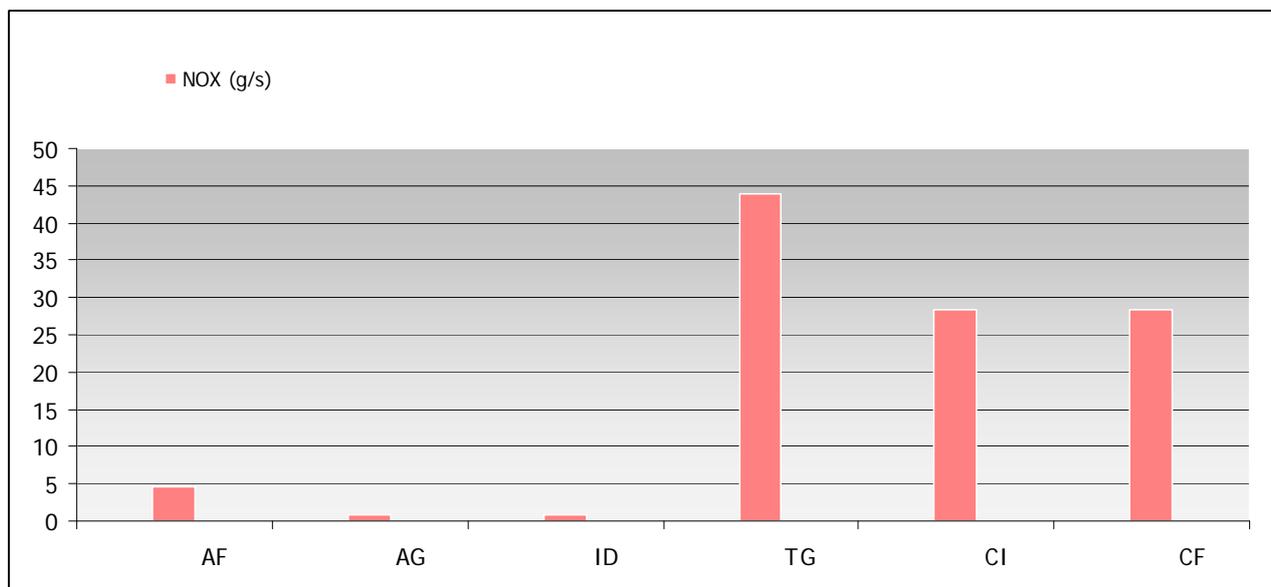
Per il computo dei *Times-In-Mode*, ovvero delle durate delle fasi di un ciclo LTO, sono previsti differenti metodi rispondenti alle due modalità di input citate (a cui se ne aggiunge una semplificata “Simple emission calculation (ICAO 9889)”). Nella modalità scelta di **Monitor calculation**, i dati di traffico sono calcolati a partire dal movement journal.

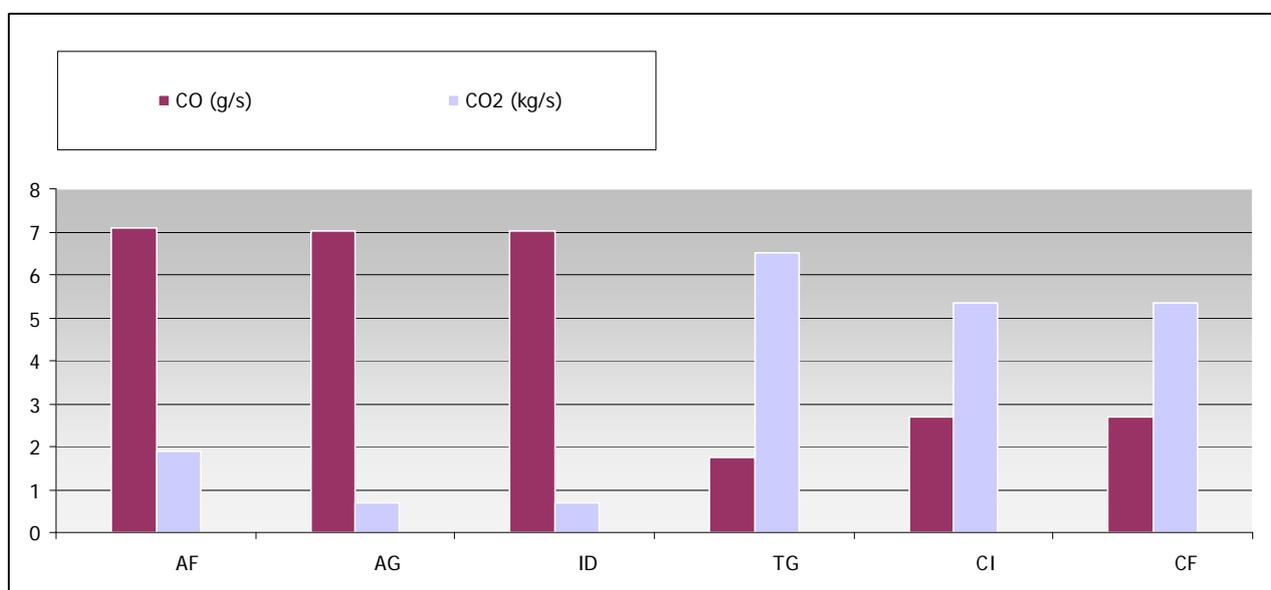
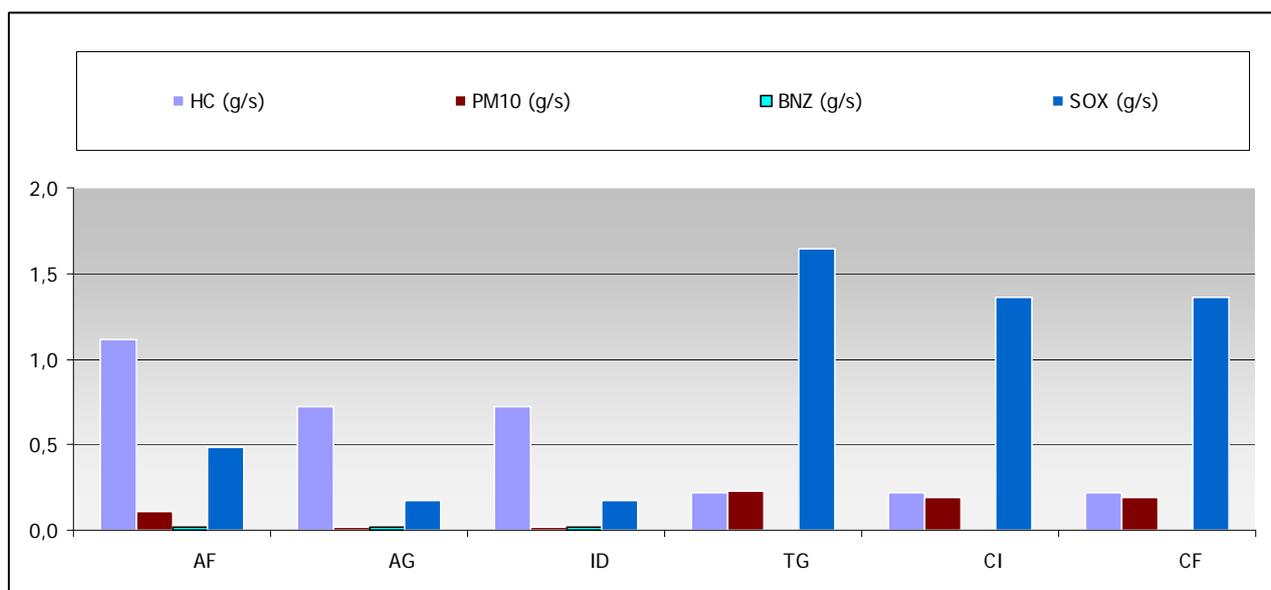
In Tabella 3 e nelle successive figure si presentano i quantitativi emessi in ciascuna fase calcolati a partire dai fattori di emissione registrati in fase di certificazione ICAO per gli

aeromobili di categoria Small (famiglie A320, B737) largamente utilizzati presso lo scalo di Milano Linate (la sigla FF riportata in tabella indica il flusso di carburante misurato in kg/s).

**Tabella 3: Emissioni da valori di certificazione, categoria Small**

	AF	AG	ID	TG	CI	CF
FF (kg/s)	0,60	0,22	0,22	2,06	1,70	1,70
NO <sub>x</sub> (g/s)	4,62	0,84	0,84	43,82	28,42	28,42
HC (g/s)	1,11	0,72	0,72	0,22	0,22	0,22
CO (g/s)	7,09	7,01	7,01	1,76	2,70	2,70
PM <sub>10</sub> (g/s)	0,11	0,02	0,02	0,23	0,19	0,19
BNZ (g/s)	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
CO <sub>2</sub> (kg/s)	1,89	0,70	0,70	6,50	5,36	5,36
SO <sub>x</sub> (g/s)	0,48	0,18	0,18	1,65	1,36	1,36





Come si può osservare, per ogni tipologia di inquinante, il livello delle emissioni varia fortemente nelle diverse fasi, con andamenti anche contrastanti. Se infatti gli  $\text{NO}_x$ , gli  $\text{SO}_x$ , la  $\text{CO}_2$  e il  $\text{PM}_{10}$  hanno una relazione lineare con il flusso di carburante FF e quindi sono superiori nelle fasi di decollo, gli HC e la CO risultano invece prevalenti in atterraggio e nelle fasi di taxiing.

Al fine di apprezzare le differenze nei risultati utilizzando i fattori di emissione certificati e quelli calcolati, si sono analizzati i ratei di emissione (g/s) di un A319 (categoria Small) nella fase di Take-off Ground, la più impattante nel ciclo LTO. In Tabella 4 si riportano i valori ottenuti dai fattori di emissione certificati, mentre in Tabella 5 quelli ottenuti dai fattori di emissione calcolati con ADAECAM. In particolare si illustrano due situazioni analoghe -due decolli- una registrata a gennaio con una temperatura di  $-2^\circ\text{C}$ , l'altra a luglio con una temperatura di  $28^\circ\text{C}$ .

**Tabella 4, SCENARIO CALCULATION, Emissioni A319 (g/s) - fase Take-off Ground**

TEMP	FF	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
ISA	2.060	43,82	0,22	1,76	0,23	0,00	6.500	1,65

**Tabella 5, MONITOR CALCULATION, Emissioni A319 (g/s) - fase Take-off Ground**

TEMP (°C)	FF	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
- 2,2	1.402	17,96	0,43	2,06	0,13	0,005	4.423	1,12
+27,9	1.402	34,37	0,28	1,36	0,13	0,005	4.423	1,12

Come si può osservare, il consumo di combustibile e quindi le emissioni di NO<sub>x</sub> e PM<sub>10</sub> (oltre che di CO<sub>2</sub> e SO<sub>x</sub>) sono largamente inferiori nel caso reale rispetto alle condizioni di certificazione, mentre quelle di CO, HC e BNZ (anche se trascurabili) sembrano dipendere fortemente dalle condizioni meteo-climatiche.

In particolare, le basse temperature risultano avere un effetto peggiorativo per le emissioni di CO e HC. Una tendenza contraria a quella delle emissioni di NO<sub>x</sub>.

*Emissioni da altre sorgenti: traffico veicolare e servizi alle piazzole*

Il modello consente di riprodurre sia i veicoli che operano all'interno dell'aeroporto (*airside*) sia quelli che si muovono sulla rete viaria esterna (*landside*). Le emissioni sono calcolate sulla base di specifici fattori e sul volume di traffico registrato, distinguendo tre categorie: auto passeggeri (PC, Passenger cars), mezzi pesanti (HGV, Heavy Goods Vehicles) e veicoli commerciali leggeri (LCV, Light Commercial Vehicles). Nello studio non sono stati considerati i veicoli che percorrono la rete stradale interna all'aeroporto poiché il parco auto del gestore aeroportuale e degli operatori di handling risulta costituito largamente da veicoli elettrici che pertanto non hanno emissioni dirette.

In Tabella 6 si riportano i fattori di emissione utilizzati nello studio, calcolati con modello di calcolo specifico<sup>5</sup> (NO<sub>x</sub>, CO, PM, HC) e in parte ricavati dalla banca dati realizzata annualmente da ISPRA e pubblicata nella rete SINANET per l'anno 2014 (BNZ, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>).

**Tabella 6, Fattori di emissione dei veicoli (g/km) - Scenario di baseline**

Tipo	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
PC	0,365	0,093	0,668	0,010	0,0030	163,0846	0,0006
HGV	5,166	0,383	1,287	0,144	0,0002	606,9614	0,0029
LCV	0,794	0,074	0,459	0,048	0,0017	240,6673	0,0012

<sup>5</sup> Considerando le statistiche relative al parco veicolare in Lombardia (desunte da ACI – Autoritratto) e una velocità media di 50 km/h.

Per quanto concerne le altre sorgenti, trattate come sorgenti areali di dimensioni coincidenti con la piazzola di riferimento, si distinguono:

- APU<sup>6</sup>, GPU, che sono le unità di generazione elettrica di supporto all'aeromobile per i servizi in cabina;
- Handling Facilities o GSE<sup>7</sup>, che comprendono tutti i mezzi per i servizi necessari alla preparazione dell'aeromobile a un nuovo volo o allo sbarco: trattori per il rimorchio, autobotti per il rifornimento di carburante, unità di riscaldamento o condizionamento dell'aria, veicoli per il catering e le pulizie di cabina, mezzi per il de-icing, navette per il trasporto passeggeri o dell'equipaggio, mezzi per il lavaggio dell'aeromobile, per la pulizia del piazzale in caso di neve, le scale, carico e scarico della stiva ecc.

Sono contemplate anche le emissioni degli aeromobili nella fase di avvio motori (Start)<sup>8</sup>.

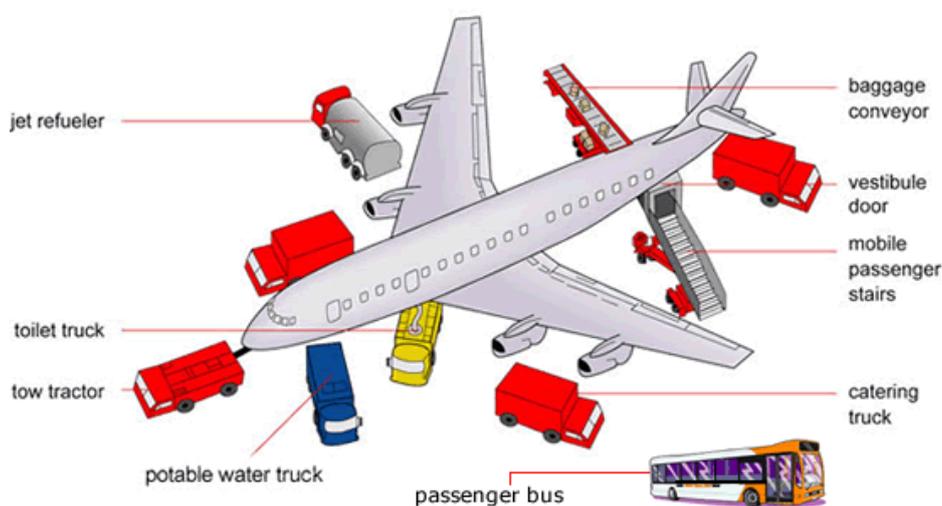


Figura 2, Principali GSE

<sup>6</sup> Il software, conformemente a quanto previsto dal documento ICAO 9889, considera separatamente la fase prima della partenza e quella dopo l'arrivo. Sono distinte tre modalità di funzionamento, *Normal Running* (NR, funzionamento normale, la cui durata è definita in *Traffic, Times*), *Start and Stabilization* (SS, avvio e raggiungimento delle condizioni di pressione/velocità previste) e *High Load* (HL, carico massimo, corrispondente all'avvio dei motori). Per ogni modalità, per ogni categoria di aeromobile, per ogni inquinante, sono identificati dei fattori di emissione.

Per la fase antecedente la partenza, a prescindere dall'aver impostato o meno una durata di NR, sono previste emissioni di SS e HL; per la fase successiva all'arrivo non si hanno condizioni di HL mentre quelle di SS sono previste solo nel caso in cui i tempi di NR siano settati non nulli. I tempi di funzionamento sono determinati in accordo con le indicazioni del documento ICAO 9889. Nello studio si è scelto di settare a 0 i tempi di NR, assumendo che l'energia richiesta sia fornita principalmente dalla rete elettrica.

<sup>7</sup> Per ogni categoria di aeromobile è predefinita una certa massa (kg) di emissioni per ciclo LTO. Per maggior precisione il software consente di distinguere le emissioni al variare della tipologia di piazzola/piazzale, l'utente può scegliere fra *default, open, pier e cargo* (*Objects, Position Area, Handling/GSE type*).

Per ogni operazione e categoria di aeromobile sono impostate le durate di funzionamento (*Traffic, Times Handling/GSE Times - Default (min)*) che tuttavia servono solo a definire una ripartizione percentuale delle emissioni nelle due fasi del ciclo LTO ma non il quantitativo di inquinante emesso che è appunto predefinito.

<sup>8</sup> Sono previste solo emissioni di HC (vapori) per le quali il software utilizza un fattore predefinito per ogni categoria di aeromobile che esprime appunto il quantitativo di chilogrammi emessi.

Nelle successive tabelle si riportano ratei o valori di emissione. Per l'APU si propongono per esempio i dati del modello A994, associato ad aeromobili come A319 e A320.

**Tabella 7, APU rateo di emissione (g/min), modello A994 (A319, A320)**

	SS	HL	NR
FF	1,78	1,78	1,78
NO <sub>x</sub>	6,1	16,9	13,4
HC	44,4	1,5	1,6
CO	62,2	8,2	7,0
PM <sub>10</sub>	0,4	6,6	3,6
BNZ	0,9	0,0	0,0
CO <sub>2</sub>	5.608,9	5.608,9	5.608,9
SO <sub>x</sub>	1,4	1,4	1,4

Per quanto concerne i GSE, si presentano i valori previsti per la categoria Default impiegata nel modello. In questo caso per ogni categoria di aeromobile sono contemplati dei valori di emissione fissi che risultano proporzionali alla dimensione dei velivoli.

**Tabella 8, GSE emissioni (kg per ciclo LTO) - Categoria Default**

Tipo	FB	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Large	1,74E+01	6,80E-01	5,45E-02	2,44E-01	4,69E-02	1,09E-03	5,49E+01	1,39E-02
Medium	1,64E+01	6,36E-01	5,09E-02	2,27E-01	4,35E-02	1,02E-03	5,17E+01	1,31E-02
Small	5,16E+00	2,54E-01	2,05E-02	8,58E-02	1,56E-02	4,11E-04	1,63E+01	4,13E-03
Regional	2,80E+00	1,36E-01	1,12E-02	4,43E-02	7,36E-03	2,24E-04	8,84E+00	2,24E-03
Business	2,06E+00	1,09E-01	9,06E-03	3,45E-02	5,51E-03	1,81E-04	6,50E+00	1,65E-03
Turboprop	1,03E-01	5,80E-03	4,55E-04	1,75E-03	3,92E-04	9,10E-06	3,26E-01	8,26E-05
Piston	8,85E-02	4,97E-03	3,90E-04	1,50E-03	3,36E-04	7,80E-06	2,79E-01	7,08E-05
HeliLarge	1,03E-01	5,80E-03	4,55E-04	1,75E-03	3,92E-04	9,10E-06	3,26E-01	8,26E-05
HeliSmall	1,03E-01	5,80E-03	4,55E-04	1,75E-03	3,92E-04	9,10E-06	3,26E-01	8,26E-05

Per lo Start si hanno solo emissioni di HC. Per esempio, per la categoria Small sono pari a 0,298 kg per ciclo LTO (ovvero per partenza).

### 1.1.3 La dispersione degli inquinanti

LASPORT utilizza un modello di diffusione degli inquinanti di tipo lagrangiano, LASAT, che simula la traiettoria di un gran numero di particelle (si parla di *particle tracking*). Tale traiettoria rappresenta la soluzione della equazione di Langevin e si compone del moto medio (deterministico) e delle fluttuazioni turbolente (stocastiche). Il riferimento tecnico sono le norme tedesche VDI 3945 Part. 3 [5].

L'utente definisce i parametri che governano la dispersione, come il numero di particelle di simulazione, e la dimensione delle celle di osservazione, ovvero l'area di calcolo.

Per quanto concerne il primo aspetto, si determina, al variare del tipo di inquinante, quanta massa trasporta ciascuna delle particelle di simulazione: specificamente il parametro *quality level (q)* è legato al numero di particelle utilizzate nella simulazione, il parametro *quality mode* definisce il rateo ( $n/\text{sec}$ ,  $2^{q+2}$ ) con cui sono emesse dalla sorgente<sup>9</sup>.

Per quanto concerne il secondo aspetto, il modello consente di modulare spazialmente la dimensione delle celle di osservazione. Si offre la possibilità di avere un'alta risoluzione spaziale in prossimità delle sorgenti, ricoprendo poi un'area più ampia con una risoluzione inferiore, consentendo pertanto un'elaborazione più rapida su diverse griglie annidate l'una nell'altra. Nello studio si è mantenuta la stessa risoluzione su tutta l'area di calcolo con ampiezza delle celle pari a 50 metri.

Le condizioni ambientali che governano la diffusione sono modellizzate attraverso un preprocessore che calcola i profili meteorologici (orari) e il campo di vento tridimensionale. Sebbene nella simulazione si possano anche considerare profilo orografico e presenza di edificato, nello studio si è impostata la modalità "flat terrain". A prescindere dal tipo di terreno l'utente definisce le proprietà generali dell'area in cui gli inquinanti si propagano (in termini di *roughness length*, la rugosità del terreno, e *displacement height*, l'altezza al di sopra della roughness length dove il flusso è libero).

### 1.1.4 Il calcolo delle concentrazioni

LASPORT elabora le mappe delle concentrazioni al suolo risultanti dalla diffusione degli inquinanti emessi. Valutata cioè l'emissione primaria delle sostanze considerate ma non il processo di trasformazione a cui queste possono essere sottoposte nel cammino di propagazione.

Nel novero degli inquinanti, sia in considerazione della loro natura, sia in considerazione dei livelli che possono raggiungere nel caso di sorgenti aeronautiche, oggetto principale del presente studio, si è optato per trattare separatamente le concentrazioni di NO<sub>2</sub> elaborandole a partire dai valori calcolati per gli NO<sub>x</sub> totali.

---

<sup>9</sup> Può essere espresso "by default", se la massa trasportata da ciascuna particella è fissa e quindi il numero di particelle varia proporzionalmente alle emissioni, o "with a constant rate", se invece il rateo è costante nel tempo e perciò è la massa trasportata da ciascuna particella che varia con le emissioni.

In particolare, assumendo che una quota parte delle molecole di NO si vada nel tempo a trasformare in NO<sub>2</sub>, le concentrazioni sono state calcolate a partire dal rapporto medio misurato in una delle centraline del sistema di monitoraggio di ARPA Lombardia che meglio rappresenta il contesto territoriale dello scalo.

Prendendo quindi come riferimento la statistica del 2015 della centralina di Limito di Pioltello, i valori di NO<sub>2</sub> sono ricavati da quelli elaborati per gli NO<sub>x</sub> secondo uno schema, risultante dall'analisi di correlazione, che distingue fra livelli di concentrazione inferiori e superiori a 100 µgr/m<sup>3</sup>:

- NO<sub>x</sub> < 100 µgr/m<sup>3</sup>: NO<sub>2</sub> = 0,615 NO<sub>x</sub>
- NO<sub>x</sub> > 100 µgr/m<sup>3</sup>: NO<sub>2</sub> = 0,0593 ( NO<sub>x</sub> -100)+61,5

### 1.1.5 I dati meteorologici

LASPORT richiede informazioni meteo-climatiche orarie sia per determinare le condizioni che influenzano la propagazione degli inquinanti e quindi le concentrazioni al suolo (per esempio l'altezza di rimescolamento secondo il modello Boundary Layer Model scelto, LASAT versione 2.1), sia per calcolare le prestazioni degli aeromobili nelle fasi di volo e quindi i fattori di emissione.

Nel primo caso i dati richiesti sono velocità del vento, direzione del vento e un indicatore della turbolenza atmosferica, scelto fra lunghezza di Monin-Obukhov o classe di stabilità secondo Klug-Manier<sup>10</sup>. Nello studio è stata utilizzata quest'ultima calcolata secondo lo schema riportato nelle seguenti tabelle che distinguono periodo diurno e notturno [1].

**Tabella 9, Classe di stabilità di Pasquill a medie latitudini - periodo diurno (Radiazione globale)**

Vento [m/s]	Radiazione globale [W/m <sup>2</sup> ]					
	> 700	700 ÷ 540	540 ÷ 400	400 ÷ 270	270 ÷ 140	< 140
< 2	A	A	B	B	C	D
2 ÷ 3	A	B	B	B	C	D
3 ÷ 4	B	B	B	C	C	D
4 ÷ 5	B	B	C	C	D	D
5 ÷ 6	C	C	C	C	D	D
> 6	C	C	D	D	D	D

**Tabella 10, Classe di stabilità di Pasquill a medie latitudini - periodo notturno (Radiazione Netta)**

<sup>10</sup> Assimilabile a quella di Pasquill-Gifford, I molto stabile, II stabile, III/1 stabile-neutra; III/2 neutra-instabile, IV instabile, V molto instabile.

		Radiazione netta [W/m <sup>2</sup> ]		
		> -20	-20 ÷ -40	< -40
Vento [m/s]	< 2	D	F	F
	2 ÷ 3	D	E	F
	3 ÷ 5	D	D	E
	5 ÷ 6	D	D	D
	> 6	D	D	D

Nel secondo caso, ovvero per il calcolo dei fattori di emissione con ADAECAM, i dati richiesti sono quelli di temperatura, pressione e umidità. La temperatura alle varie altezze è calcolata a partire dal valore misurato al suolo impiegando il gradiente di temperatura ISA; la pressione è calcolata con la formula barometrica dalla quota e l'umidità è calcolata dal valore di umidità relativa attraverso le equazioni di Goff-Gratch. La temperatura risulta essere il parametro con maggior influenza (per esempio un incremento di 1°C porta in media a un aumento delle emissioni di NO<sub>x</sub> del 2%).

Come anticipato i dati utilizzati nello studio sono raccolti dal Servizio Meteorologico Nazionale di ARPA Lombardia (SMR) che fornisce liberamente i valori orari di precipitazione, temperatura, pressione atmosferica, velocità e direzione del vento, umidità relativa, radiazione globale e radiazione netta.

## 1.2 SCENARIO DI BASELINE 2015

### 1.2.1 Aeroporto e rotte di avvicinamento e decollo

Il modello di calcolo richiede che vengano descritte nel sistema geografico scelto<sup>11</sup> le principali infrastrutture aeroportuali su cui operano gli aeromobili, ossia la pista, le taxiway, i piazzali, nonché le rotte in uso.

Il riferimento tecnico per la riproduzione di tali oggetti è fornito da ENAV nella documentazione AIP, in AD 2 LIML (consultabile aggiornata al sito [www.enav.it](http://www.enav.it)).

In particolare nella Sezione 1 sono riportati, fra le informazioni generali, i dati geometrici della pista<sup>12</sup> il cui inserimento in LASPORT ha permesso poi di digitalizzare i percorsi di taxiing, i piazzali e le rotte.

Al fine di semplificare il modello, si è evitato di riprodurre le singole piazzole, inserendo invece in prossimità delle apron areas (piazzali) tre "position areas": due per il terminal (North Apron, nello studio denominate *Main* e *South*) e una per l'area di Aviazione Generale (West Apron, denominata *GA*).

Le singole taxiway sono state quindi riprodotte facendo riferimento alla Low Visibility Procedure Chart della Sezione 2. Lo schema successivo riassume sinteticamente il layout previsto per le partenze:

- taxiway dalle position areas Main e South alla testata 36: l'aeromobile esce dal North Apron e percorre verso sud la via di rullaggio (T) fino a giungere alla testata 36;
- taxiway dalla position area GA alla testata 36: l'aeromobile esce dal West Apron attraverso il raccordo N e lo percorre fino al North Apron per seguire poi sulla via di rullaggio (T) fino a giungere alla testata 36;
- taxiway dalle position areas Main e South alla testata 18: l'aeromobile esce dal North Apron attraverso il raccordo G, posizionandosi in prossimità della testata 18;
- taxiway dalla position area GA alla testata 18: l'aeromobile esce dal West Apron attraverso il raccordo N e lo percorre fino al North Apron per uscire sul raccordo G e posizionarsi in prossimità della testata 18;

Segue lo schema dei percorsi degli aeromobili in arrivo:

- taxiway da pista 36 alle position areas Main e South: l'aeromobile esce al raccordo G, inserendosi poi nel North Apron;
- taxiway da pista 36 alla position area GA: l'aeromobile esce al raccordo K, inserendosi poi nel West Apron;

<sup>11</sup> Il sistema di georeferenziazione adottato è quello Gauss Boaga fuso 32 (Monte Mario Italy 1) in conformità con la base cartografica rappresentata dalla Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) di Regione Lombardia.

<sup>12</sup> ENAV utilizza un sistema di riferimento WGS84 pertanto i dati sono stati convertiti nel sistema scelto.





### **1.2.2 Rete stradale**

L'aeroporto di Milano Linate si trova a pochi chilometri dal centro della città a cui è collegato attraverso una strada a scorrimento veloce (viale Forlanini, due corsie per senso di marcia), che prosegue verso nord nella SP 14 (strada Rivoltana).

Viale Forlanini costituisce anche il collegamento principale per gli abitati a sud, ovest e nord essendo direttamente accessibile dalla Tangenziale Est, così come la Rivoltana collega gli abitati a est. Quest'ultima è inoltre intercettata dalla strada provinciale SP 15b, collegamento principale con i centri a sud-est più vicini a Milano (soprattutto attraverso la strada statale SS415, strada Paulese).

Gli archi considerati nella simulazione sono quelli dell'area prossima al sedime aeroportuale dove i livelli di concentrazione della sorgente aeronautica hanno valori apprezzabili. Si tratta quindi dei due assi viale Forlanini - via Rivoltana e via Elio Vittorini - via Milano, che interessano rispettivamente l'abitato di Novegro (comune di Segrate) e l'abitato di Linate (Comune di Milano)

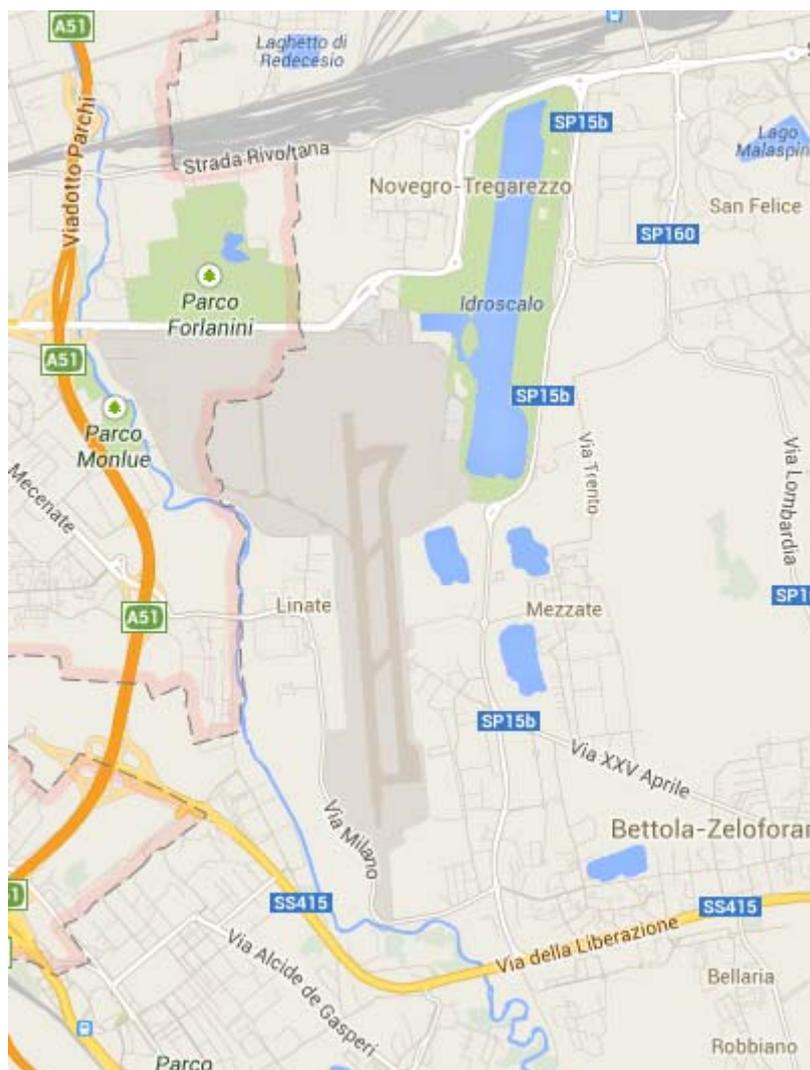


Figura 4, Rete stradale di collegamento all'aeroporto

### 1.2.3 Sistema di riferimento locale e area di calcolo

Il centro del sistema di riferimento locale scelto è quello relativo alla RWE della pista 18-36, (Testata 36, 5.031.255 N, 1.521.791 E, in coordinate piane Gauss Boaga).

L'area di calcolo (X: -2.000,+2.000; Y: -3.000, 2.000) è rappresentata da un grigliato di 80 x 180 nodi con maglie di ampiezza 50 metri. Comprende tutto l'intorno aeroportuale e si estende fino agli abitati di Segrate, a nord, e San Donato, a sud.

### 1.2.4 Dati di traffico aereo

Per quanto concerne l'input del traffico, come già anticipato, è stato possibile costruire il movement journal di tutto il 2015 attraverso un database che incrocia i dati della BDV con quelli relativi ai tracciati radar e quelli di sistema del software. In Tabella 11 si presenta una statistica sintetica del traffico registrato, facendo riferimento alle categorie specifiche di LASPORT, per ciascuna delle quali sono elencati i modelli che hanno operato con maggiore frequenza. Si può osservare come per le categorie Large (per esempio A346,

A380, B744, B772...) e HeliLarge (AS32, B412...) nell'anno in analisi non siano state registrate operazioni.

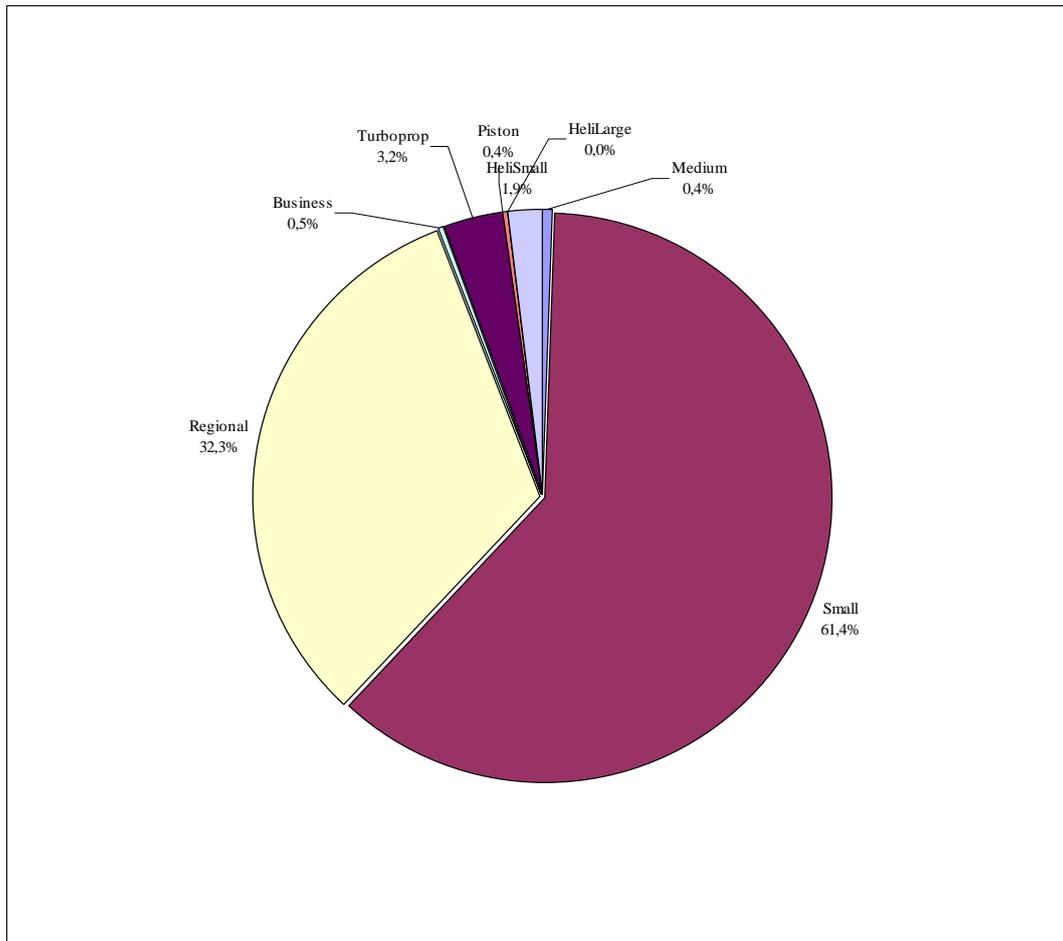
**Tabella 11, Gruppi Aeromobili**

Categoria	Aeromobili
Large	-
Medium	B762
Small	A319, A320, B737, MD82, A321, B738, B733, A318, B735, B739, MD83, B734
Regional	E170, E190, F900, F2TH, C56X, BA46, H25B, GLF5, C510, GLEX, LJ45, BE40
Business	C25C, HA4T, GLF3
Turboprop	AT72, DH8D, P180, PC12, P46T, BE20, BE9L, PA42, L410, C208
Piston	SR20, PA46, C172, PA30, P31T, PA34
HeliLarge	-
HeliSmall	A109, AS50, AS65, EC55

I movimenti trimestrali per ciascuna categoria di aeromobile risultano come riportato di seguito.

**Tabella 12, Movimenti trimestrali per categoria**

Categoria	I TRIM	II TRIM	III TRIM	IV TRIM	TOTALE 2015
Large	-	-	-	-	0
Medium	126	130	122	134	512
Small	16.987	18.960	19.307	17.574	72.828
Regional	9.039	10.441	9.856	8.932	38.268
Business	142	202	146	118	608
Turboprop	658	1.114	1.244	736	3.752
Piston	45	147	176	100	468
HeliLarge	-	-	-	-	0
HeliSmall	484	578	758	394	2214
Totale	27.481	31.572	31.609	27.988	118.650



**Figura 5, Composizione percentuale del traffico nel 2015**

Come si può osservare, nel 2015, l'aeroporto ha visto una sostanziale prevalenza di traffico di aeromobili a corridoio singolo (narrow-body di medio-corto raggio, qualificati in LASPORT come Small) di cui una quota rilevante è composta da A320 e A319.

La statistica riguardante l'uso delle piste, per le diverse categorie, distinguendo fra operazioni di arrivo e partenza, è presentata nelle seguenti tabelle.

**Tabella 13, Distribuzione degli arrivi (59.325)**

	36	18
Medium	256	-
Small	36.324	90
Regional	19.114	20
Business	304	-
Turboprop	1.872	4
Piston	234	-
HeliSmall	1.107	-

**Tabella 14, Distribuzione delle partenze (59.325)**

	36	18
Medium	256	-
Small	36.344	70
Regional	19.110	24
Business	304	-
Turboprop	1.873	3
Piston	234	-
HeliSmall	1.107	-

Per quanto concerne l'assegnazione alle diverse "position areas", il dato originale relativo allo stand in uso è stato rielaborato conformemente alla suddivisione delle due apron areas (North e West) nelle tre sezioni illustrate precedentemente. In Tabella 15 si riporta la statistica generale per le diverse categorie di aeromobile.

**Tabella 15, Operazioni per categoria sulle due apron areas**

Categoria	Main	South	GA
Medium	248	264	-
Small	68.360	4.338	130
Regional	21.133	865	16.270
Business	-	-	608
Turboprop	1.707	55	1.990
Piston	-	-	468
HeliSmall	-	-	2.214

Come si può osservare è confermata la logica prevalenza dell'uso delle piazzole del North Apron (Main e South nello studio) che serve l'Aviazione Commerciale.

### 1.2.5 Dati di traffico stradale

I dati relativi alla sorgente stradale sono stati ricavati dallo studio viabilistico allegato al SIA. In Tabella 16 sono riportati i flussi giornalieri complessivi medi. Si distinguono i flussi di autovetture (PC), mezzi pesanti (HGV) e veicoli commerciali leggeri (LCV). Per questi ultimi si è assunto, sulla base di statistiche dell'area, un valore pari all'8% dei veicoli leggeri conteggiati nelle elaborazioni dello studio viabilistico.

**Tabella 16, Flussi veicolari complessivi medi giornalieri**

	PC	HGV	LCV
Via Milano	9.627	1.184	837
Viale Forlanini	37.484	4.592	3.260
Circonvallazione	64.003	7.856	5.565

I. - Rivoltana			
Circonvallazione I. - Accessi	30.713	3.760	2.671
Accesso Terminal	10.731	1.312	933
Accesso Parking	11.084	1.360	964

Per quanto concerne invece la valutazione delle emissioni specifiche attribuibili al traffico indotto dalle attività aeroportuali (movimenti di autoveicoli che trasportano merci, personale o passeggeri da e per l'aeroporto) si è fatto riferimento ai flussi riportati in Tabella 17.

**Tabella 17, Flussi veicolari indotti medi giornalieri**

	PC	HGV	LCV
Via Milano	-	-	-
Viale Forlanini	17.452	2.138	1.518
Circonvallazione I. - Rivoltana	4.363	534	379
Circonvallazione I. - Accessi	21.815	2.672	1.897
Accesso Terminal	10.731	1.312	933
Accesso Parking	11.084	2.672	964

### 1.2.6 Dati meteo: statistiche mensili e presentazione delle elaborazioni

In questa sezione si presentano le statistiche relative ai valori orari di direzione e velocità del vento registrati dalla stazione ARPA di Milano Lambrate. Come evidenziato negli istogrammi riportati di seguito, nei dodici mesi le condizioni prevalenti sono risultate:

- a gennaio venti diffusi con frequenza maggiore da Nord (73 ore) e dal quadrante Ovest-Sud-Ovest/Ovest (139 ore) con velocità mediamente entro 2 m/s;
- a febbraio venti diffusi con frequenza maggiore da Nord (92 ore) con velocità mediamente entro 1,5 m/s;
- a marzo venti provenienti da Nord (79 ore) e da Est-Sud-Est con velocità mediamente entro 1,5 m/s;
- ad aprile venti diffusi con frequenza maggiore dal quadrante Est/Sud-Est (180 ore) e velocità mediamente entro 2 m/s;
- a maggio venti diffusi con frequenza maggiore dal quadrante Est-Sud-Est/Sud-Est (148 ore) e velocità mediamente entro 2 m/s;

- a giugno venti provenienti da Sud-Sud-Est/Sud (124 ore) con velocità mediamente entro 2 m/s;
- a luglio venti diffusi con frequenza maggiore dal quadrante Est-Sud-Est/Sud-Est -(173 ore) e velocità mediamente entro 2,5 m/s;
- ad agosto venti diffusi con frequenza maggiore dai quadranti Sud-Est/Sud (177 ore) e Nord-Nord-Ovest/Nord (112 ore) e velocità mediamente entro 2 m/s;
- a settembre venti provenienti dai quadranti Nord-Est/Est-Nord-Est (128 ore) e Est-Sud-Est/Sud-Est (141 ore) con velocità mediamente entro 2 m/s;
- a ottobre venti diffusi con frequenza maggiore dal quadrante Sud-Est/Sud (227 ore) e velocità mediamente entro 1,5 m/s;
- a novembre venti diffusi con frequenza maggiore dal quadrante Sud-Sud-Est/Sud-Sud-Ovest (202 ore) e velocità mediamente entro 1,5 m/s;
- a dicembre venti provenienti dal quadrante Sud-Est/Sud (248 ore) con velocità mediamente entro 1 m/s.

Si presentano anche dei grafici radar che illustrano le condizioni di direzione-velocità del vento più frequenti: sulle radiali, ovvero per ogni direzione di provenienza, si osserva il numero di occorrenze del valore di velocità del vento (riportato nel riquadro rosso) registrato con maggior frequenza. Così, per esempio, a gennaio la velocità prevalente del vento proveniente da Est-Nord-Est è stata prossima a 1 m/s (21 volte), la velocità prevalente del vento proveniente da Est è stata prossima a 1 m/s (15 volte), ecc.

Figura 6, Statistiche relative a direzione e intensità del vento nel primo trimestre (stazione di Milano - Lambrate)

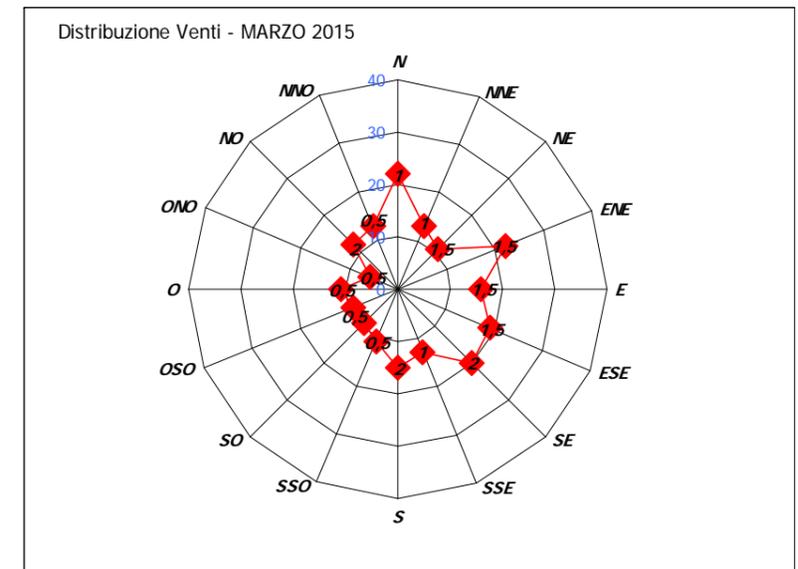
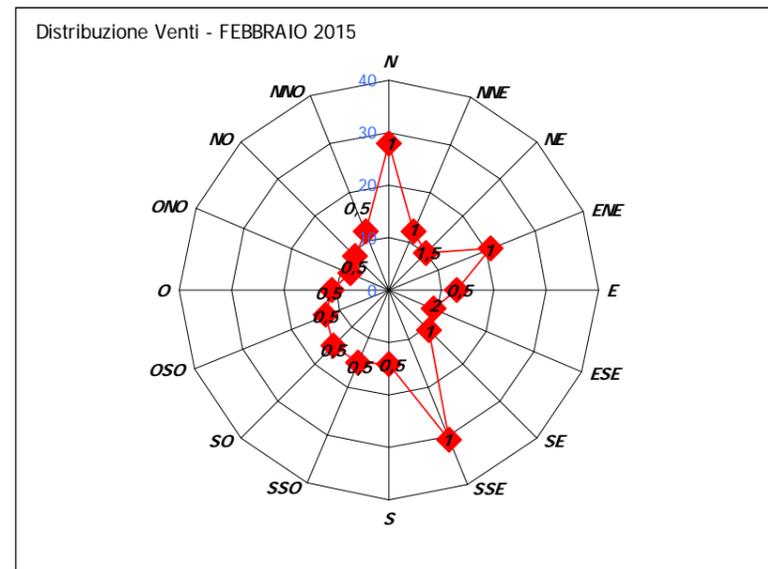
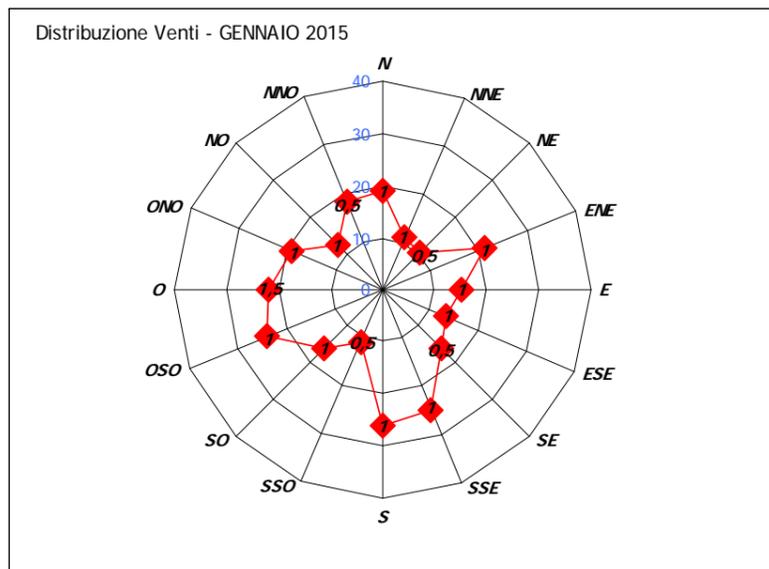
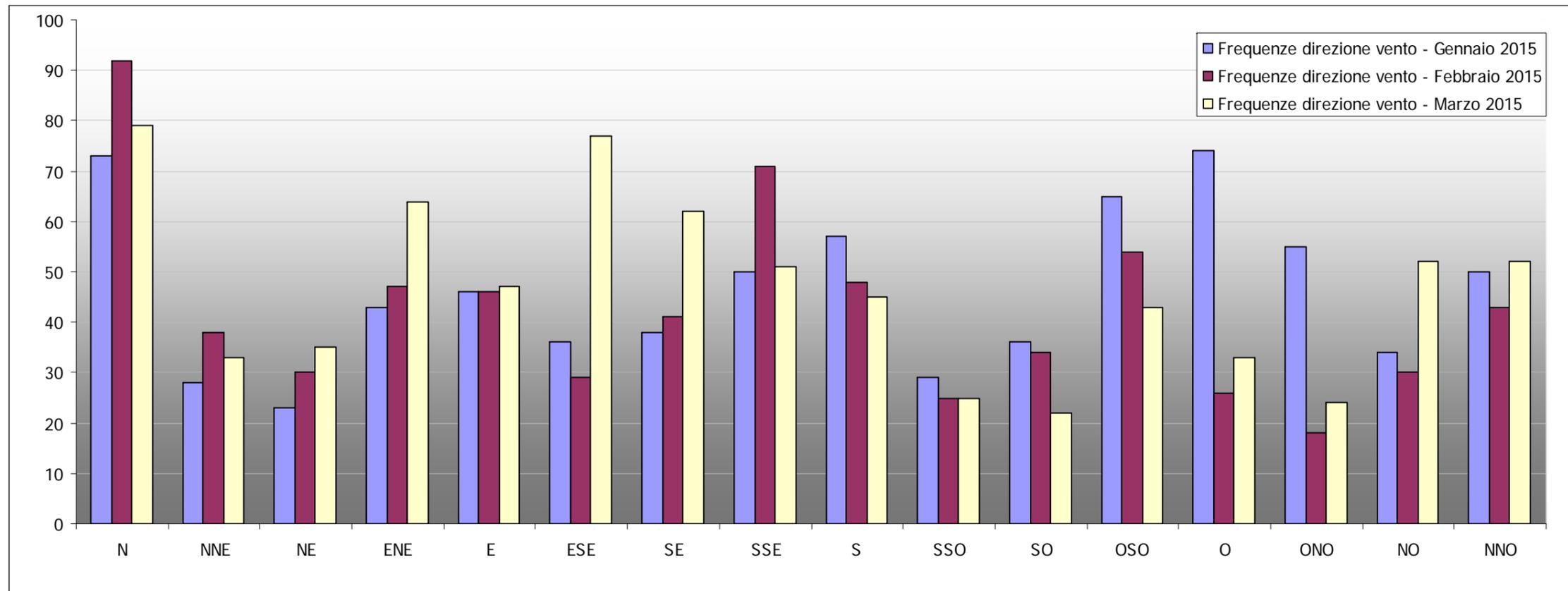


Figure 7, Statistiche relative a direzione e intensità del vento nel secondo trimestre (stazione di Milano - Lambrate)

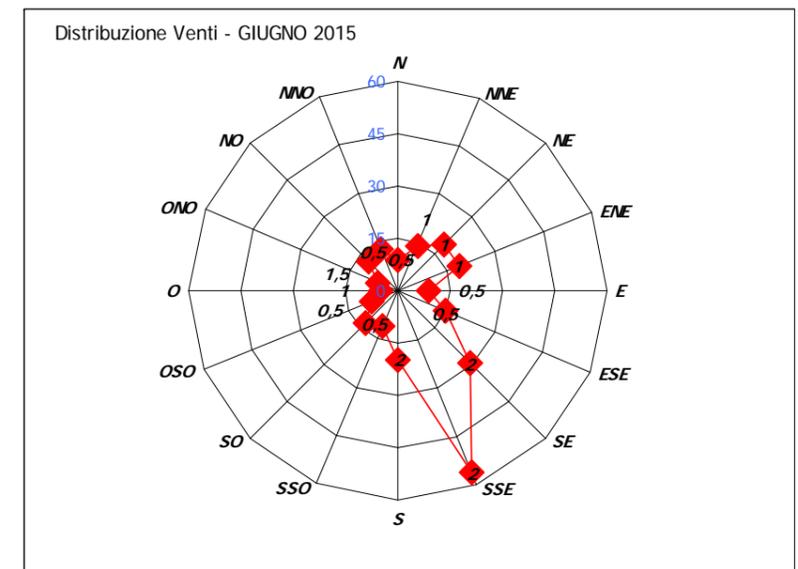
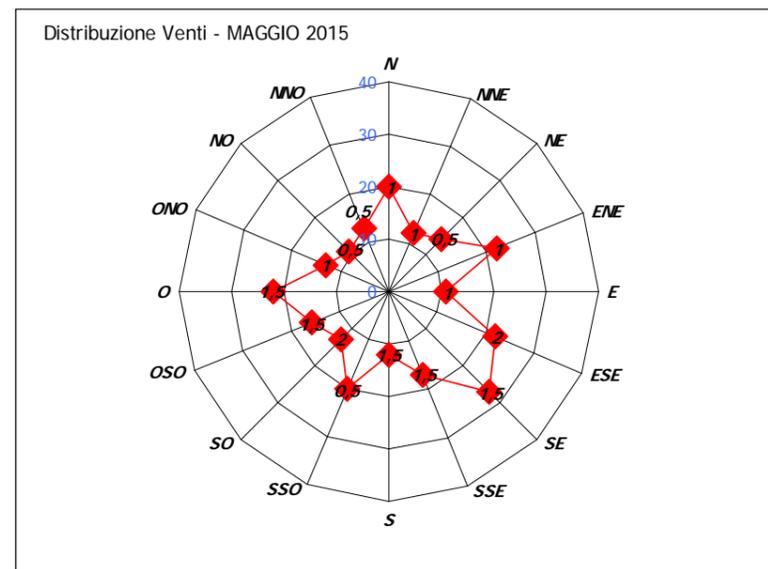
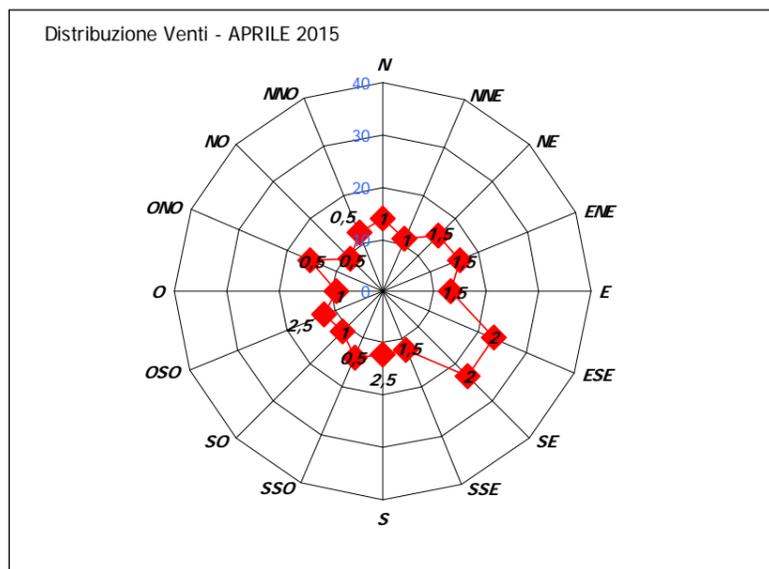
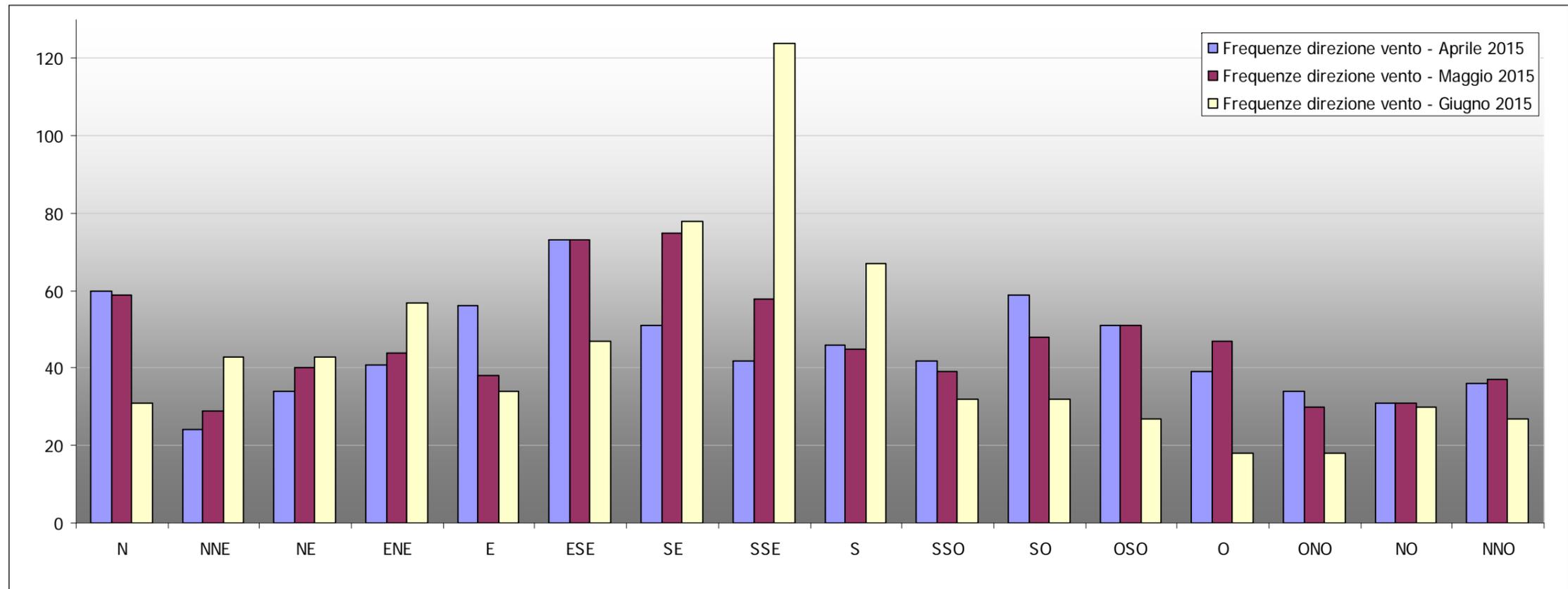


Figure 8, Statistiche relative a direzione e intensità del vento nel terzo trimestre (stazione di Milano - Lambrate)

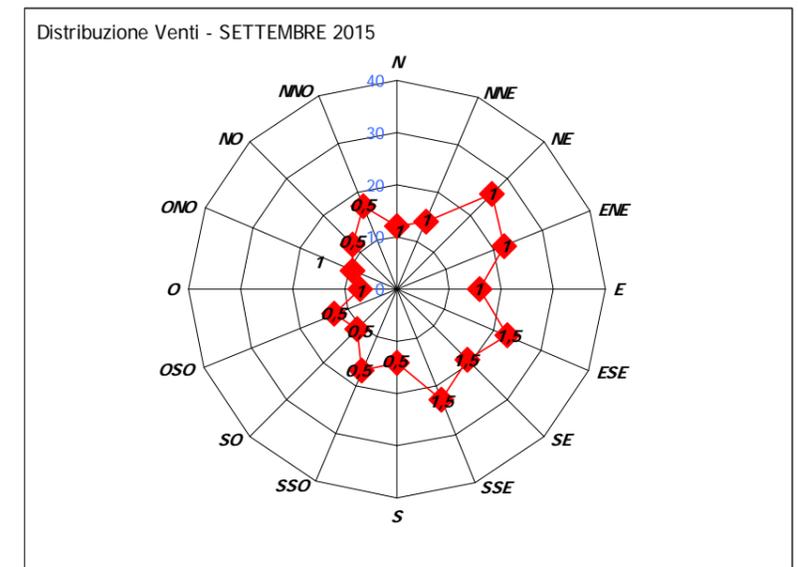
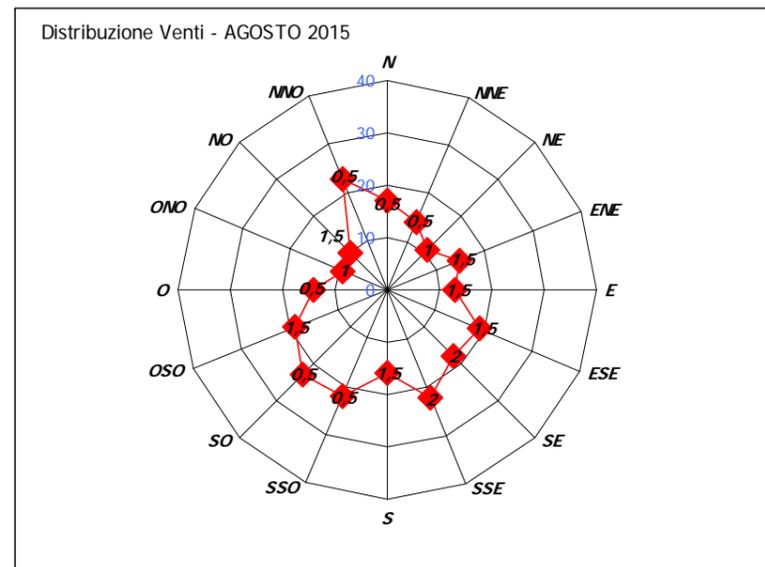
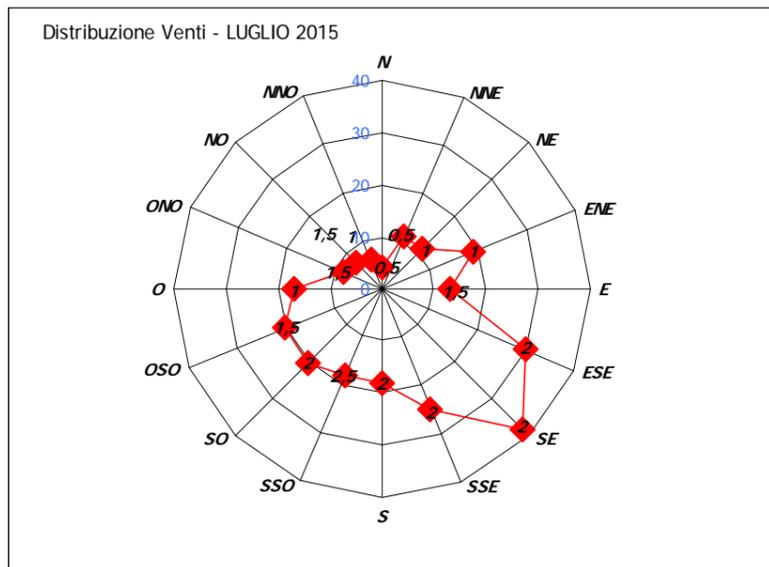
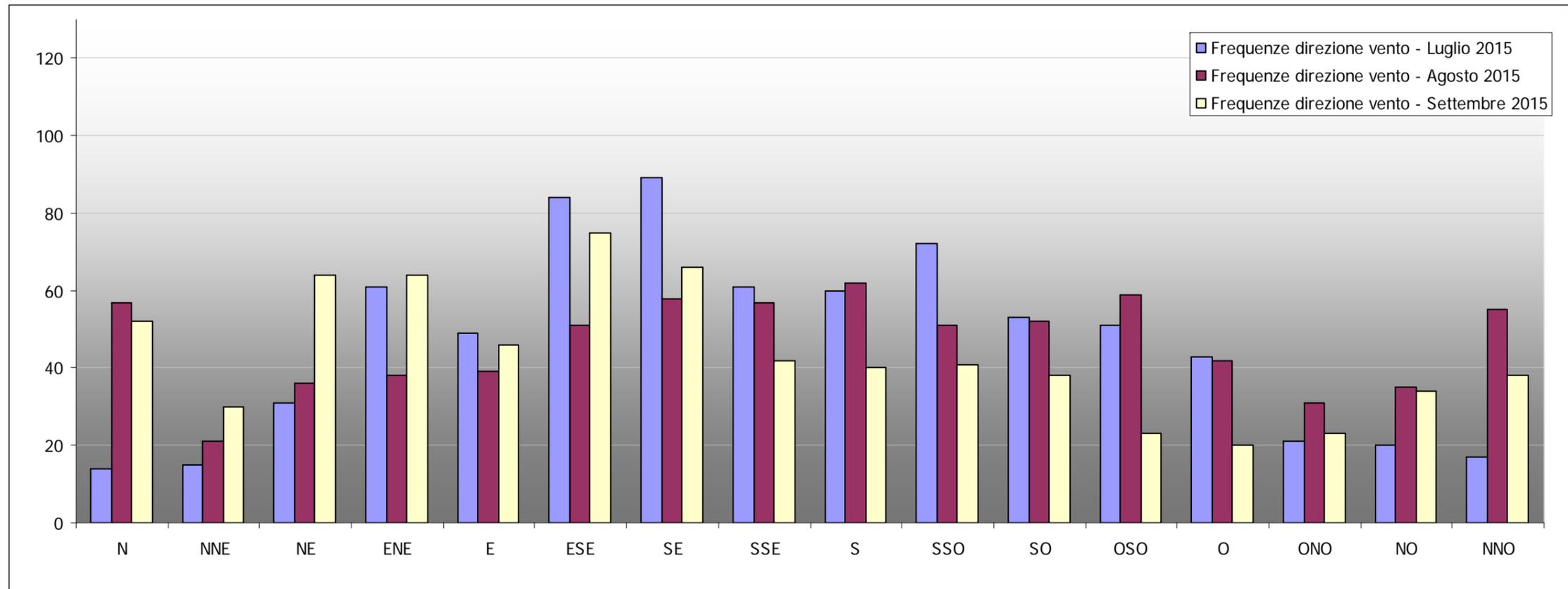
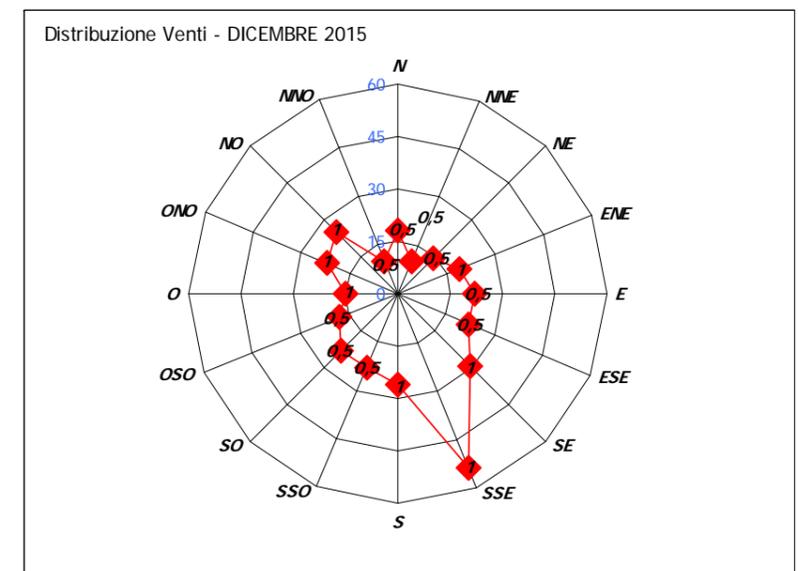
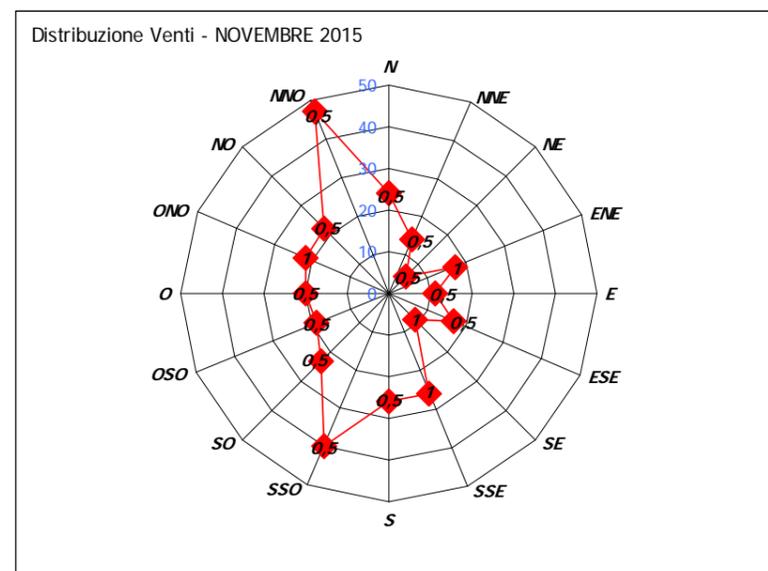
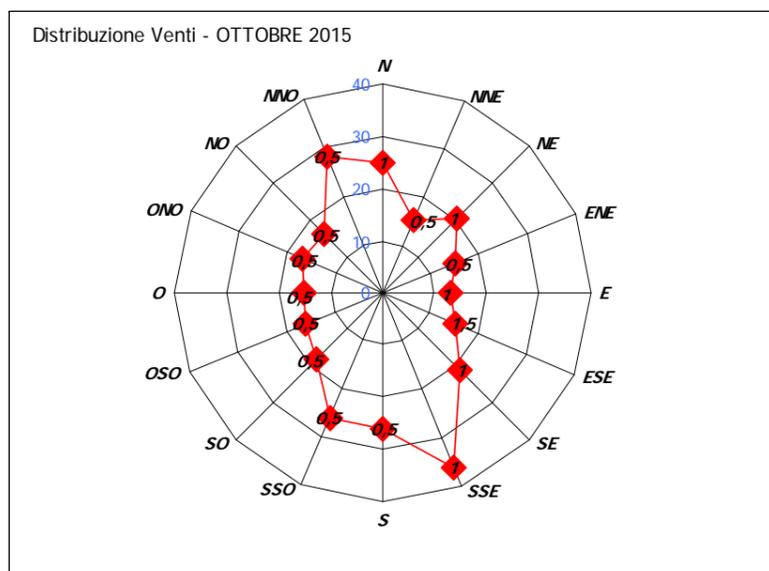
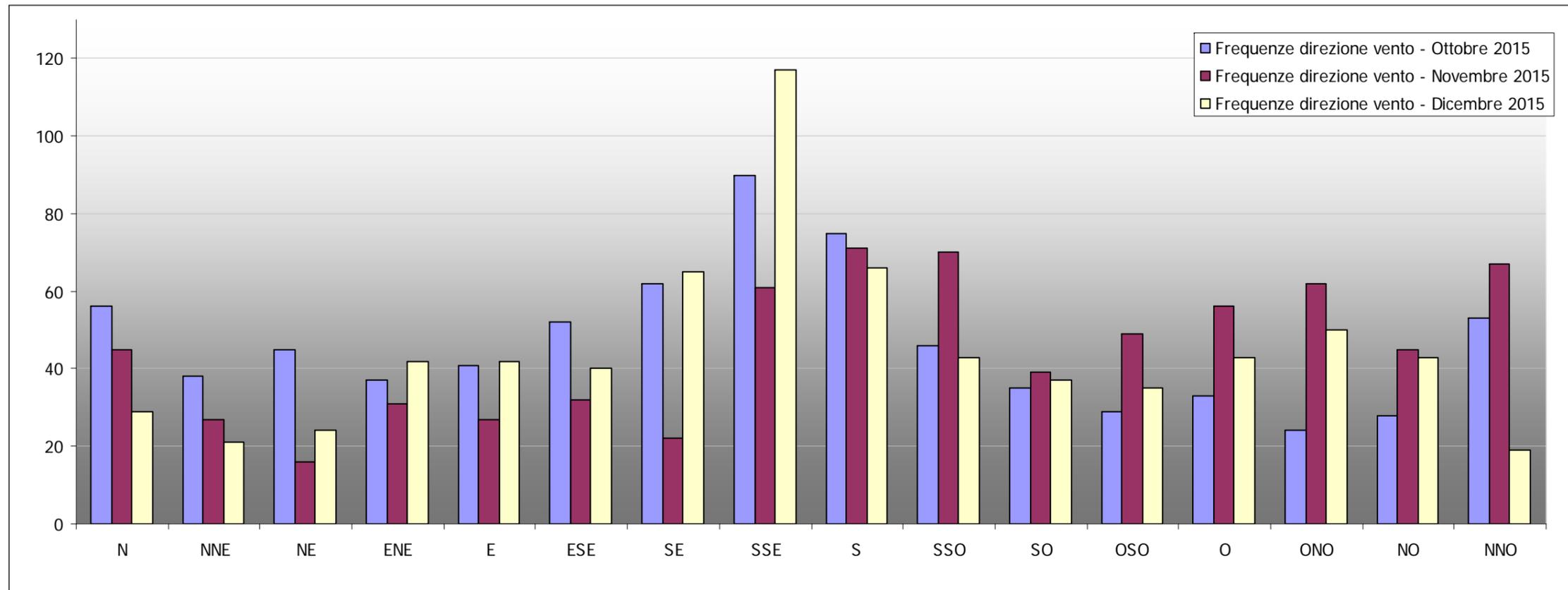


Figure 9, Statistiche relative a direzione e intensità del vento nel quarto trimestre (stazione di Milano - Lambrate)



### 1.2.7 Altri parametri meteorologici

In questa sezione si presentano gli andamenti mensili di altre grandezze meteo-climatiche: temperatura, umidità relativa, pressione e precipitazioni, distinguendo fra periodo diurno (06-23 conformemente alla normativa sul rumore), in cui si registra la quasi totalità delle operazioni, e periodo notturno (00-06, 23-00). Sono indicate anche le percentuali di funzionamento della centralina (stazione di Milano via Juvara, salvo che per le precipitazioni per le quali è stata impiegata quella di Rodano), mediamente superiori al 90% in tutti i mesi.

Istogrammi temperatura:

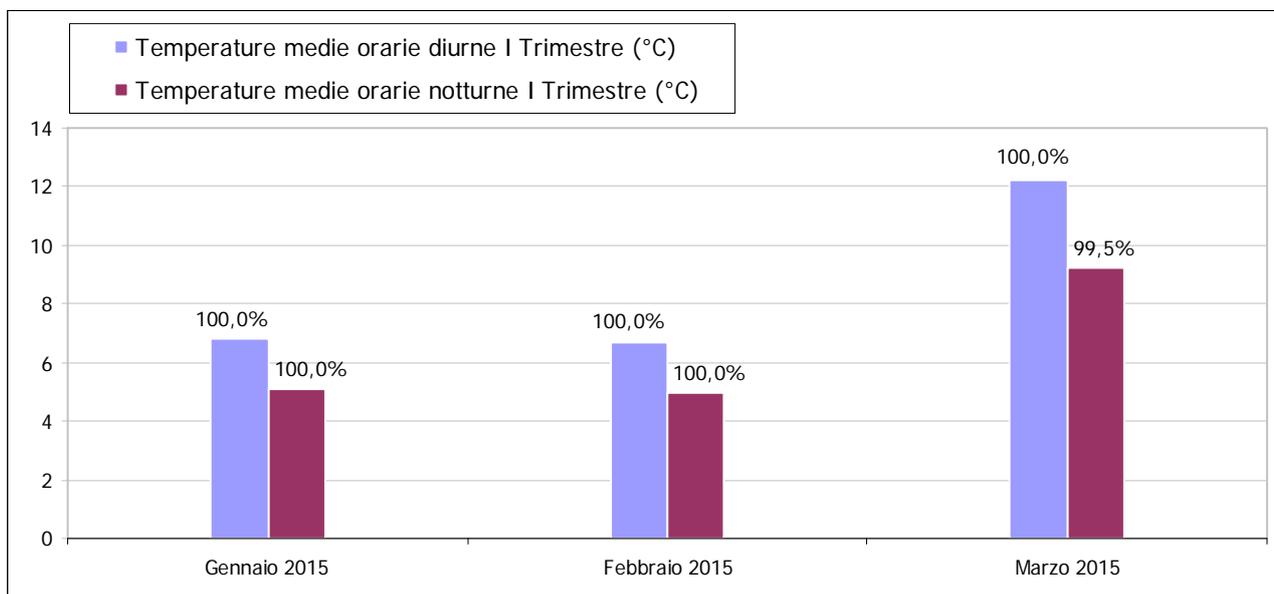


Figura 10, Valori di temperature mensili medi (stazione di Milano Via Juvara)

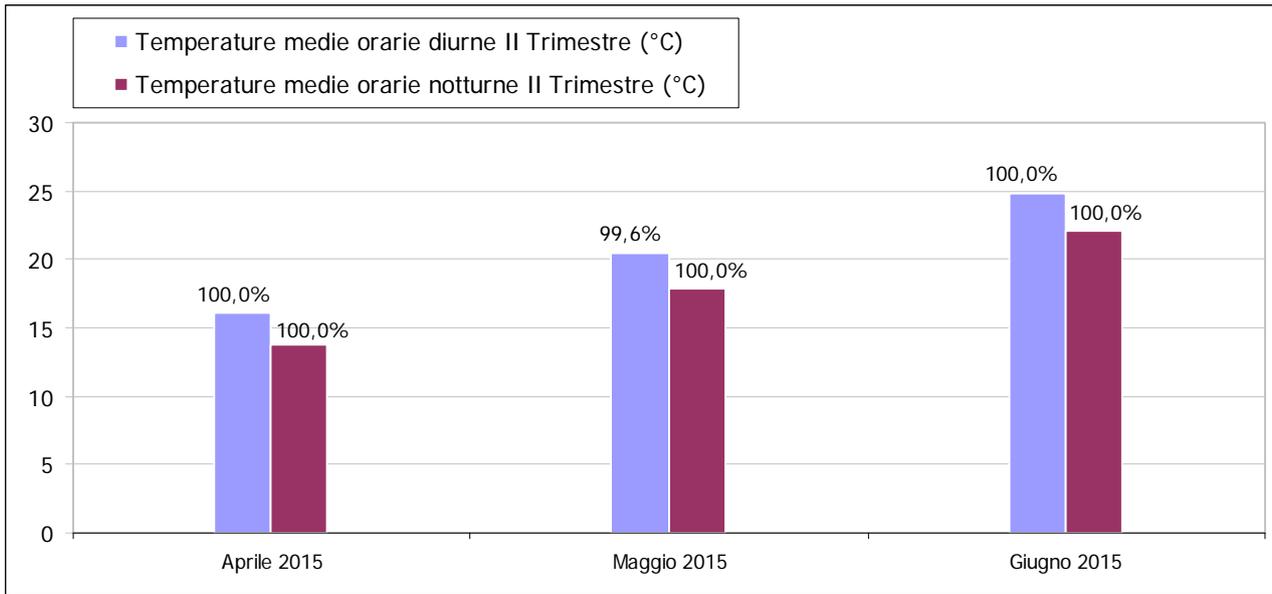


Figura 11, Valori di temperature mensili medi (stazione di Milano Via Juvara)

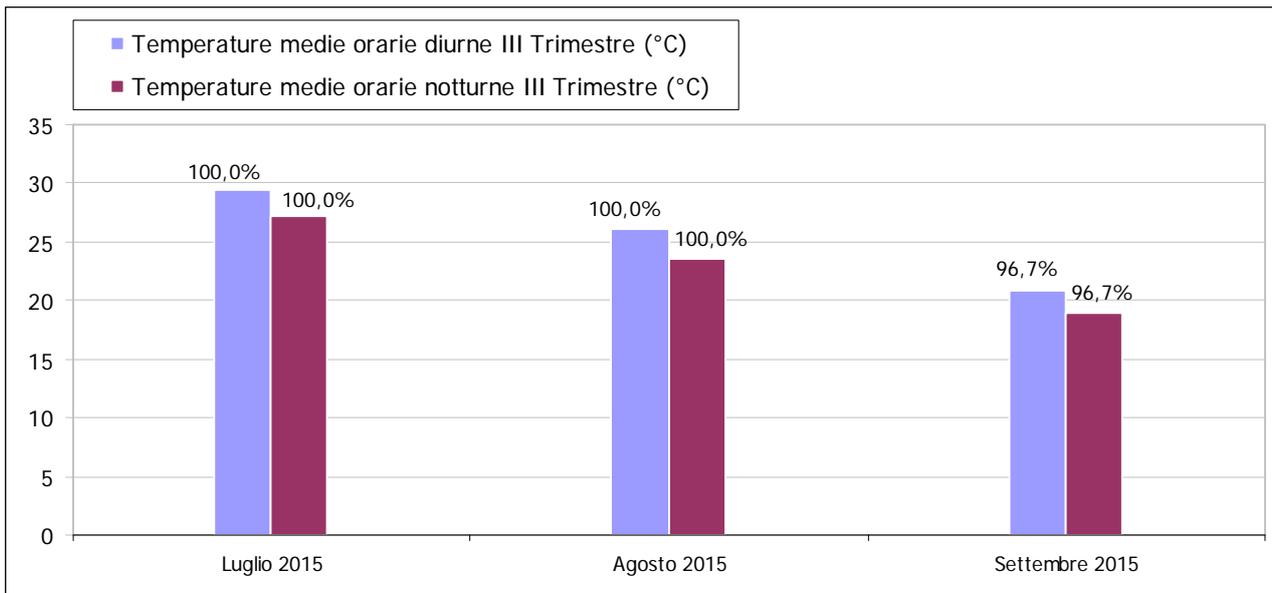


Figura 12, Valori di temperature mensili medi (stazione di Milano Via Juvara)

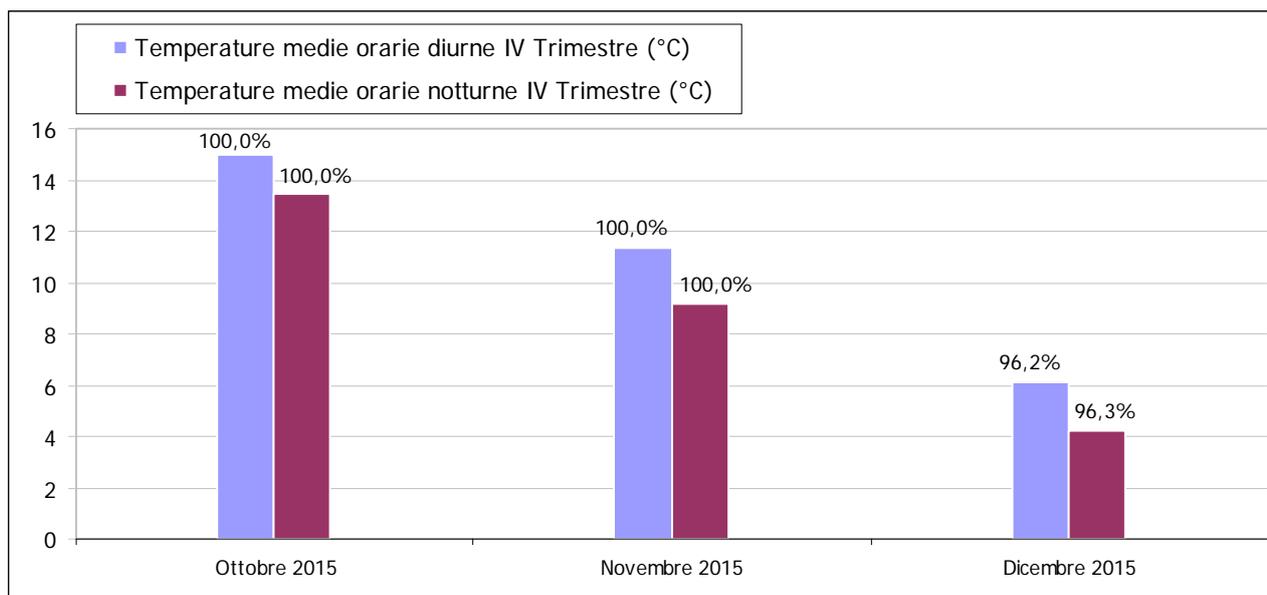


Figura 13, Valori di temperature mensili medi (stazione di Milano Via Juvara)

Istogrammi umidità relativa:

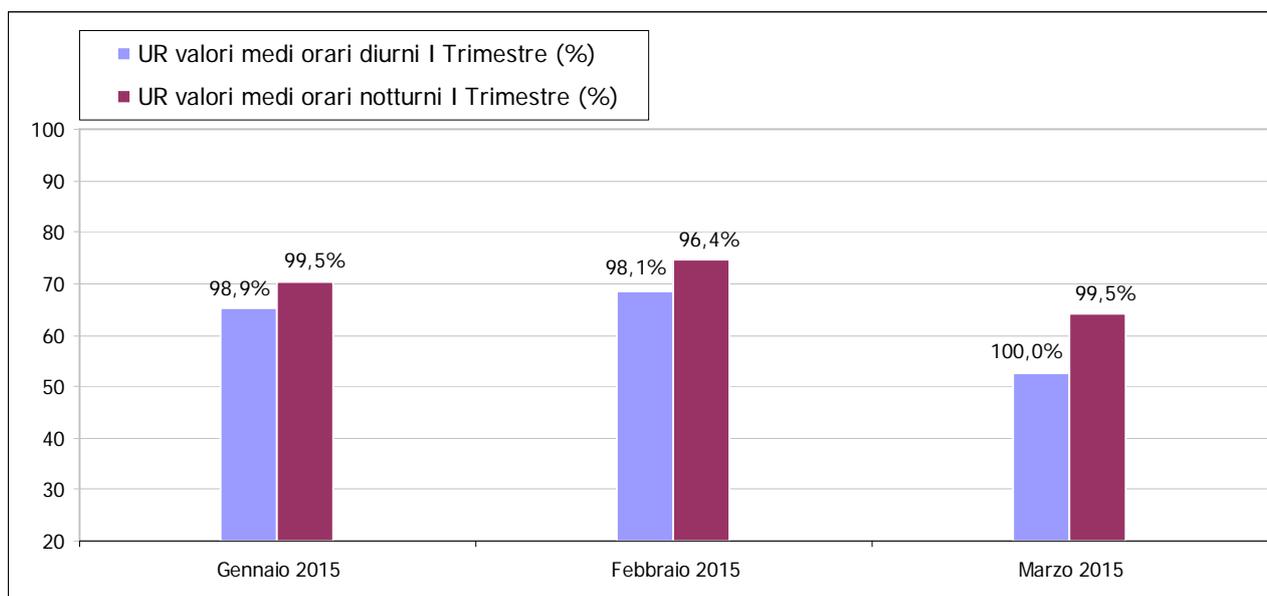
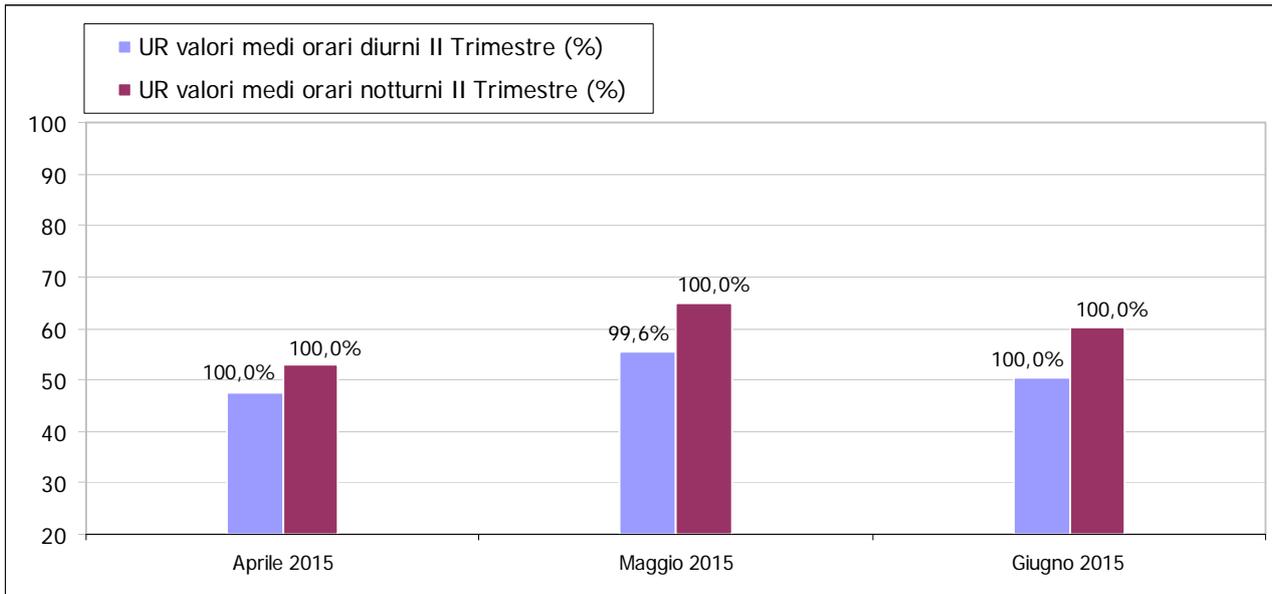
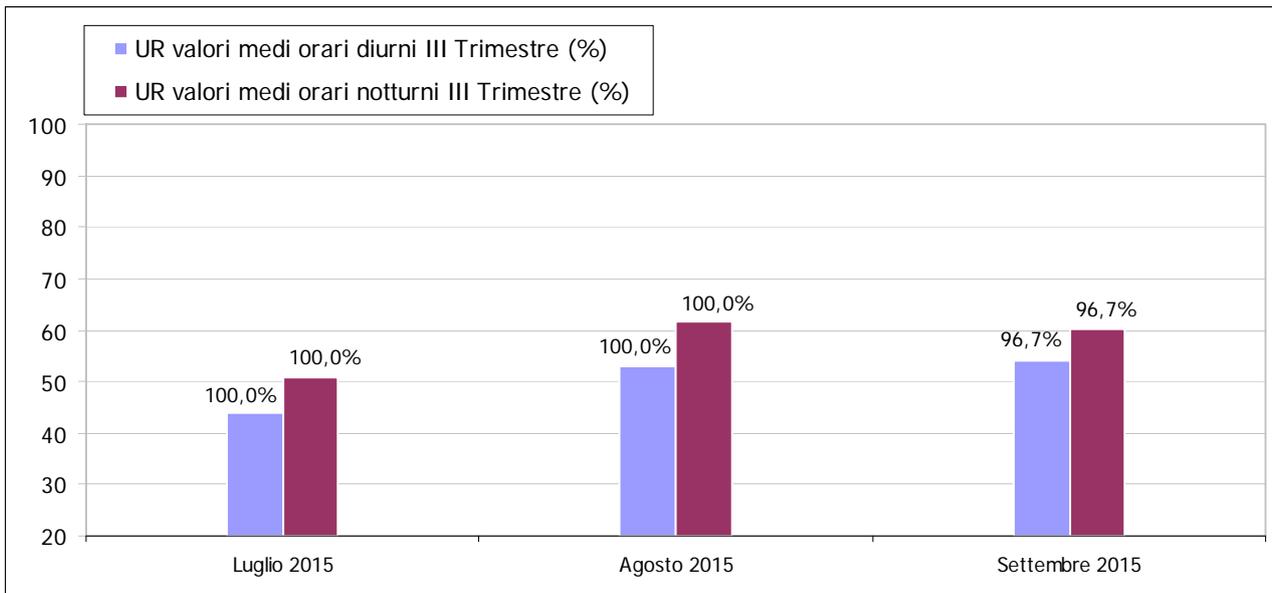


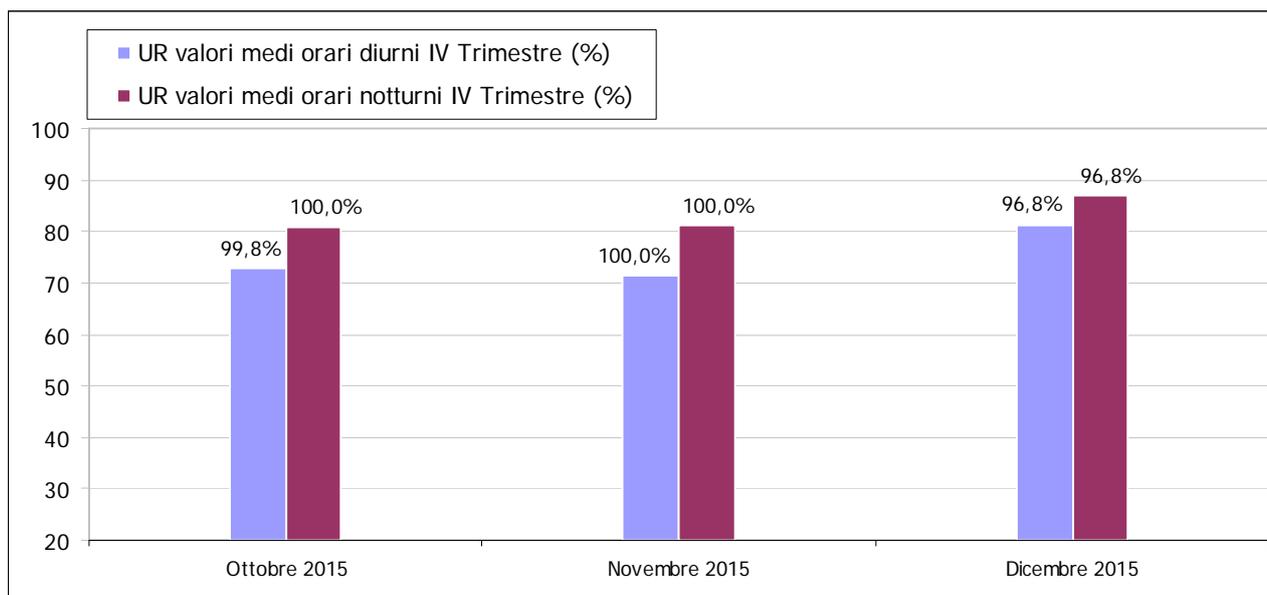
Figura 14, Valori di umidità relativa mensili medi (stazione di Milano Via Juvara)



**Figura 15, Valori di umidità relativa mensili medi (stazione di Milano Via Juvara)**

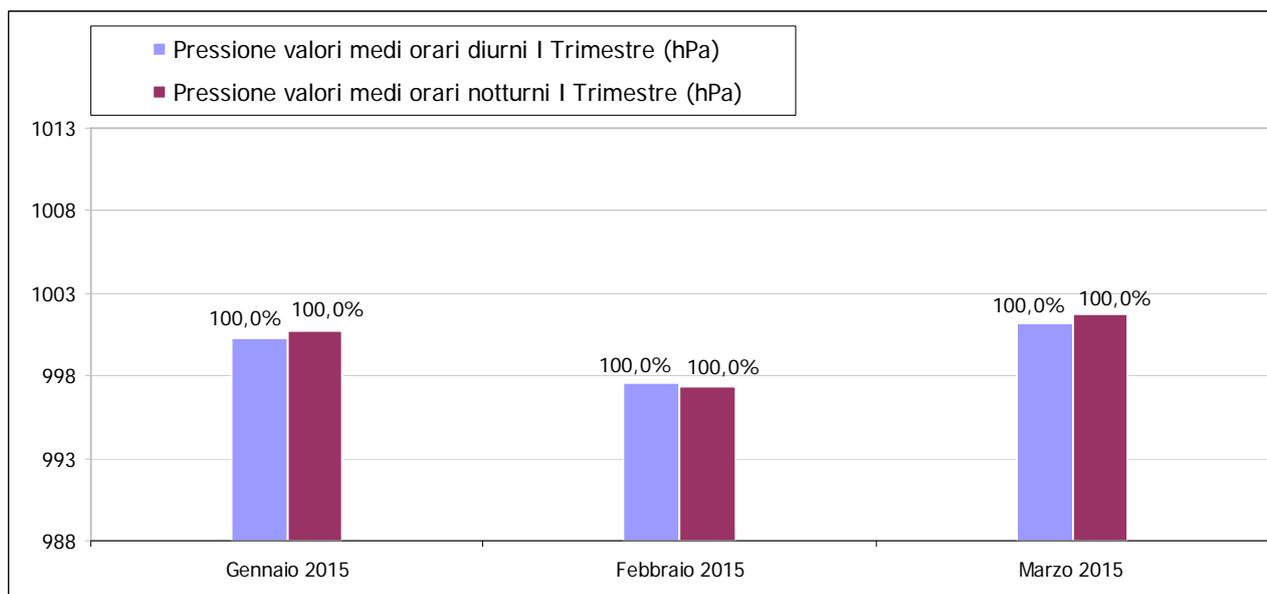


**Figura 16, Valori di umidità relativa mensili medi (stazione di Milano Via Juvara)**

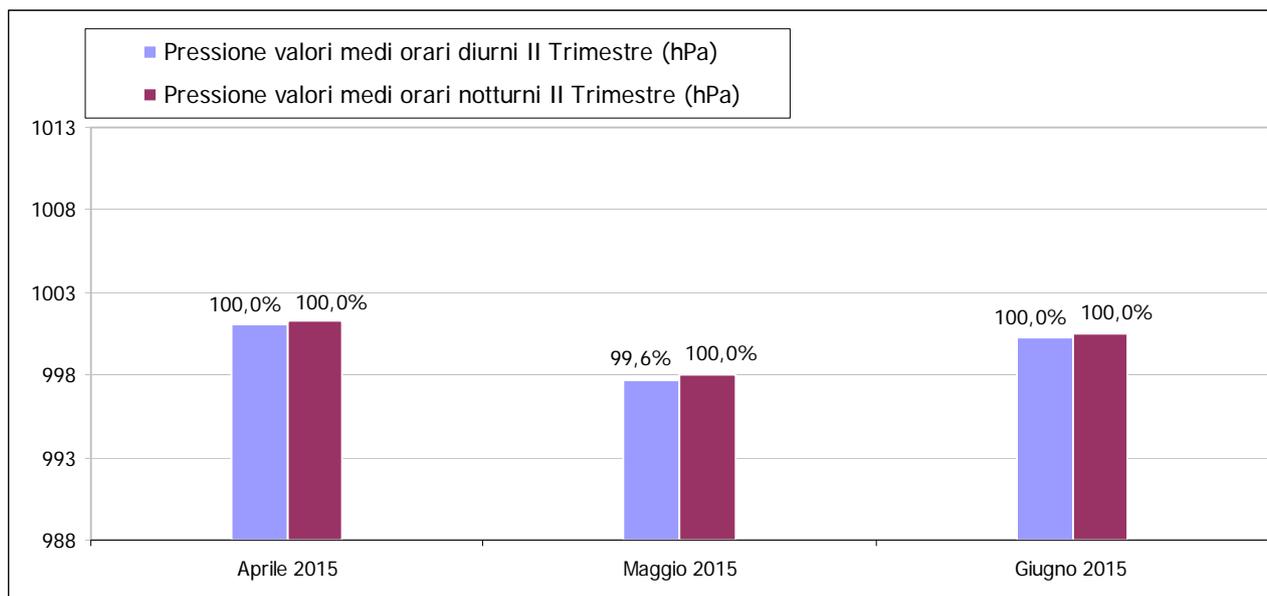


**Figura 17, Valori di umidità relativa mensili medi (stazione di Milano Via Juvara)**

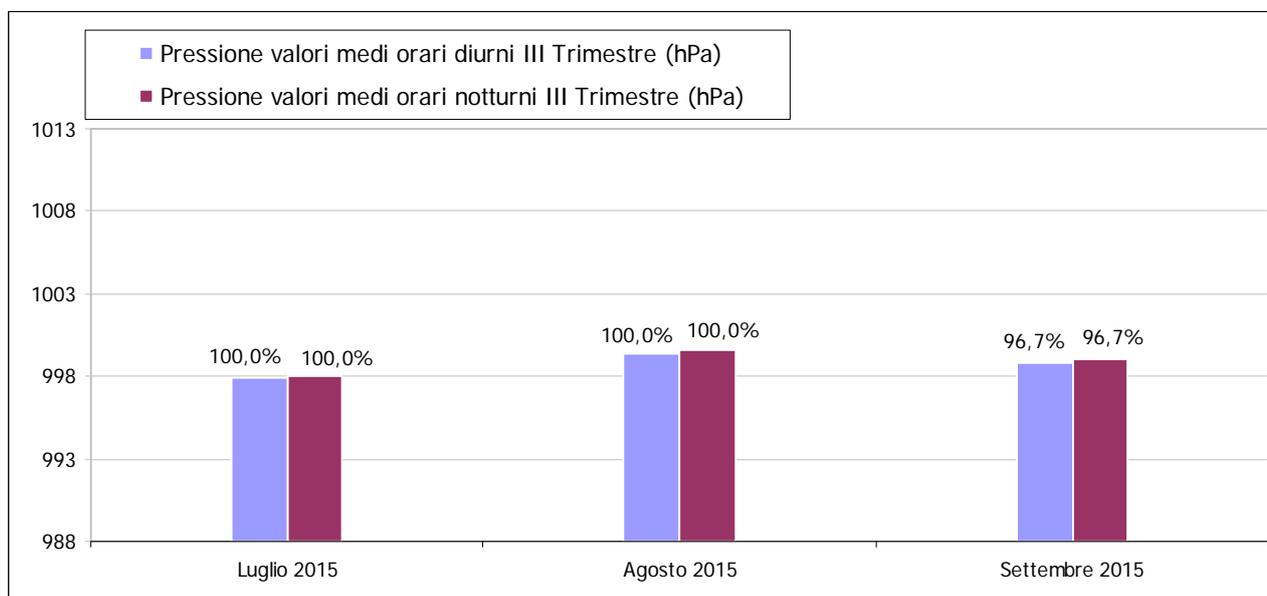
Istogrammi pressione atmosferica:



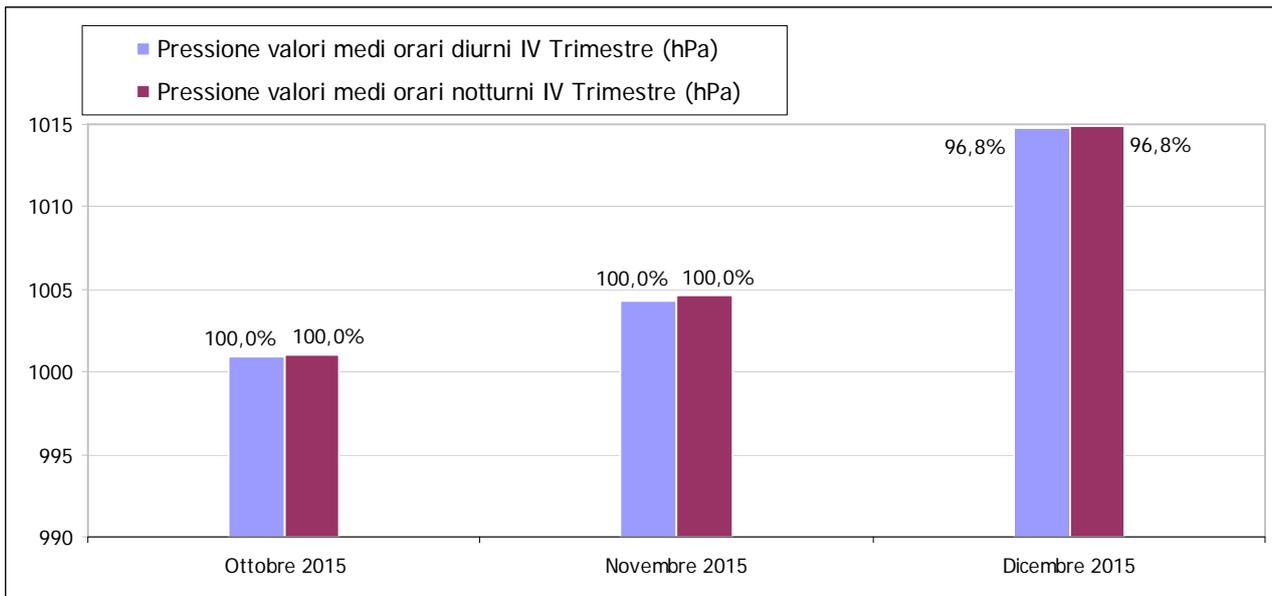
**Figura 18, Valori di pressione mensili medi (stazione di Milano Via Juvara)**



**Figura 19, Valori di pressione mensili medi (stazione di Milano Via Juvara)**

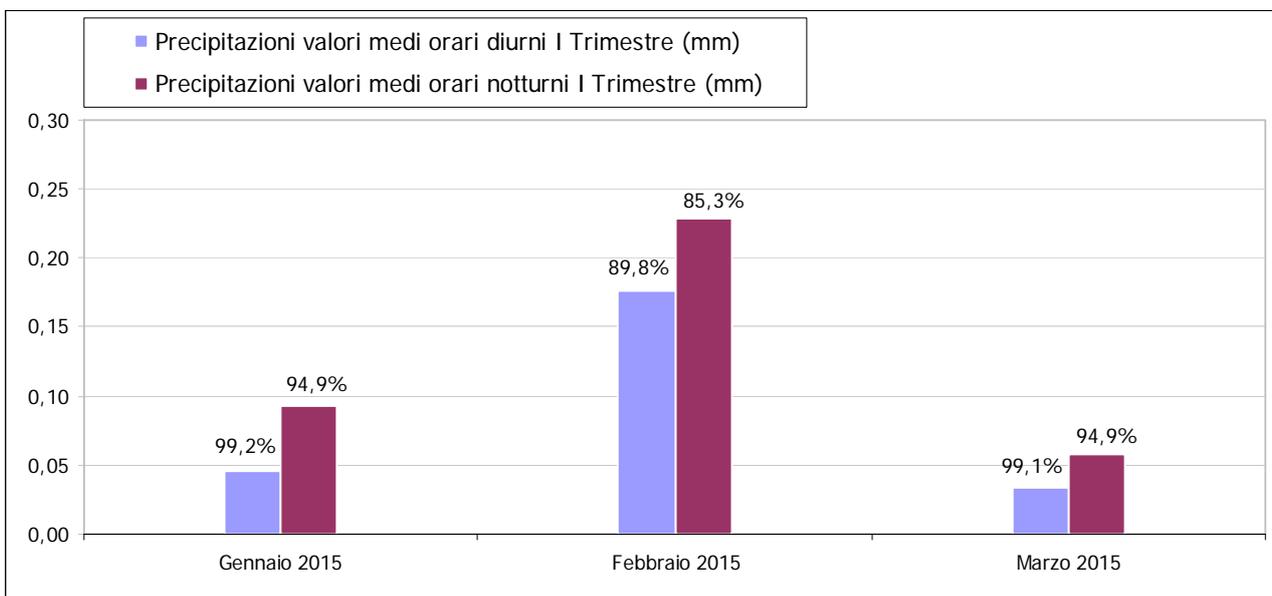


**Figura 20, Valori di pressione mensili medi (stazione di Milano Via Juvara)**

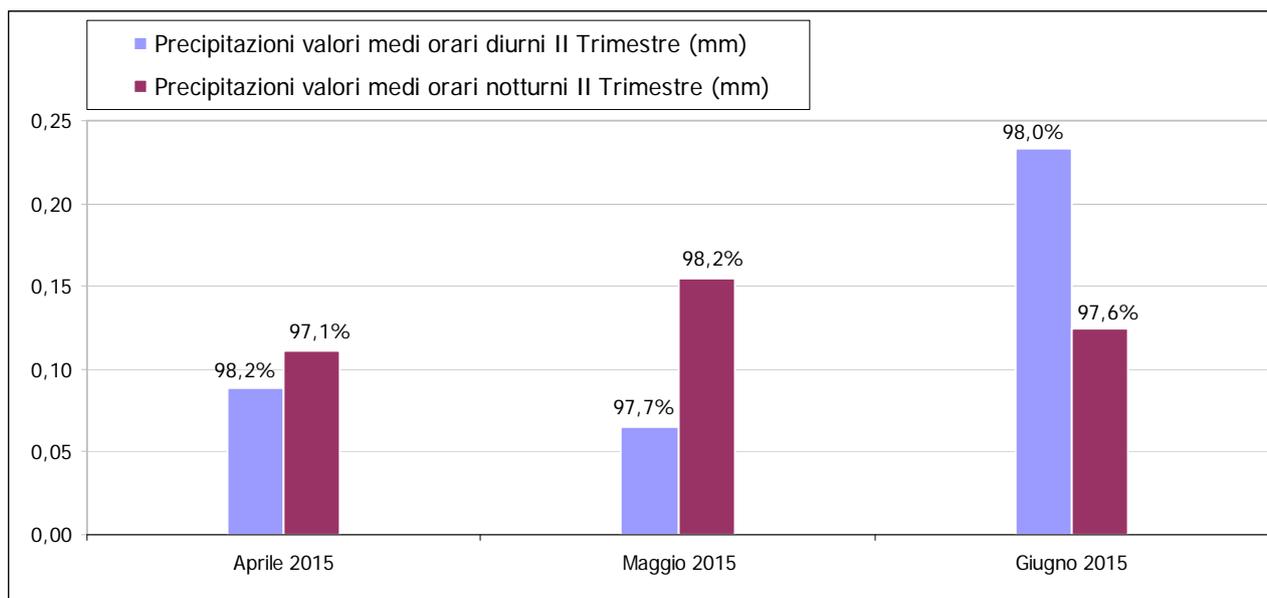


**Figura 21, Valori di pressione mensili medi (stazione di Milano Via Juvara)**

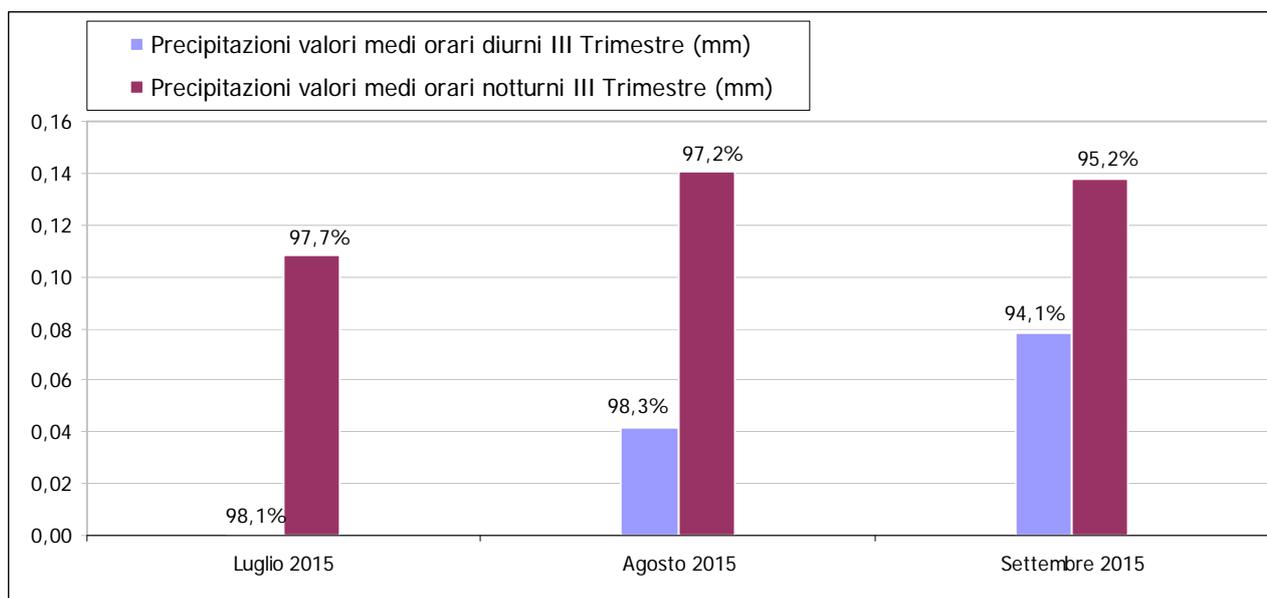
Istogrammi precipitazioni:



**Figura 22, Valori delle precipitazioni mensili medi (stazione di Rodano)**



**Figura 23, Valori delle precipitazioni mensili medi (stazione di Rodano)**



**Figura 24, Valori delle precipitazioni mensili medi (stazione di Rodano)**

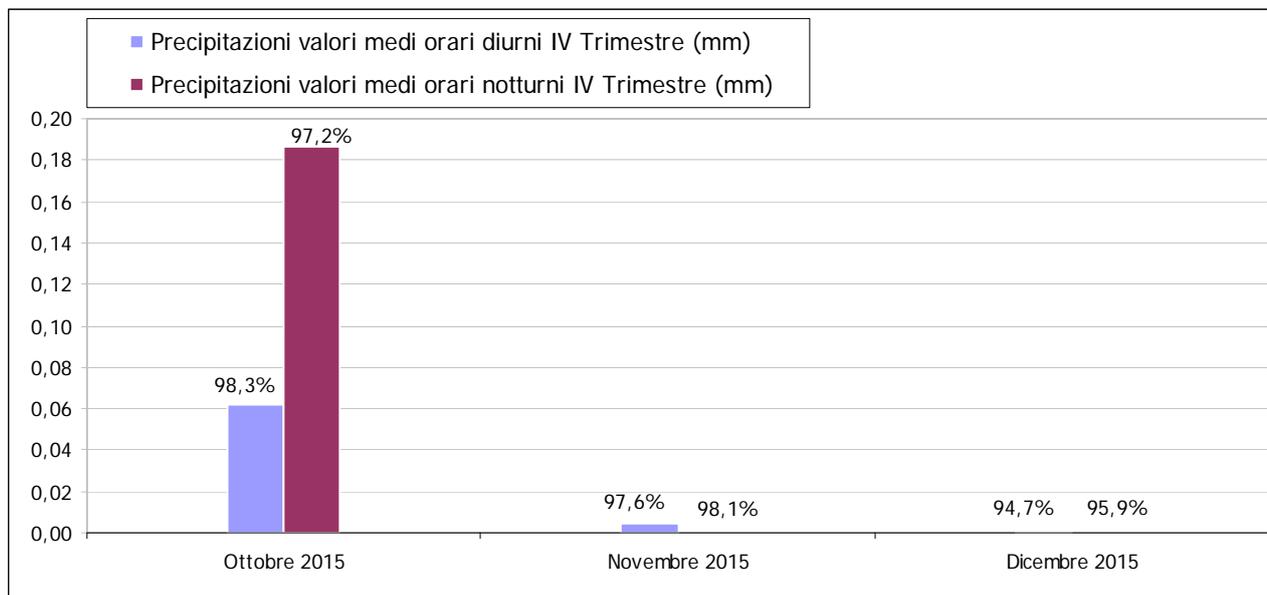


Figura 25, Valori delle precipitazioni mensili medi (stazione di Rodano)

## 1.3 I RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

### 1.3.1 Inventario delle emissioni

Nelle successive tabelle si riporta l'inventario annuo delle emissioni per ogni tipologia di sorgente. Per le emissioni di aeromobili, in particolare, i dati sono presentati in forma aggregata comprendendo tutti i gruppi dell'Aviazione Civile (Tabella 18), ma anche isolando le emissioni di Aviazione Generale, oggetto di una marcata crescita nello scenario futuro (vedasi Tabella 19, dove sono indicate anche le percentuali rispetto al totale).

Tabella 18, Inventario delle emissioni per le operazioni aeree AC e AG (tonnellate)

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Medium	3,49	0,40	1,86	0,02	0,01	738,95	0,19
Small	237,28	16,70	133,20	2,32	0,34	59.201,00	15,01
Regional	50,11	10,39	70,69	0,52	0,23	16.513,31	4,19
Business	0,20	0,71	2,14	0,01	0,02	118,09	0,03
Turboprop	2,63	0,63	3,63	0,00	0,01	876,75	0,22
Piston	0,00	0,04	1,62	0,00	0,00	4,72	0,00
HeliSmall	0,18	0,01	0,06	0,00	0,00	211,29	0,05
TOTALE	293,89	28,87	213,19	2,88	0,61	77.664,17	19,69

**Tabella 19, Inventario delle emissioni per le operazioni aeree (tonnellate), quota AG**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Medium	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Small	0,57	0,04	0,33	0,00	0,00	127,83	0,03
Regional	15,33	9,67	39,16	0,32	0,21	5652,26	1,43
Business	0,20	0,71	2,14	0,01	0,02	118,09	0,03
Turboprop	1,34	0,43	2,31	0,00	0,01	470,65	0,12
Piston	0,00	0,04	1,62	0,00	0,00	4,72	0,00
HeliSmall	0,18	0,01	0,06	0,00	0,00	211,29	0,05
<b>TOTALE</b>	<b>17,70</b>	<b>10,91</b>	<b>45,63</b>	<b>0,34</b>	<b>0,24</b>	<b>6598,07</b>	<b>1,67</b>
% Totale	6,0%	37,8%	21,4%	11,7%	39,6%	8,5%	8,5%

**Tabella 20, Inventario delle emissioni per le operazioni di handling/GSE (tonnellate)**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Medium	0,16	0,01	0,06	0,01	0,00	13,25	0,00
Small	9,28	0,75	3,13	0,57	0,01	593,95	0,15
Regional	2,61	0,22	0,85	0,14	0,00	169,53	0,04
Business	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	1,98	0,00
Turboprop	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	0,00
Piston	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
HeliSmall	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00
<b>TOTALE</b>	<b>12,11</b>	<b>0,98</b>	<b>4,06</b>	<b>0,72</b>	<b>0,02</b>	<b>779,75</b>	<b>0,20</b>

**Tabella 21, Inventario delle emissioni per l'uso dell'APU (tonnellate)**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Medium	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	5,15	0,00
Small	1,05	4,68	6,78	0,18	0,09	733,06	0,19
Regional	0,37	0,11	1,14	0,02	0,00	389,99	0,10
Business	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	6,35	0,00
Turbopr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Piston	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HeliSmal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTALE</b>	<b>1,43</b>	<b>4,79</b>	<b>7,96</b>	<b>0,21</b>	<b>0,10</b>	<b>1.134,54</b>	<b>0,29</b>

**Tabella 22, Inventario delle emissioni per la fase di accensione, Start (tonnellate)**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Medium	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Small	0,00	9,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Regional	0,00	4,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Business	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Turbopr	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Piston	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HeliSmal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTALE</b>	0,00	14,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabella 23, Inventario delle emissioni del traffico stradale (tonnellate) - Flussi complessivi**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Viale Forlanini	22,55	3,09	18,30	0,67	0,07	5.461,39	0,02
Circonvallazione I. - Accessi	5,33	0,73	4,32	0,16	0,02	1.290,17	0,01
Circonvallazione I. - Rivoltana	37,87	5,19	30,70	1,13	0,11	9.165,67	0,04
Accesso Parking	0,92	0,13	0,74	0,03	0,00	221,70	0,00
Accesso Terminal	1,07	0,15	0,87	0,03	0,00	260,12	0,00
Via Milano	11,64	1,60	9,43	0,35	0,03	2.815,91	0,01
<b>TOTALE</b>	79,38	10,89	64,36	2,37	0,24	19.214,96	0,08

**Tabella 24, Inventario delle emissioni del traffico stradale (tonnellate) -Flussi indotti**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Viale Forlanini	10,37	1,42	8,42	0,31	0,03	2.512,24	0,01
Circonvallazione I. - Accessi	1,76	0,24	1,43	0,05	0,01	425,76	0,00
Circonvallazione I. - Rivoltana	2,65	0,36	2,15	0,08	0,01	641,60	0,00
Accesso Parking	0,92	0,13	0,74	0,03	0,00	221,70	0,00
Accesso Terminal	1,07	0,15	0,87	0,03	0,00	260,12	0,00
Via Milano	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTALE</b>	16,77	2,30	13,61	0,50	0,05	4.061,41	0,02

**Tabella 25, Inventario della Centrale di cogenerazione di SEA Energia (tonnellate)**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
<b>TOTALE</b>	44,55	0,00	37,43	0,00	0,00	57.296,2	0,00

**Tabella 26, Inventario delle emissioni totali (tonnellate) con Traffico Stradale  
Complessivo**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
<b>TOTALE</b>	434,82	65,05	334,48	7,62	0,96	156.089,	20,26

Incrociando i dati presentati in Tabella 12 e Tabella 18 si può ricavare il quantitativo emesso in un ciclo LTO per ciascuna categoria di aeromobile.

**Tabella 27, Emissioni specifiche (kg/LTO)**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Medium	13,59	1,54	7,24	0,10	0,03	2880,89	0,73
Small	6,52	0,46	3,66	0,06	0,01	1625,82	0,41
Regional	2,62	0,54	3,69	0,03	0,01	863,03	0,22
Business	0,64	2,33	7,03	0,03	0,05	387,81	0,10
Turboprop	1,40	0,33	1,94	0,00	0,01	467,35	0,12
Piston	0,02	0,18	6,92	0,00	0,00	20,20	0,01
HeliSmall	0,16	0,01	0,05	0,00	0,00	190,78	0,05

Come è logico attendersi, le emissioni specifiche per categoria sono proporzionali alle dimensioni degli aeromobili, risultando pressoché trascurabili quelle delle categorie Piston e HeliSmall.

### **1.3.2 Le mappe delle concentrazioni e i livelli stimati presso gli abitati di Novegro e Linate**

I risultati del calcolo delle concentrazioni, elaborati dai file output di LASPORT come indicato nel capitolo precedente, sono presentati nelle tavole allegate. Per ogni trimestre, in ogni tavola si riporta la mappa delle concentrazioni medie per l'inquinante in analisi (BNZ, CO, HC, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>x</sub>).

Per quanto concerne il traffico aeronautico si registrano valori significativi in prossimità dei percorsi di taxiing e delle testate pista. Il contributo più importante, specialmente per alcune specie di inquinanti, è dato dal traffico stradale.

Per darne una lettura conforme a quanto previsto dalla normativa vigente, il D.Lgs. 155/2010, si riportano, limitatamente alle sostanze considerate nello studio, i valori limite.

**Tabella 28, Standard vigenti per la concentrazione dei principali inquinanti atmosferici**

<b>Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>Valore Limite</b>
Valore limite orario per la protezione della salute umana	350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte per anno
Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	125 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile
Valore limite per la protezione degli ecosistemi e della vegetazione	20 µg/m <sup>3</sup>
Soglia di Allarme Periodo di Mediazione anno civile con superamento per 3 ore consecutive	500 µg/m <sup>3</sup>
<b>Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)</b>	<b>Valore Limite</b>
Valore limite orario per la protezione della salute umana	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per anno
Valore limite per la protezione della salute umana Periodo di mediazione: anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>
Valore limite per la protezione degli ecosistemi e della vegetazione	30 µg/m <sup>3</sup>
Soglia di Allarme Periodo di Mediazione anno civile con superamento per 3 ore consecutive	400 µg/m <sup>3</sup>
<b>Benzene</b>	<b>Valore Limite</b>
Valore limite per la protezione della salute umana Periodo di mediazione: anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>
<b>Monossido di Carbonio (CO)</b>	<b>Valore Limite</b>
Valore limite per la protezione della salute umana Media massima giornaliera calcolata sulle 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>
<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>Valore Limite</b>
Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte per anno
Valore limite per la protezione della salute umana Periodo di mediazione: anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>

Come si può osservare dalle Tavole allegate, mediamente nell'area vasta considerata i livelli di concentrazione calcolati sono ampiamente entro i margini dei *Valore limite per la protezione della salute umana* (mediati sull'anno civile). È tuttavia opportuno effettuare un'analisi più puntuale rispetto agli abitati più prossimi alle sorgenti, la località Novegro a nord dello scalo, impattata quasi esclusivamente dal traffico sulla Circonvallazione dell'Idroscalo e la località Linate, che risente del traffico stradale su via Milano ma soprattutto del traffico aeronautico.



**Figura 26, Aree di osservazione dei valori di concentrazione**

Nelle seguenti tabelle per ogni inquinante, su ciascun sito, si riporta il valore massimo rilevato in uno scenario medio annuo confrontandolo con il valore limite, laddove previsto.

**Tabella 29, Livelli di concentrazione massima calcolati su Novegro, scenario giornaliero medio annuo 2015**

CO	HC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	BNZ
0,066	11,85	41,10	0,23	2,38	0,24
10	-	40	-	40	5

**Tabella 30, Livelli di concentrazione massima calcolati su Linate, scenario giornaliero medio annuo 2015**

CO	HC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	BNZ
0,027	3,74	13,59	1,16	0,58	0,08
10	-	40	-	40	5

In riferimento agli inquinati sottoposti a dei limiti di legge, CO, SO<sub>x</sub> e PM<sub>10</sub> presentano livelli di concentrazione assolutamente trascurabili, NO<sub>2</sub> presenta dei livelli elevati solamente presso l'abitato di Novegro dove tuttavia risente essenzialmente del solo traffico stradale.

A tal proposito si propone, limitatamente al terzo trimestre dell'anno - quello in cui si registra un maggior numero di movimenti aerei -, il computo delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> considerando oltre alle sorgenti aeronautiche e all'impianto di cogenerazione la sola componente indotta del traffico stradale, ovvero i flussi di veicoli leggeri e pesanti generati direttamente dalle attività aeroportuali.

Rimandando alle tavole allegate per la lettura della mappa specifica, in Tabella 31 si riporta il confronto fra i valori calcolati presso i due osservatori nei due casi, quello completo, con il traffico stradale complessivo e quello con la sola componente indotta.

Come si può osservare nel primo caso pur rimanendo sotto i limiti di legge i valori sono appena superiori a quelli medi visti in Tabella 29 e in Tabella 30, nel secondo caso invece sono mediamente pari a 5 microgrammi per m<sup>3</sup> e di fatto trascurabili ai fini dello studio.

**Tabella 31, Livelli di concentrazione massima di NO<sub>2</sub> calcolati su Linate e Novegro nello scenario giornaliero medio del terzo trimestre 2015 -confronto fra scenario con solo traffico stradale indotto e traffico complessivo**

Osservatore	Traffico stradale complessivo	Solo traffico stradale indotto
LINATE	15,16	4,58
NOVEGRO	44,49	5,44

#### 1.4 SCENARIO FUTURO 2030

Il progetto di Masterplan presentato ad ENAC ha come orizzonte temporale l'anno 2030 e viene articolato distinguendo tre tipologie di traffico aereo, quello di Aviazione Commerciale per il trasporto di passeggeri (AC Pax), quello di Aviazione Commerciale per il trasporto di Merci e Posta (CARGO) e quello di Aviazione Generale (AG). Le previsioni di traffico nei tre gruppi differiscono fortemente con un incremento più marcato nella componente Aviazione Generale e una riduzione significativa nel traffico Cargo.

In Tabella 32 si riportano i coefficienti di crescita utilizzati nella costruzione dei modelli predittivi. Tali fattori sono ricavati dallo studio di Masterplan per quanto concerne il traffico di Aviazione Commerciale (nelle componenti trasporto passeggeri e cargo). Per quanto concerne l'Aviazione Generale, in una logica conservativa, si è invece optato per utilizzare un fattore maggiorato rispetto a quello presentato. Si è voluto cioè tener conto della forte variabilità di questa componente utilizzando il valore massimo della forbice previsionale con riferimento a proiezioni in possesso del gestore aeroportuale che vede al 2030 una crescita annua mediata sul periodo di circa il 5%.

**Tabella 32, Fattori di crescita per la stima degli scenari futuri**

Gruppo	Scenario 2030
AC Pax	1,107
AG	1,672
Cargo	0,216

Nella simulazione dello scenario futuro il dataset dei dati meteo-climatici attraverso i quali sono calcolate le prestazioni degli aeromobili e la diffusione degli inquinanti emessi è invariato rispetto allo scenario di baseline. Non essendo disponibili informazioni precise circa l'evoluzione degli aeromobili tali da individuare possibili riduzioni nelle emissioni, del tutto verosimili visto il prossimo massiccio rinnovo delle flotte nel segmento commerciale operativo sullo scalo di Milano Linate, il fleet-mix di velivoli è inalterato.

Si effettuano tuttavia delle valutazioni qualitative per stimare i benefici del processo di innovazione tecnologica in corso.

Per quanto concerne le sorgenti del traffico stradale invece i fattori di emissione di NO<sub>x</sub>, CO, HC e PM10 sono stati ricalcolati con modello eliminando le categorie euro 0 ed euro 1. Per gli altri sono invece utilizzati i fattori presentati per lo scenario al 2015. In Tabella 33 i nuovi parametri impiegati.

**Tabella 33, Fattori di emissione dei veicoli (g/km) - Scenario 2030**

Tipo	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
PC	0,241	0,014	0,225	0,008	0,0030	163,0846	0,0006
HGV	3,004	0,122	0,709	0,053	0,0002	606,9614	0,0029
LCV	0,666	0,041	0,228	0,024	0,0017	240,6673	0,0012

Come si può osservare, confrontando la Tabella 33 con la Tabella 6, con il phase-out delle autovetture più vecchie ci si può attendere una marcata riduzione nelle emissioni di monossido di carbonio, particolato e idrocarburi, ma anche un buon miglioramento per gli impatti da NO<sub>x</sub>.

Infine, dal punto di vista delle infrastrutture, il progetto di Masterplan non determina la variazione dei percorsi considerati nello scenario di baseline restando invariata la rete stradale di accesso allo scalo così come i percorsi di taxiing impiegati dagli aeromobili nei cicli LTO simulati.

## 1.5 I RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

### 1.5.1 Inventario delle emissioni

Nelle successive tabelle si riporta l'inventario delle emissioni medie annue di quelle sorgenti per le quali si prevede una crescita nello scenario futuro. Non vengono presentati i dati relativi alla centrale di cogenerazione di SEA Energia per la quale non si hanno previsioni dei consumi e pertanto si assumo invariati, e quelli relativi al traffico indotto che è, conservativamente, mantenuto costante.

**Tabella 34, Inventario delle emissioni per le operazioni aeree (tonnellate) AC e AG**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Medium	3,83	0,44	2,04	0,03	0,01	812,84	0,21
Small	261,34	18,38	146,71	2,55	0,38	65.193,96	16,53
Regional	63,86	16,94	100,08	0,76	0,37	21.386,43	5,42
Business	0,33	1,19	3,58	0,02	0,03	197,21	0,05
Turboprop	3,66	0,94	5,31	0,00	0,02	1.232,69	0,31
Piston	0,01	0,07	2,70	0,00	0,00	7,88	0,00
HeliSmall	0,30	0,02	0,10	0,00	0,00	352,85	0,09
TOTALE	333,37	37,97	260,52	3,36	0,80	89.191,48	22,62

**Tabella 35, Inventario delle emissioni per le operazioni aeree (tonnellate), quota AG**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Medium	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Small	0,95	0,06	0,55	0,01	0,00	213,73	0,05
Regional	25,64	16,17	65,47	0,54	0,36	9.450,58	2,40

Business	0,33	1,19	3,58	0,02	0,03	197,45	0,05
Turboprop	2,24	0,73	3,86	0,00	0,01	786,93	0,20
Piston	0,01	0,07	2,70	0,00	0,00	7,88	0,00
HeliSmall	0,30	0,02	0,10	0,00	0,00	353,27	0,09
<b>TOTALE</b>	<b>29,59</b>	<b>18,24</b>	<b>76,30</b>	<b>0,56</b>	<b>0,40</b>	<b>11.031,97</b>	<b>2,80</b>
% Totale	8,9%	48,0%	29,3%	16,7%	50,2%	12,4%	12,4%

**Tabella 36, Inventario delle emissioni per le operazioni di handling/GSE (tonnellate)**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Medium	0,18	0,01	0,06	0,01	0,00	14,57	0,00
Small	10,22	0,82	3,45	0,63	0,02	653,97	0,17
Regional	3,51	0,29	1,14	0,19	0,01	227,57	0,06
Business	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	3,31	0,00
Turboprop	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,00
Piston	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
HeliSmall	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00
<b>TOTALE</b>	<b>13,99</b>	<b>1,13</b>	<b>4,68</b>	<b>0,83</b>	<b>0,02</b>	<b>901,05</b>	<b>0,23</b>

**Tabella 37, Inventario delle emissioni per l'uso dell'APU (tonnellate)**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Medium	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	5,66	0,00
Small	1,15	5,15	7,47	0,20	0,10	807,16	0,20
Regional	0,49	0,15	1,54	0,03	0,00	525,10	0,13
Business	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	10,61	0,00
Turbopr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Piston	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HeliSmal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTALE</b>	<b>1,67</b>	<b>5,31</b>	<b>9,05</b>	<b>0,24</b>	<b>0,11</b>	<b>1.348,60</b>	<b>0,34</b>

**Tabella 38, Inventario delle emissioni per la fase di accensione, Start (tonnellate)**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Medium	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Small	0,00	10,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Regional	0,00	5,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Business	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Turbopr	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Piston	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HeliSmal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTALE</b>	<b>0,00</b>	<b>16,99</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

**Tabella 39, Inventario delle emissioni del traffico stradale (tonnellate) - Flussi complessivi**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
Viale Forlanini	14,86	0,72	7,39	0,37	0,07	5.756,31	0,02
Circonvallazione I. - Accessi	3,55	0,17	1,77	0,09	0,02	1.376,61	0,01
Circonvallazione I. - Rivoltana	25,87	1,26	12,86	0,64	0,12	10.018,08	0,04
Accesso Parking	0,57	0,03	0,28	0,01	0,00	221,70	0,00
Accesso Terminal	0,67	0,03	0,33	0,02	0,00	260,12	0,00
Via Milano	8,00	0,39	3,98	0,20	0,04	3.097,50	0,01
<b>TOTALE</b>	<b>53,53</b>	<b>2,61</b>	<b>26,61</b>	<b>1,33</b>	<b>0,26</b>	<b>20.730,31</b>	<b>0,09</b>

**Tabella 40, Inventario delle emissioni totali (tonnellate) con Traffico Stradale Complessivo**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
<b>TOTALE</b>	<b>447,11</b>	<b>64,01</b>	<b>338,30</b>	<b>5,76</b>	<b>1,19</b>	<b>169.467,</b>	<b>23,27</b>

Dal confronto delle emissioni complessive nei due scenari (Tabella 26 e Tabella 40) risultano le variazioni evidenziate nella seguente tabella.

**Tabella 41, Variazioni percentuali scenario futuro rispetto a baseline**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM <sub>10</sub>	BNZ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
<b>TOTALE</b>	<b>2,8%</b>	<b>-1,6%</b>	<b>1,1%</b>	<b>-24,4%</b>	<b>23,9%</b>	<b>8,6%</b>	<b>14,9%</b>

Gli incrementi più marcati si hanno per BNZ, CO<sub>2</sub> e SO<sub>x</sub> dovuti all'incremento del traffico aereo di Aviazione Generale. Per NO<sub>x</sub> e CO si registrano delle variazioni molto contenute causate da una modesta crescita del traffico aereo di aeromobili a più grossa capacità. Si hanno invece riduzioni per HC e PM<sub>10</sub> effetto delle minori emissioni stimabili per il traffico stradale.

### 1.5.2 Analisi qualitativa per la stima delle riduzioni nelle emissioni del traffico aereo nello scenario futuro

Trascurando la sorgente stradale, per la quale il contributo dovuto all'indotto dell'aeroporto si è calcolato essere trascurabile, gli impatti più significativi delle operazioni aeree riguardano le emissioni di NO<sub>x</sub>.

Al fine di valutare meglio lo scenario futuro, che è stato elaborato rispetto a delle condizioni "business as usual", ossia senza tener conto dell'evoluzione tecnologica delle flotte, occorre osservare quanto segue.

Nel corso degli ultimi 50 anni, l'industria aeronautica ha ridotto il consumo di carburante, e quindi le emissioni di CO<sub>2</sub>, per più dell'80% e quelle di NO<sub>x</sub> del 90%. Tale tendenza ha continuato a essere marcata anche nel recente passato con l'introduzione di velivoli come il Boeing B787, l'Airbus A380 e l'Airbus A350 nella fascia di aeromobili ad alta capacità e continuerà nel prossimo futuro con l'entrata in servizio dei nuovi esemplari di Boeing B737 e Airbus A320 che ragionevolmente costituiranno parte rilevante del nuovo fleet-mix dell'aeroporto di Linate.

Il driver di questo continuo miglioramento è stato senz'altro la necessità di contenere i costi per quanto concerne i consumi ma soprattutto l'attività dell'ICAO che con le sue politiche ambientali ha guidato il settore del trasporto aereo verso uno sviluppo sostenibile.

L'organo tecnico di ICAO è il comitato per la protezione ambientale, ovvero il Committee on Aviation Environmental Protection, CAEP, che istituito nel 1983 assiste il Consiglio nel formulare nuove politiche e l'adozione di nuove norme (Standards and Recommended Practices, SARPs) concernenti le emissioni acustiche e atmosferiche degli aerei. Sulla base delle indicazioni di questo comitato, ICAO ha pubblicato e aggiorna l'Annesso 16, l'allegato tecnico alla Convenzione di Chicago con cui è istituito.

In particolare l'ICAO Annex 16: Environmental Protection, Volume II - Aircraft Engine Emissions, stabilisce i limiti delle emissioni di HC, CO, NO<sub>x</sub> and Smoke (fuliggine).

I limiti sono stabiliti rispetto a delle misure effettuate in fase di certificazione degli aeromobili su un ciclo di funzionamento che rappresenta il ciclo LTO e che è articolato in Take-off (100% della spinta massima) per 0,7 minuti; Climb (85% della spinta massima) per 2,2 minuti; Approach (30% della spinta massima) per 4,0 minuti; Taxiing (7% della spinta massima) per 26 minuti.

Lo standard per l'NO<sub>x</sub> è stato adottato la prima volta nel 1981 (proposto dal primo comitato e denominato CAEP 1), reso più severo nel 1993 (CAEP 2, -20%, dal 1996), nel 1999 (CAEP 4, ulteriore -16%, dal 2004), nel 2005 (CAEP 6, -12%, dal 2008) e recentemente nel 2011 (CAEP 8, approssimativa riduzione del 15% delle emissioni).

In particolare quello vigente ha determinato che dal 1 gennaio del 2014 tutti gli aeromobili prodotti rispettassero i nuovi standard.

In Tabella 42 si illustra l'evoluzione degli standard dal 1981 a oggi. Sono riportati i limiti previsti espressi in gr/kN, nelle due categorie di motore, distinte rispetto a un rapporto di compressione ( $\pi_{00}$  engine Overall Pressure Ratio, OPR) inferiore o superiore a 30.

**Tabella 42, Standard Emissioni NO<sub>x</sub> (g/kN) - ICAO Annex 16, Vol II**

NOME	ANNO	<30 OPR	>30 OPR
CAEP1	1981	40 +2( $\pi_{00}$ )	
CAEP2	1993	32 +1,6( $\pi_{00}$ )	

CAEP4	1999	$19+1,6(\pi_{00})$	$7+2(\pi_{00})$
CAEP6	2005	$16,72+1,408(\pi_{00})$	$-1,04+2(\pi_{00})$
CAEP8	2011	$7,88+1,408(\pi_{00})$	$-9,88+2(\pi_{00})$

I motori con un rapporto di compressione complessiva superiore sono in genere utilizzati su aerei più grandi con una maggiore capacità di trasporto (per esempio carico pagante, payload, e raggio, range). Questo beneficio di una superiore capacità di trasporto è riconosciuto attraverso un limitato aumento del limite di NO<sub>x</sub>.

Il CAEP ha inoltre stabilito nel 2010 due obiettivi, uno di medio e uno di lungo termine, per lo sviluppo di nuove tecnologie di contenimento delle emissioni di NO<sub>x</sub>. Il primo obiettivo prevede per il 2016 un livello di innovazione in grado di ridurre le emissioni del 45% (± 2,5%) rispetto ai limiti del CAEP6. Il secondo prevede per il 2026 un contenimento del 60% (± 5%).

Pubblicazioni ICAO dimostrano che l'obiettivo di medio termine è stato raggiunto per i modelli della categoria superiore (> 30 OPR), non per tutti quelli della categoria inferiore (< 30 OPR).

Nel prossimo futuro, in cui si azioneranno eventualmente le leve che determineranno lo scenario al 2030, termine dello studio, si attendono le conclusioni del CAEP 11 previste per il 2019. Tuttavia considerando che negli ultimi anni il comitato è stato impegnato nel definire uno schema di regole per il contenimento delle emissioni di CO<sub>2</sub><sup>13</sup>, e che il focus si è spostato ora sulle emissioni di particolato (non-volatile Particulate Matter, nvPM, per il quale si attende la definizione di un nuovo standard per il ciclo LTO integrativo rispetto a quello degli altri inquinanti) è ragionevole ipotizzare che ICAO non rivedrà lo standard dell'NO<sub>x</sub> previsto dal CAEP8 prima degli inizi del prossimo decennio allorché eventualmente verificherà gli obiettivi posti per il 2026.

Fatte queste considerazioni si ritiene opportuno presentare una statistica relativa alle motorizzazioni maggiormente impiegate a Linate nello scenario di baseline analizzandone i valori di certificazione per le emissioni di NO<sub>x</sub>. In Tabella 43 si possono osservare i dati dei motori montati su A319 e A320 che hanno un'operatività prevalente. In particolare si riportano quelli che hanno effettuato più di 100 operazioni nel corso dell'anno. I dati più rilevanti sono quelli che riguardano le percentuali delle emissioni nel singolo ciclo rispetto ai limiti previsti dai diversi standard (CAEP4 %, CAEP6 %, CAEP8 %). Per esempio il CFM56-5B6/P rispetta i limiti del CAEP6 con un margine del 8,8%, mentre supera del 10,2% quelli previsti dal CAEP8.

<sup>13</sup> Durante la 39° Assemblea generale dell'ICAO svolta fra il 27 settembre e il 6 ottobre 2016 è stato siglato l'accordo per l'adozione di un sistema di misurazione e contenimento delle emissioni di CO<sub>2</sub> del trasporto aereo (Resolution A37-19). Oltre alla certificazione degli aeromobili (verrà aggiunto un volume -Volume III, Aeroplane CO<sub>2</sub> Emissions- all'Annesso 16) sarà implementato un sistema di scambio delle quote delle emissioni del trasporto aereo, il Global Market Based Measure, GMBM (sviluppato secondo un programma di applicazione denominato CORSIA, Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation).

**Tabella 43, ICAO emission databank - LIN 2015 NOx ENGINE data**

ENGINE	OPS 2015	ID	OPR	CAEP4 %	CAEP6 %	CAEP8 %	LTO Mass (gr)
CFM56-5B6/P	23.427	3CM028	24,64	80,3	91,2	110,2	4.232
CFM56-5B4/P	10.851	3CM026	27,69	86,3	98	116,5	5.641
CFM56-5B5/P	6.696	3CM027	23,33	78,6	89,4	108,8	3.732
CFM56-5B5/3	3.928	8CM056	23,1	59	67	81,7	3.047
CFM56-5B6/3	2.180	8CM057	24,3	60,1	68,3	82,7	3.363
V2522-A5	1.883	3IA006	25,6	88,9	101,1	121,3	4.720
V2527-A5	1.882	1IA003	27,2	89,9	102,2	121,7	5.382
CFM56-5A5	1.302	4CM036	25,1	81,9	93,1	112,2	4.367
CFM56-5B4/3	654	8CM055	27,3	63,5	72,2	85,9	4.511
V2524-A5	512	3IA007	26,9	90,4	102,8	122,6	5.278
CFM56-5-A1	150	1CM008	26,6	76,3	86,7	103,5	4.506
CFM56-5B7/P	102	6CM044	27,69	86,2	97,9	116,5	5.641

I modelli che presentano una maggior diffusione, CFM56-5B6/P, CFM56-5B4/P e CFM56-5B5/P sono stati sviluppati nel corso degli anni '90, certificati nel 1995, e presentano emissioni largamente inferiori allo standard CAEP2 a cui erano sottoposti. Soddisfano anche i due standard successivi ma superano largamente quelli del CAEP8 più recente. Viceversa CFM56-5B4/3, CFM56-5B5/3, CFM56-5B6/3, certificati nel 2006 (dieci anni dopo), e montati su aeromobili prodotti successivamente, rispettano largamente anche questo standard.

Confrontando le emissioni totali per ciclo LTO (colonna LTO Mass (gr)) dei due gruppi si può osservare una riduzione media di circa 900 grammi. Pertanto limitandosi ad assumere un completo phase-out dei motori più vecchi, oggi maggiormente impiegati, già per gli inizi del prossimo decennio è assolutamente conservativo ritenere che nel periodo di attuazione del Masterplan le emissioni di NO<sub>x</sub> degli aeromobili vedranno riduzioni di almeno il 20% rispetto a quanto simulato.

Va invece evidenziato il fatto che già dal 2017 molti operatori rinnoveranno le proprie flotte della famiglia A320 con l'introduzione del A320NEO (lo stesso si vedrà per quella B737 con il B737MAX).

Con l'avvento dei nuovi motori si avrà il passaggio dalle motorizzazioni della famiglia CFM56 a quella CFM LEAP<sup>14</sup> (Leading Edge Aviation Propulsion), che sostanzialmente dispone di tre modelli, LEAP-1A, per rimotorizzare gli Airbus A320, disponibile dal 2016, LEAP-1B, per rimotorizzare i Boeing 737 (Boeing 737 MAX), disponibile dal 2017, LEAP-1C, per motorizzare i nuovi Comac C919, disponibile dal 2016.

<sup>14</sup> Il concorrente diretto sarà il Pratt & Whitney PurePower PW1100G (destinato anch'esso all'Airbus A320neo family), un motore che adotta la tecnologia del Geared Turbofan ed è in grado di offrire analoghi livelli di performance ambientali.

Da un punto di vista ingegneristico, come illustrato nel sito [cfmaeroengines.com](http://cfmaeroengines.com), il CFM LEAP dispone di un combustore di tipo "Twin-Annular, Pre-Mixing Swirler Combustor", denominato TAPS II, che diversamente da quelli tradizionali che mescolano combustibile e aria nella camera di combustione li premiscela in ingresso per ottenere la cosiddetta "lean burn combustion" che riduce la temperatura, e quindi la produzione di NO<sub>x</sub>, e migliora la combustione minimizzando quella di idrocarburi.

Il punto saliente è che dai test di CFM, validati da FAA [11], il TAPS II riduce le emissioni di NO<sub>x</sub> del 47,3% rispetto a quanto previsto dallo standard CAEP/6.

Considerando che nel campione dei motori che hanno operato su Linate nel 2015 i valori di emissioni di NO<sub>x</sub> sono mediamente corrispondenti a quelli previsti nello standard CAEP6 è ragionevole pensare che nel 2030 la quasi totalità degli aeromobili genereranno la metà delle emissioni di NO<sub>x</sub> rispetto a quelle stimate con il modello di calcolo, di fatto annullandone totalmente gli impatti al di fuori del sedime.

### 1.5.3 I livelli presso gli abitati di Novegro e Linate

A conclusione delle analisi, in analogia a quanto visto per lo scenario di baseline, nelle seguenti tabelle per ciascun inquinante, su ciascun sito, si riporta il valore massimo rilevato nello scenario futuro medio annuo confrontandolo con il valore limite, laddove previsto.

**Tabella 44, Livelli di concentrazione massima calcolati su Novegro, scenario giornaliero medio annuo 2030 e variazione rispetto al 2015**

	CO	HC (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	BNZ
valore	0,03	3,48	29,01	0,26	1,43	0,26
limite	10	-	40	-	40	5
variazione	-54%	-71%	-29%	12%	-40%	10%

**Tabella 45, Livelli di concentrazione massima calcolati su Linate, scenario giornaliero medio annuo 2030 e variazione rispetto al 2015**

	CO	HC (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	BNZ
valore	0,03	3,55	11,17	1,33	0,38	0,10
limite	10	-	40	-	40	5
variazione	-2%	-5%	-18%	14%	-34%	23%

Come si può osservare le concentrazioni di CO, HC, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> rispetto allo scenario di baseline diminuiscono sensibilmente e soprattutto quelle di NO<sub>2</sub> si attestano su valori largamente inferiori alla soglia prevista dalla normativa. Per BNZ e SO<sub>x</sub>, anche con un incremento contenuto, i valori rimangono del tutto irrilevanti.

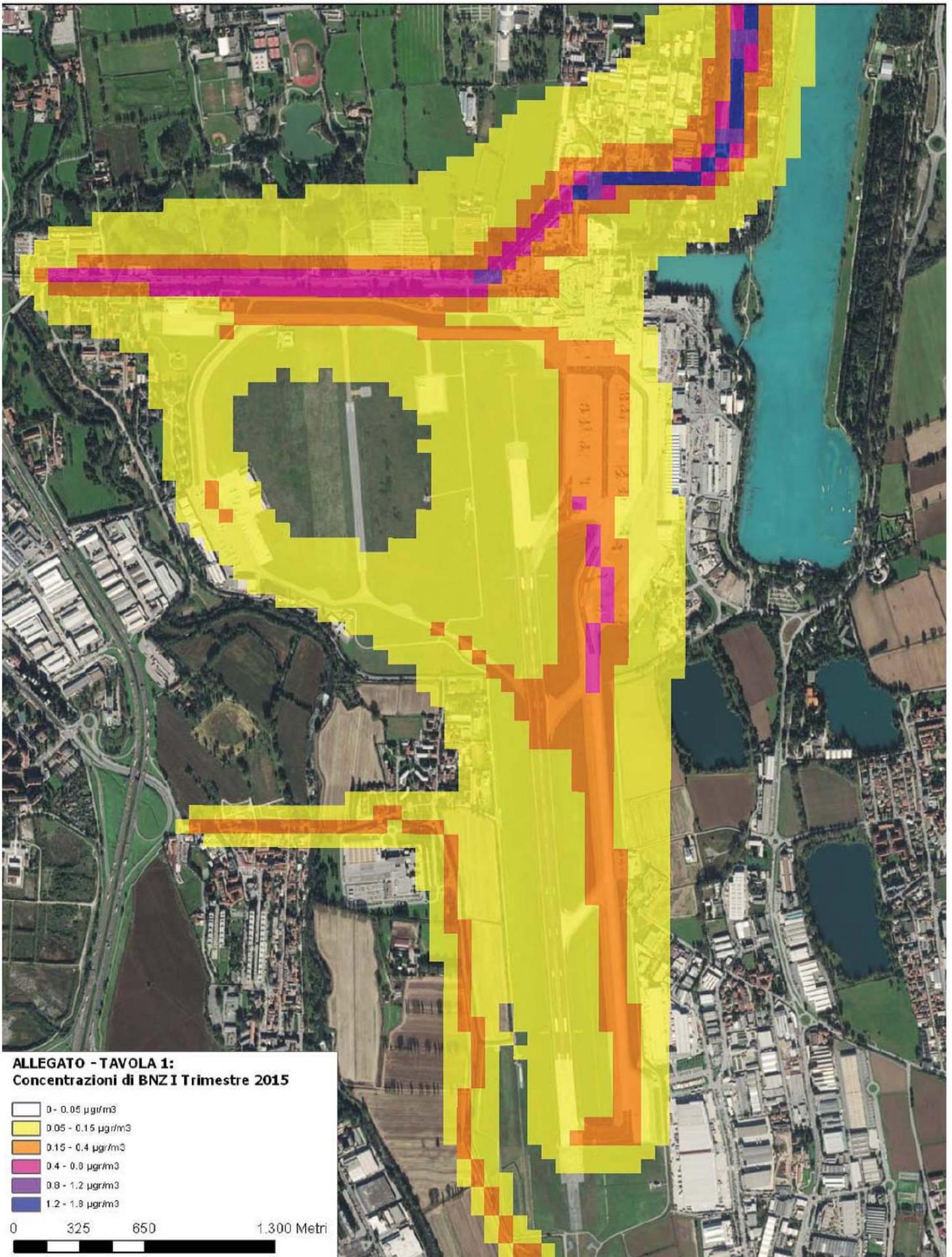
## **BIBLIOGRAFIA**

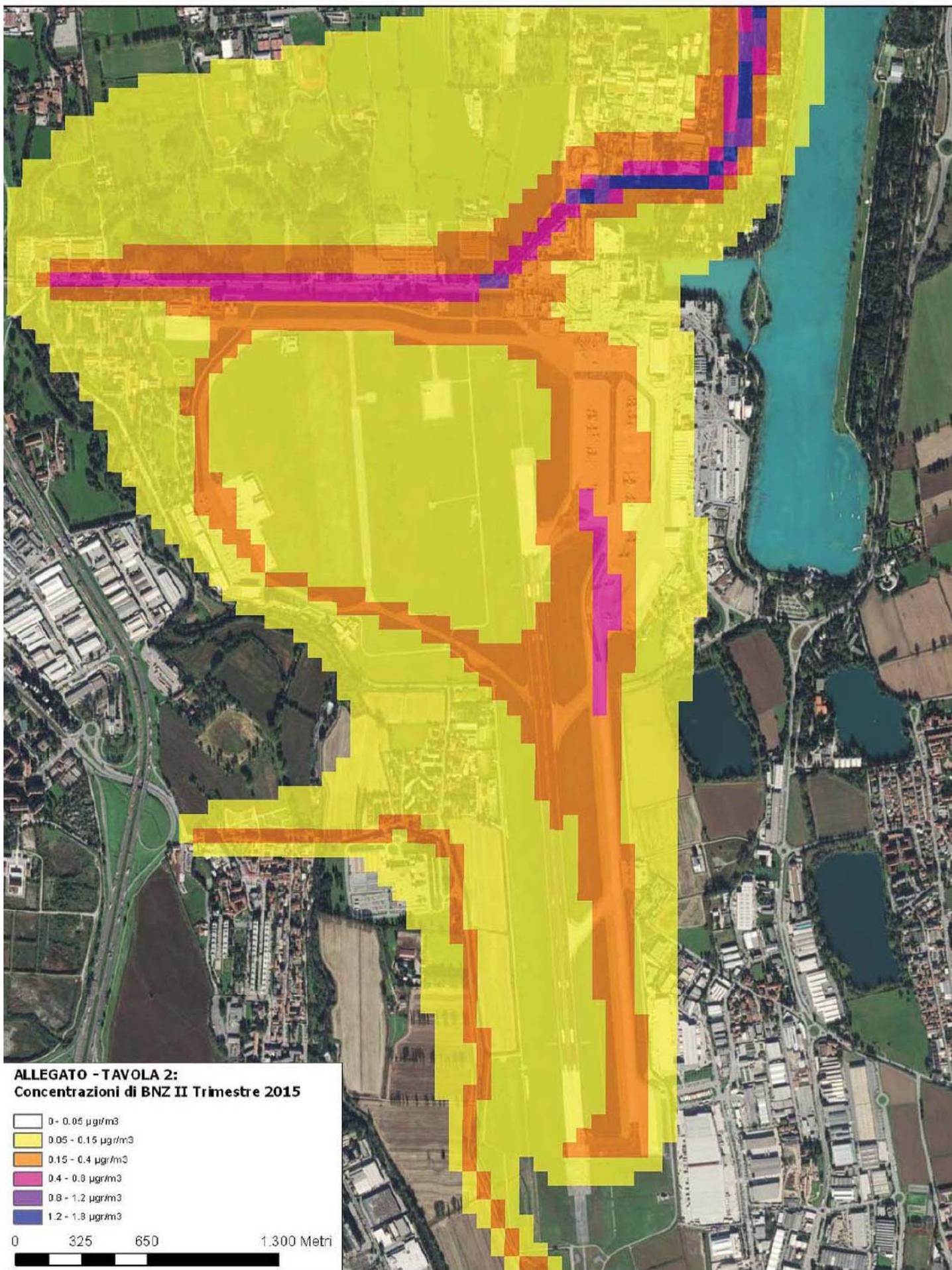
1. LA MICROMETEOROLOGIA E LA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ARIA, APAT, 2003
2. ICAO DOC 9889 Airport Air Quality Manual, First Edition 2011
3. ICAO Annex 16, Environmental Protection, Vol. 2, Aircraft Engine Emissions, Third Edition 2008
4. LASPORT 2.0 Program Manual, Janicke Consulting, Marzo 2009
5. VDI 3945 Part 3, "Environmental meteorology, Atmospheric dispersion models - Particle Model", 2000
6. VDI 3782 Part 3, Dispersion of air pollutants in the atmosphere; determination of plume rise, 1985
7. Emission Factor Documentation for AP-42 Section 1.4—Natural Gas Combustion, Technical Support Division, Office of Air Quality Planning and Standards, U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, 1997
8. Documentation for aircraft, commercial marine vessel, locomotive, and other nonroad components of the national emissions inventory, EPA, 2003
9. SINANET, Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale, ISPRA, 2014
10. ICAO Aircraft Engine Emissions Databank, [easa.europa.eu](http://easa.europa.eu), 2016
11. TAPS II Combustor Final Report (DOT/FAA/AEE/2014-03), FAA, 2014

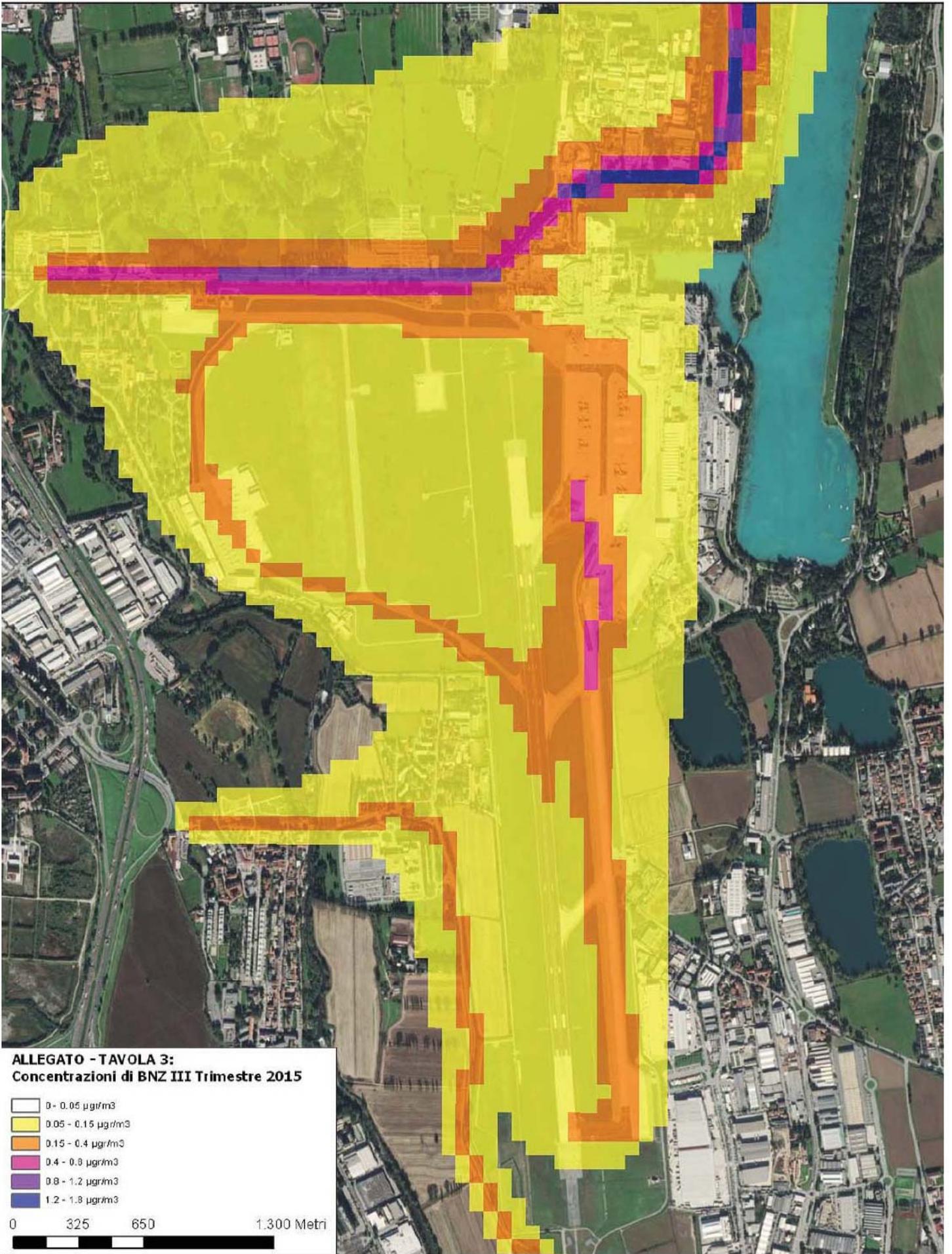


## **ALLEGATO**

### MAPPE DELLE CONCENTRAZIONI TRIMESTRALI



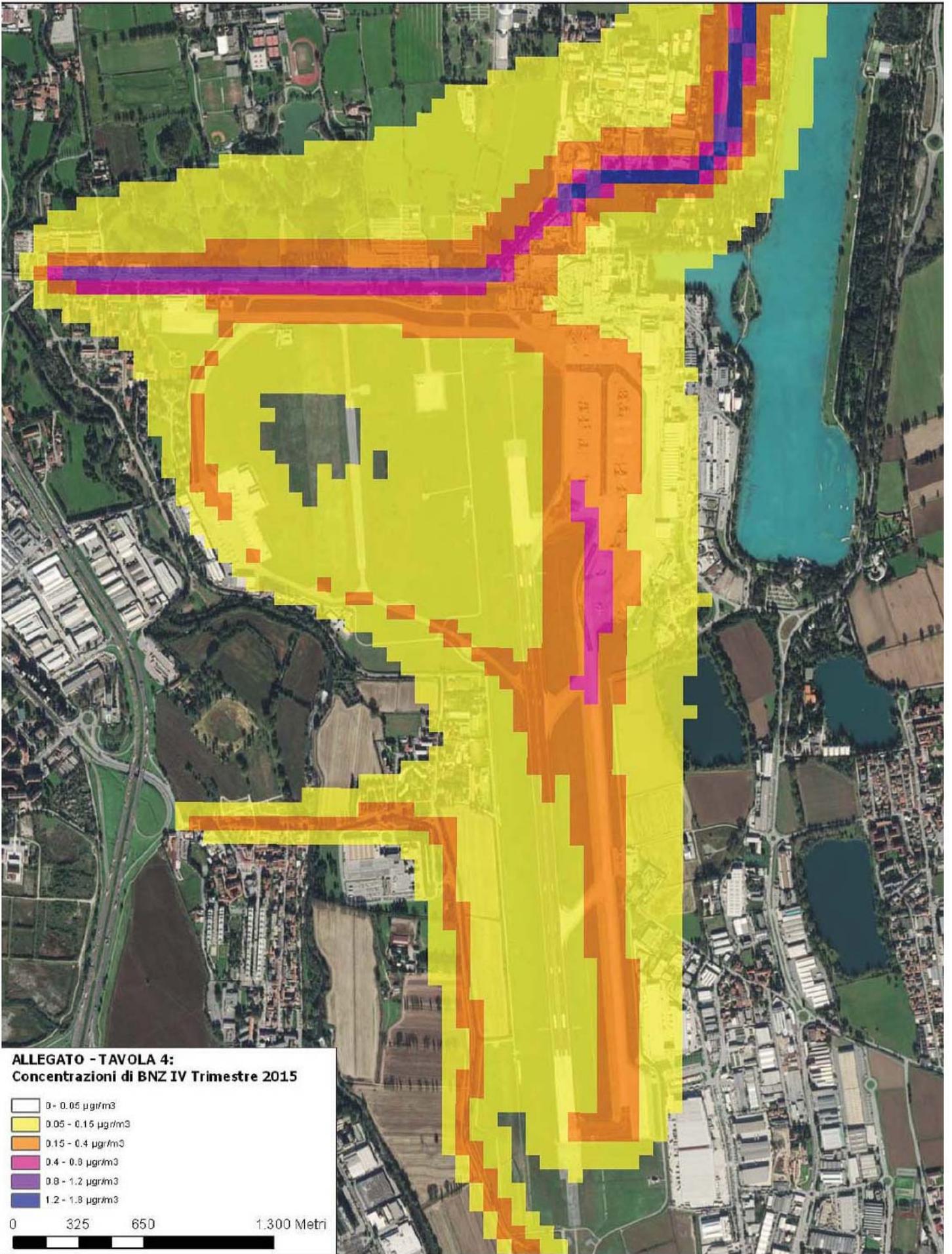




**ALLEGATO - TAVOLA 3:**  
**Concentrazioni di BNZ III Trimestre 2015**

- 0 - 0.05 µg/m<sup>3</sup>
- 0.05 - 0.15 µg/m<sup>3</sup>
- 0.15 - 0.4 µg/m<sup>3</sup>
- 0.4 - 0.8 µg/m<sup>3</sup>
- 0.8 - 1.2 µg/m<sup>3</sup>
- 1.2 - 1.8 µg/m<sup>3</sup>

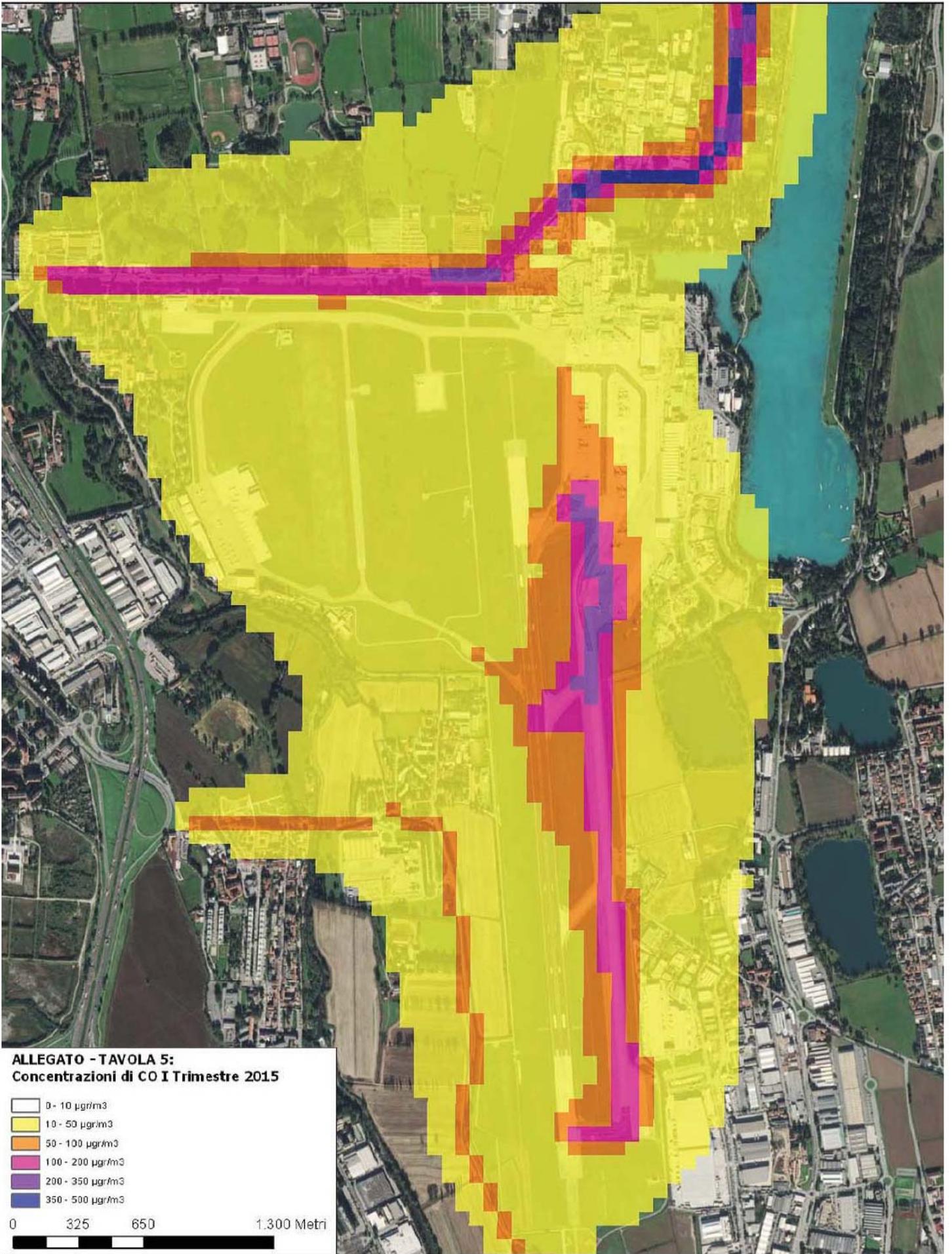
0      325      650      1.300 Metri



**ALLEGATO - TAVOLA 4:**  
**Concentrazioni di BNZ IV Trimestre 2015**

- 0 - 0.05 µg/m<sup>3</sup>
- 0.05 - 0.15 µg/m<sup>3</sup>
- 0.15 - 0.4 µg/m<sup>3</sup>
- 0.4 - 0.8 µg/m<sup>3</sup>
- 0.8 - 1.2 µg/m<sup>3</sup>
- 1.2 - 1.8 µg/m<sup>3</sup>

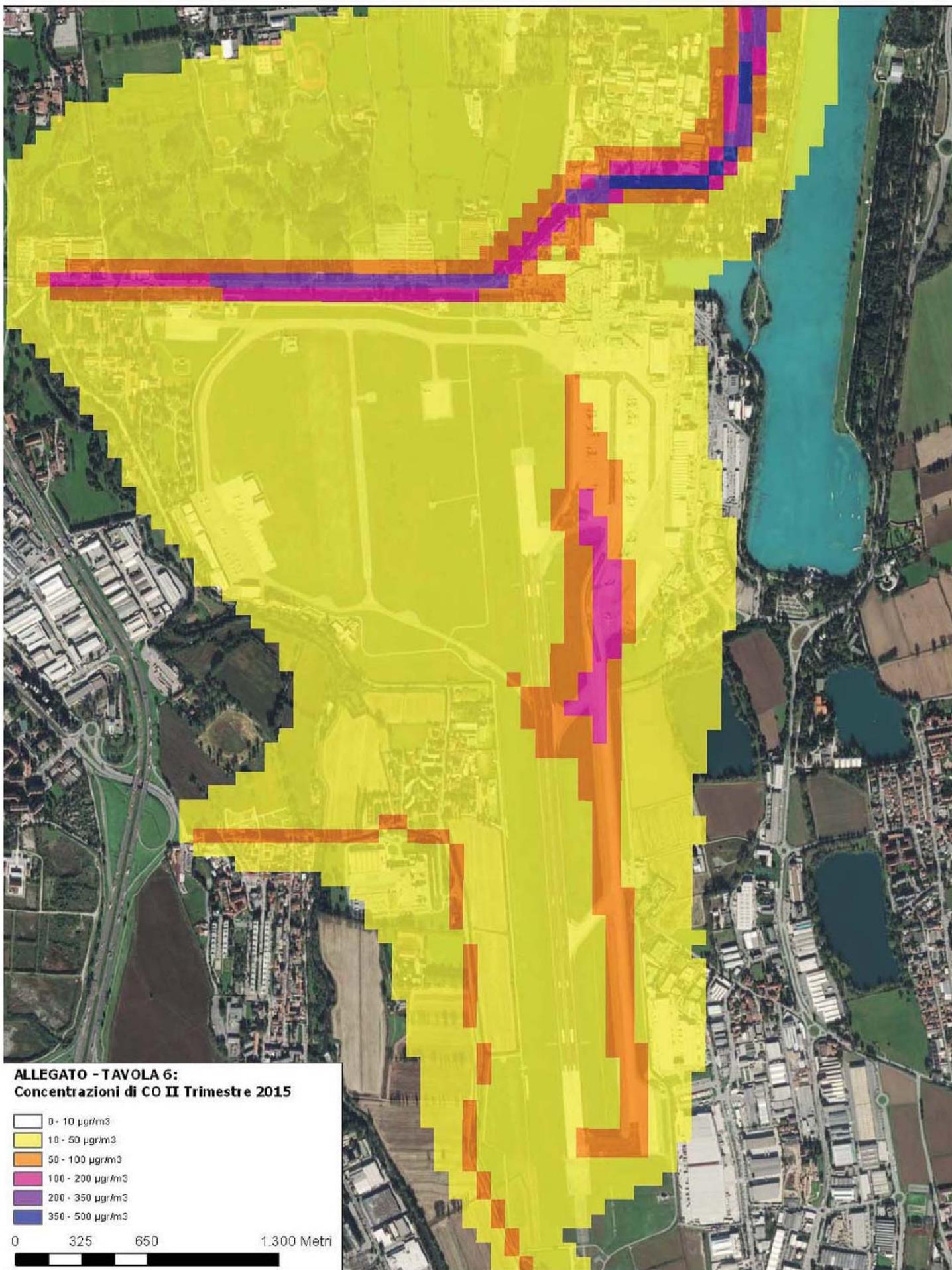
0      325      650      1.300 Metri

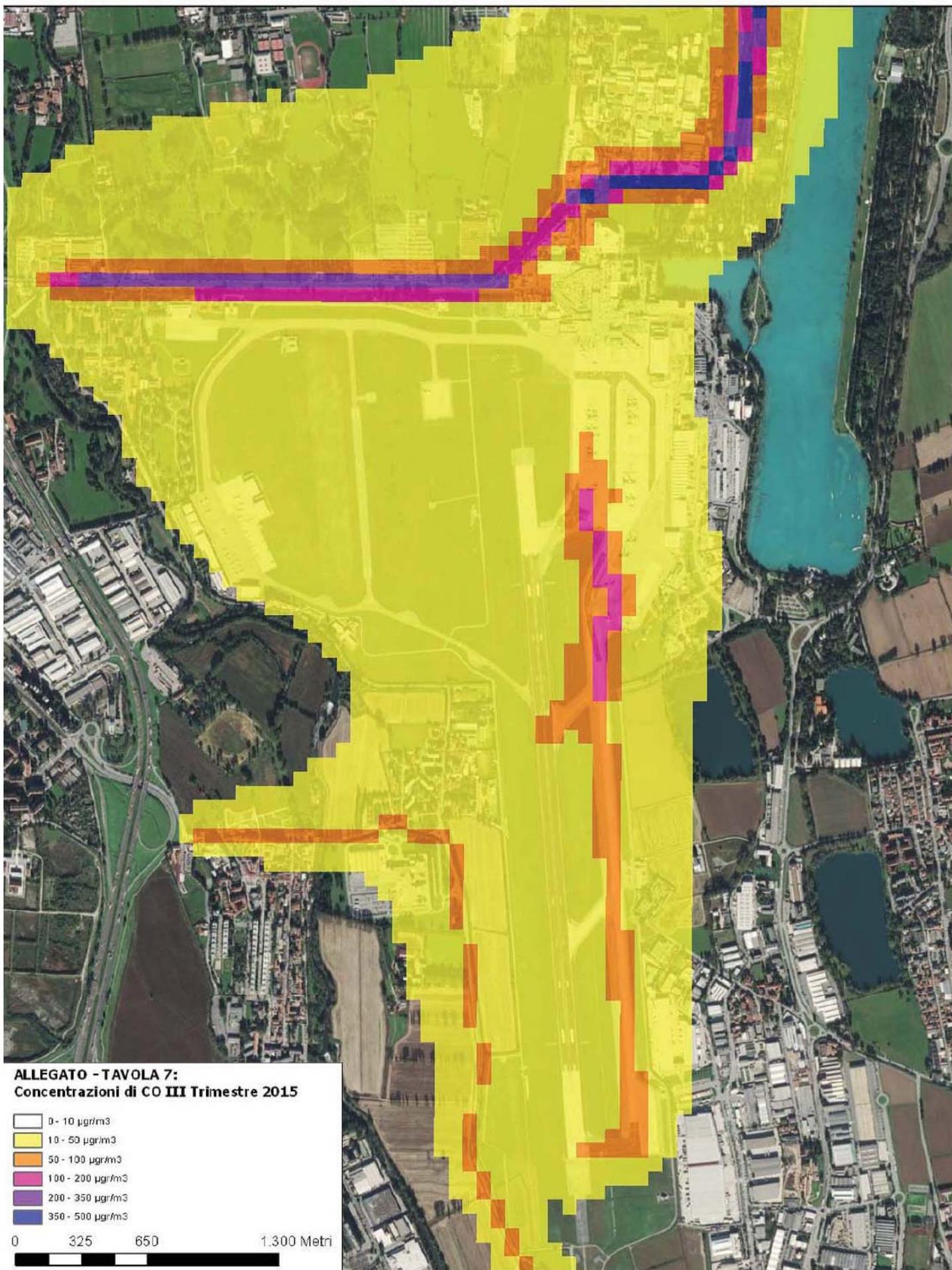


**ALLEGATO - TAVOLA 5:**  
**Concentrazioni di CO I Trimestre 2015**

- 0 - 10 µg/m<sup>3</sup>
- 10 - 50 µg/m<sup>3</sup>
- 50 - 100 µg/m<sup>3</sup>
- 100 - 200 µg/m<sup>3</sup>
- 200 - 350 µg/m<sup>3</sup>
- 350 - 500 µg/m<sup>3</sup>

0      325      650      1.300 Metri



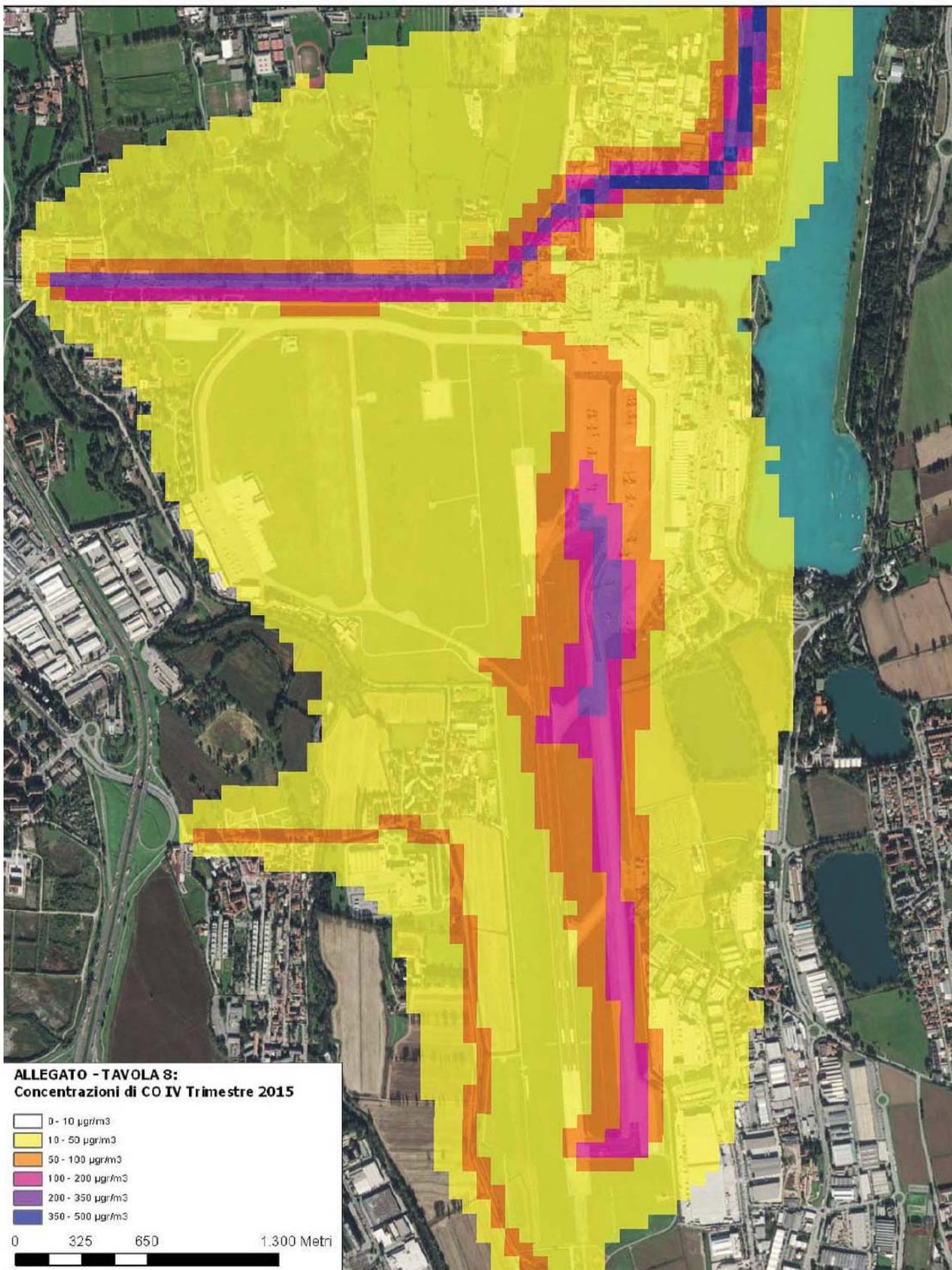


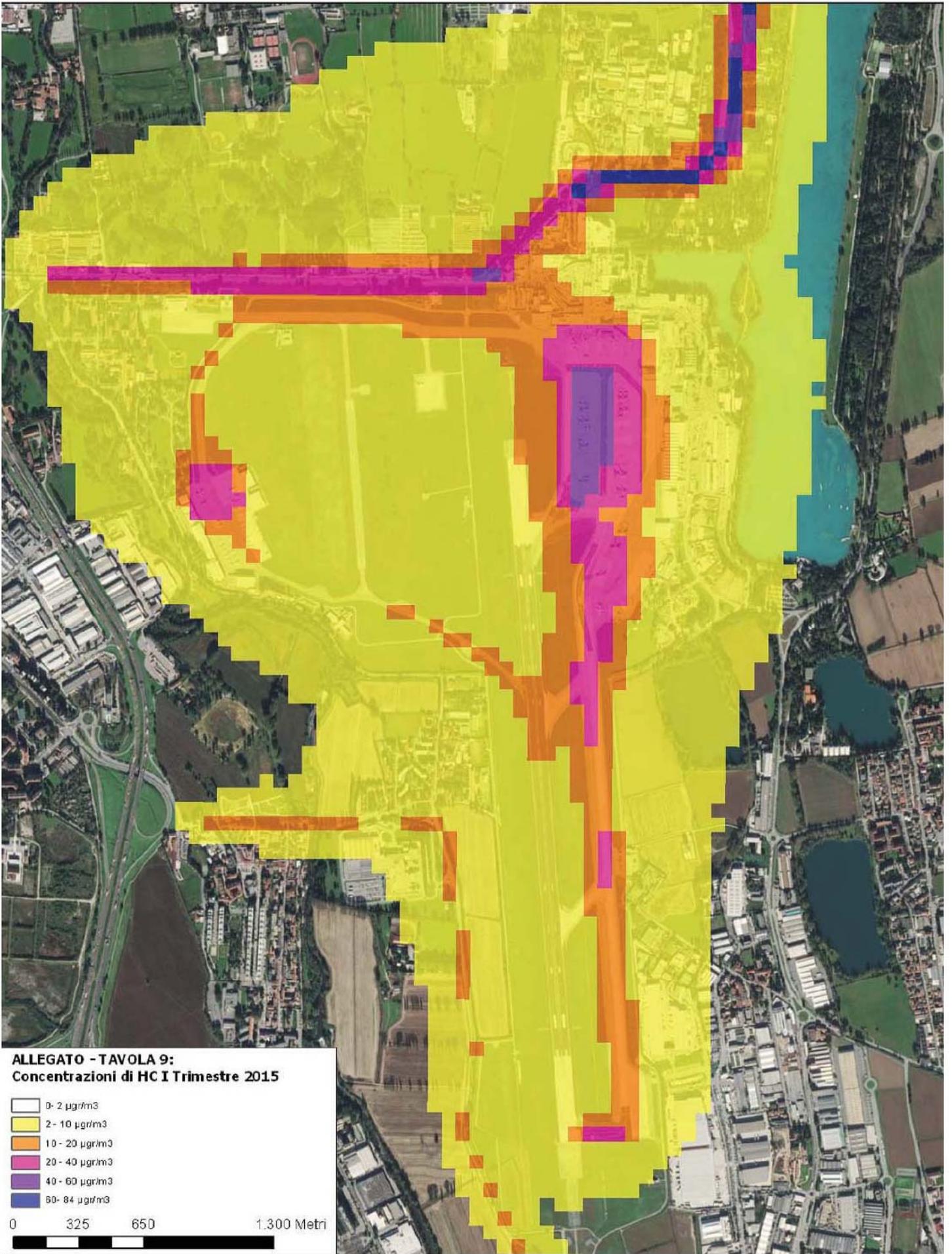
**ALLEGATO - TAVOLA 7:**  
**Concentrazioni di CO III Trimestre 2015**

- 0 - 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 10 - 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 50 - 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 100 - 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 200 - 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 350 - 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

0 325 650 1.300 Metri



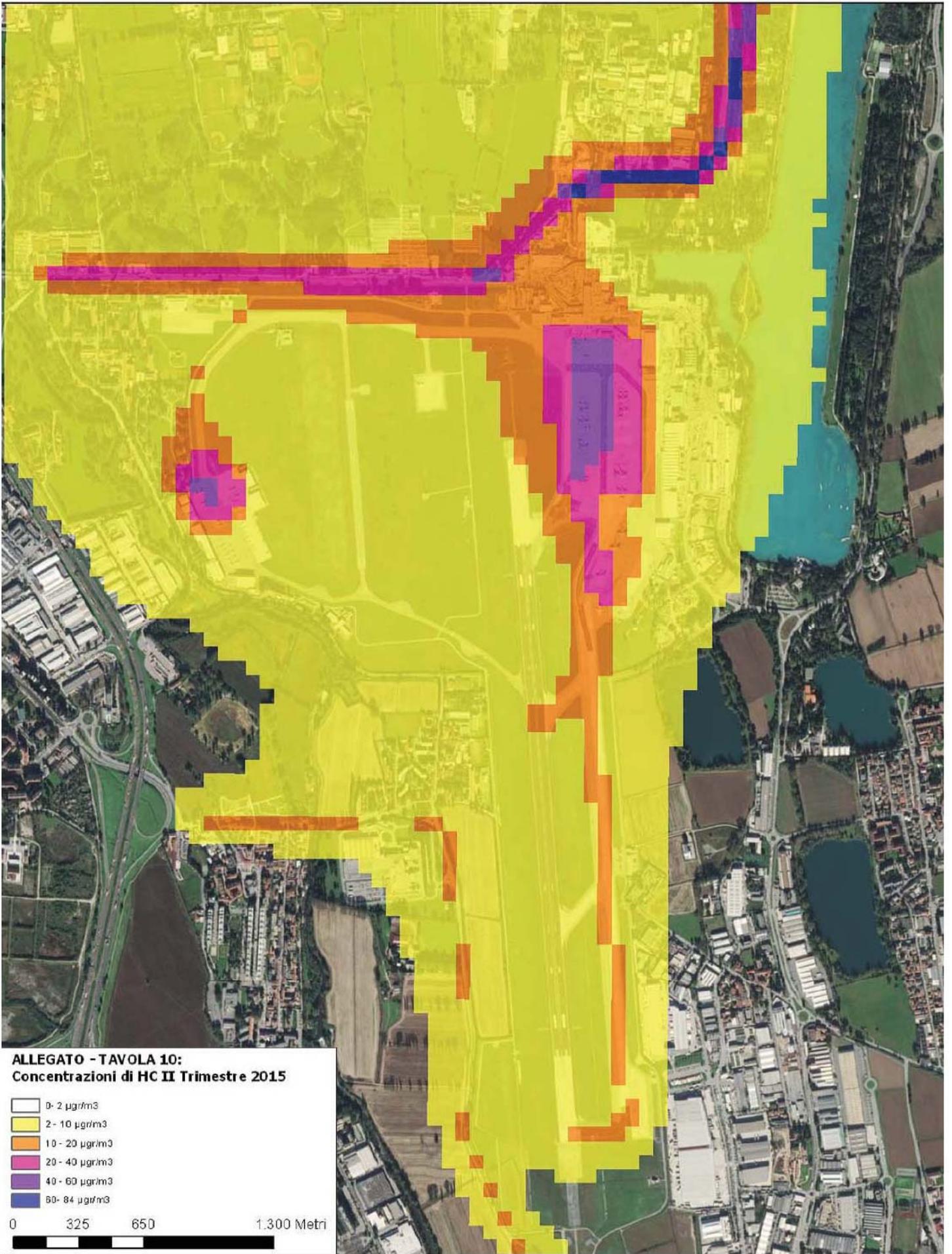


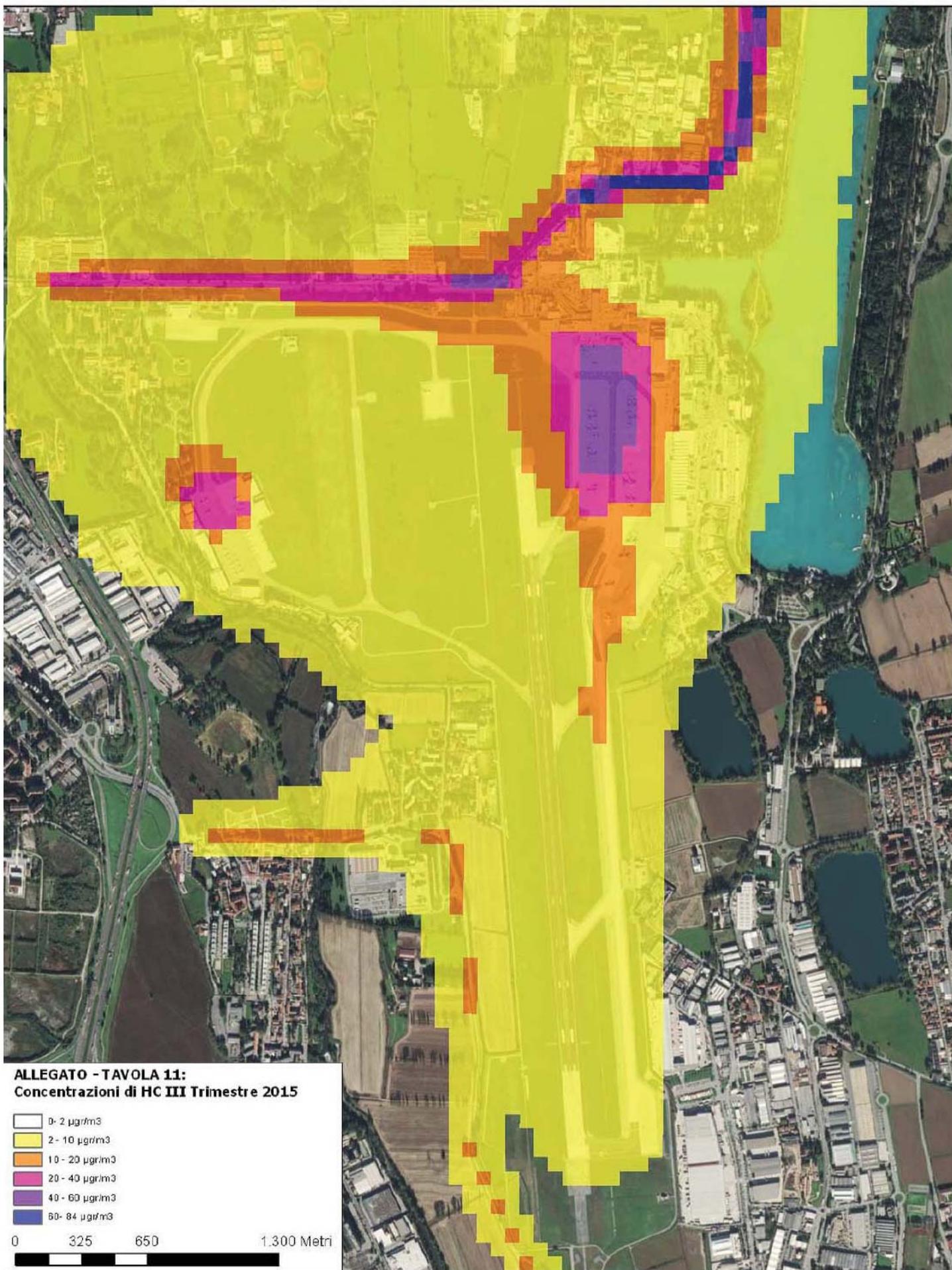


**ALLEGATO - TAVOLA 9:**  
**Concentrazioni di HCl Trimestre 2015**

- 0- 2 µg/m<sup>3</sup>
- 2- 10 µg/m<sup>3</sup>
- 10- 20 µg/m<sup>3</sup>
- 20- 40 µg/m<sup>3</sup>
- 40- 60 µg/m<sup>3</sup>
- 60- 84 µg/m<sup>3</sup>

0      325      650      1.300 Metri

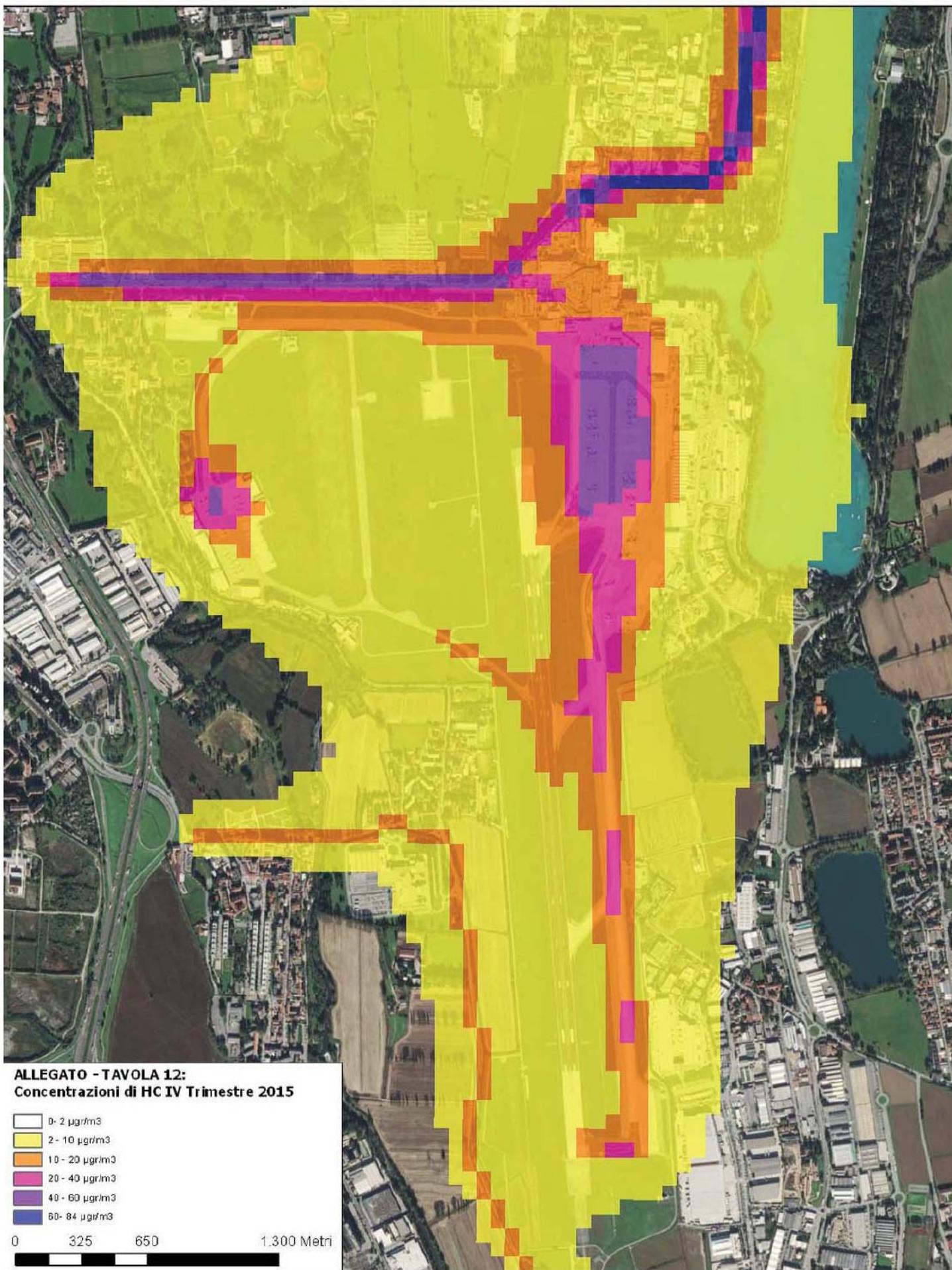




**ALLEGATO - TAVOLA 11:**  
**Concentrazioni di HC III Trimestre 2015**

- 0- 2 µg/m<sup>3</sup>
- 2- 10 µg/m<sup>3</sup>
- 10- 20 µg/m<sup>3</sup>
- 20- 40 µg/m<sup>3</sup>
- 40- 60 µg/m<sup>3</sup>
- 60- 84 µg/m<sup>3</sup>

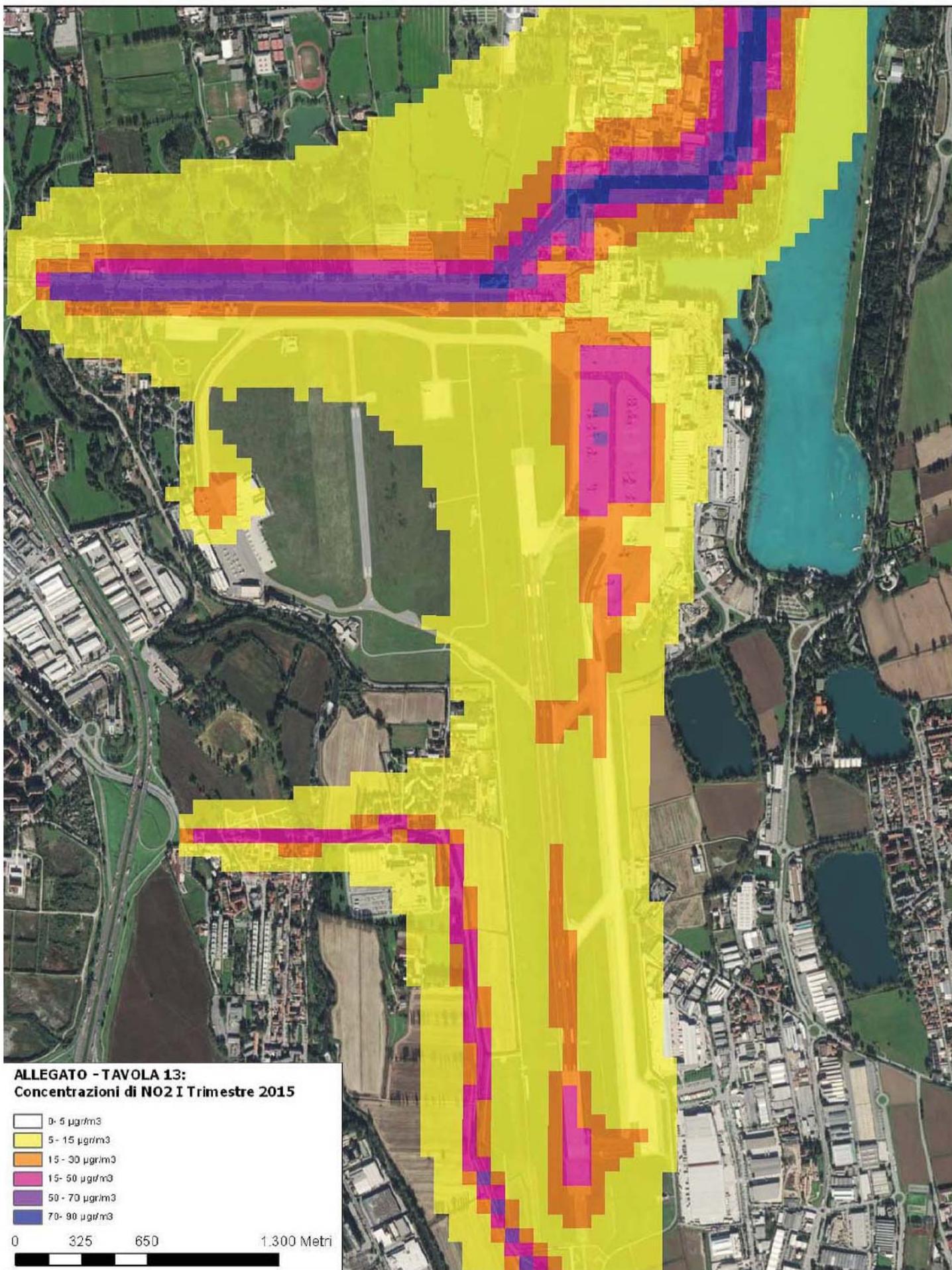
0 325 650 1.300 Metri



**ALLEGATO - TAVOLA 12:**  
**Concentrazioni di HC IV Trimestre 2015**

- 0 - 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 2 - 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 10 - 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 20 - 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 40 - 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 60 - 84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

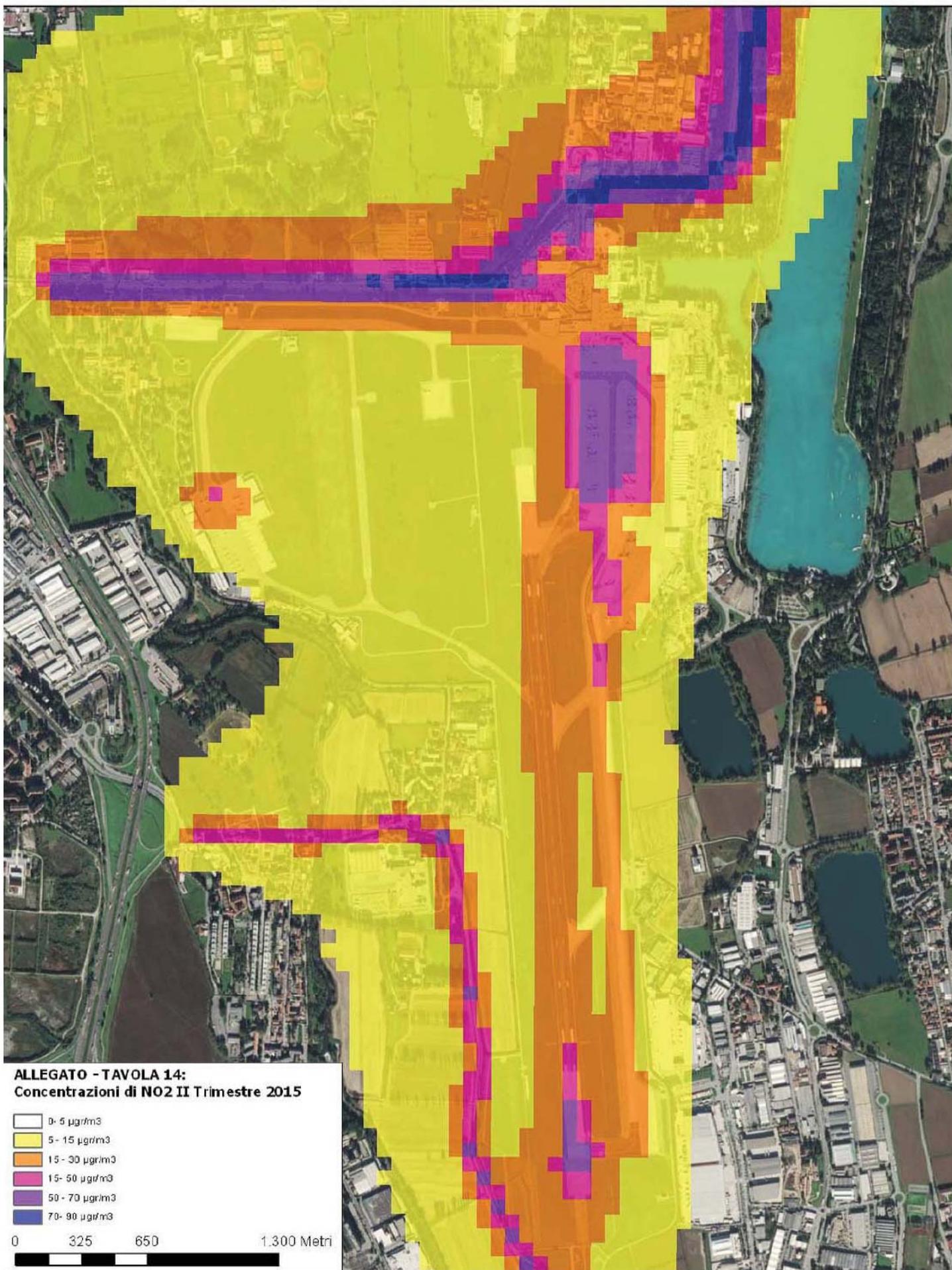
0 325 650 1.300 Metri

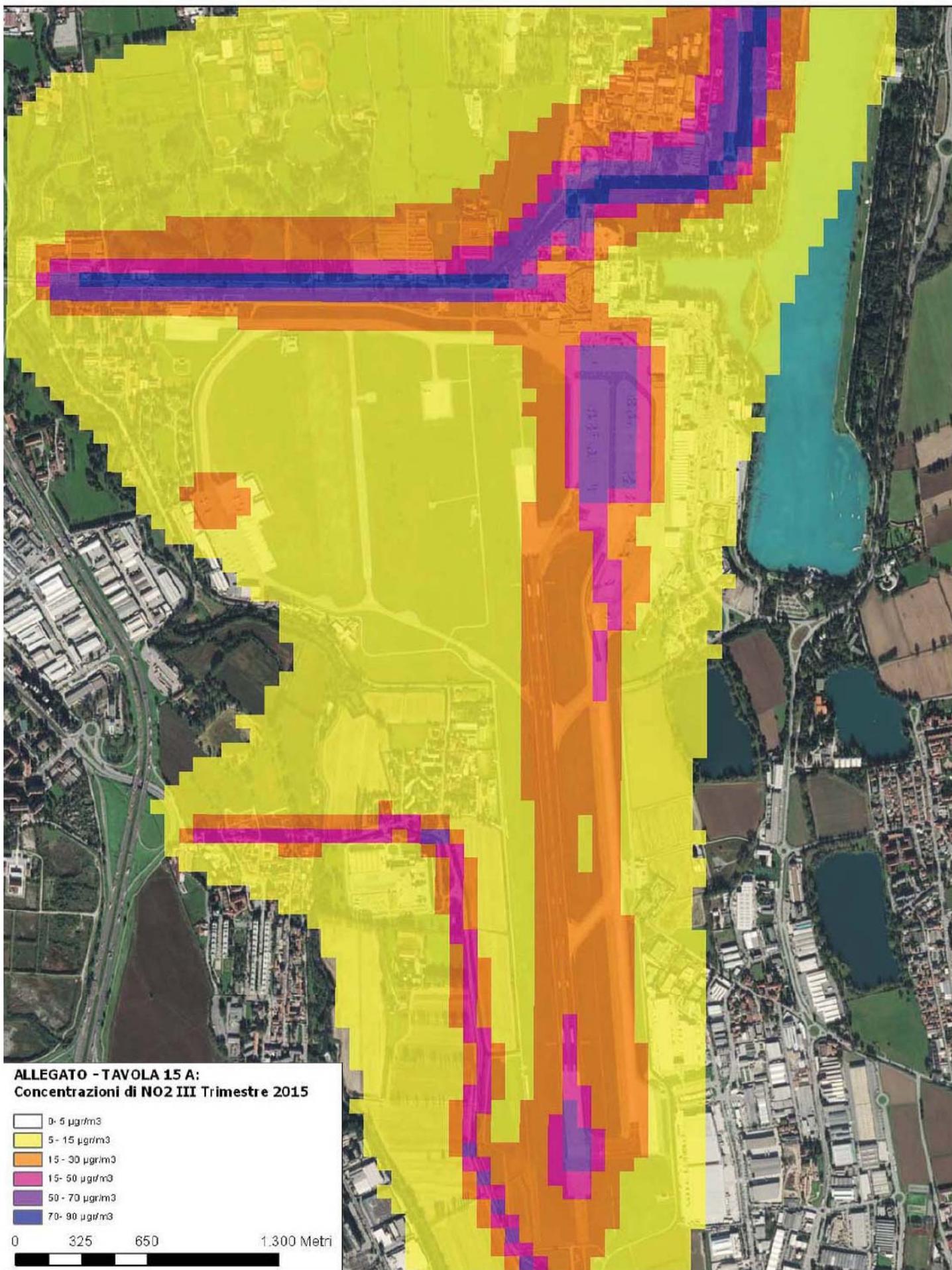


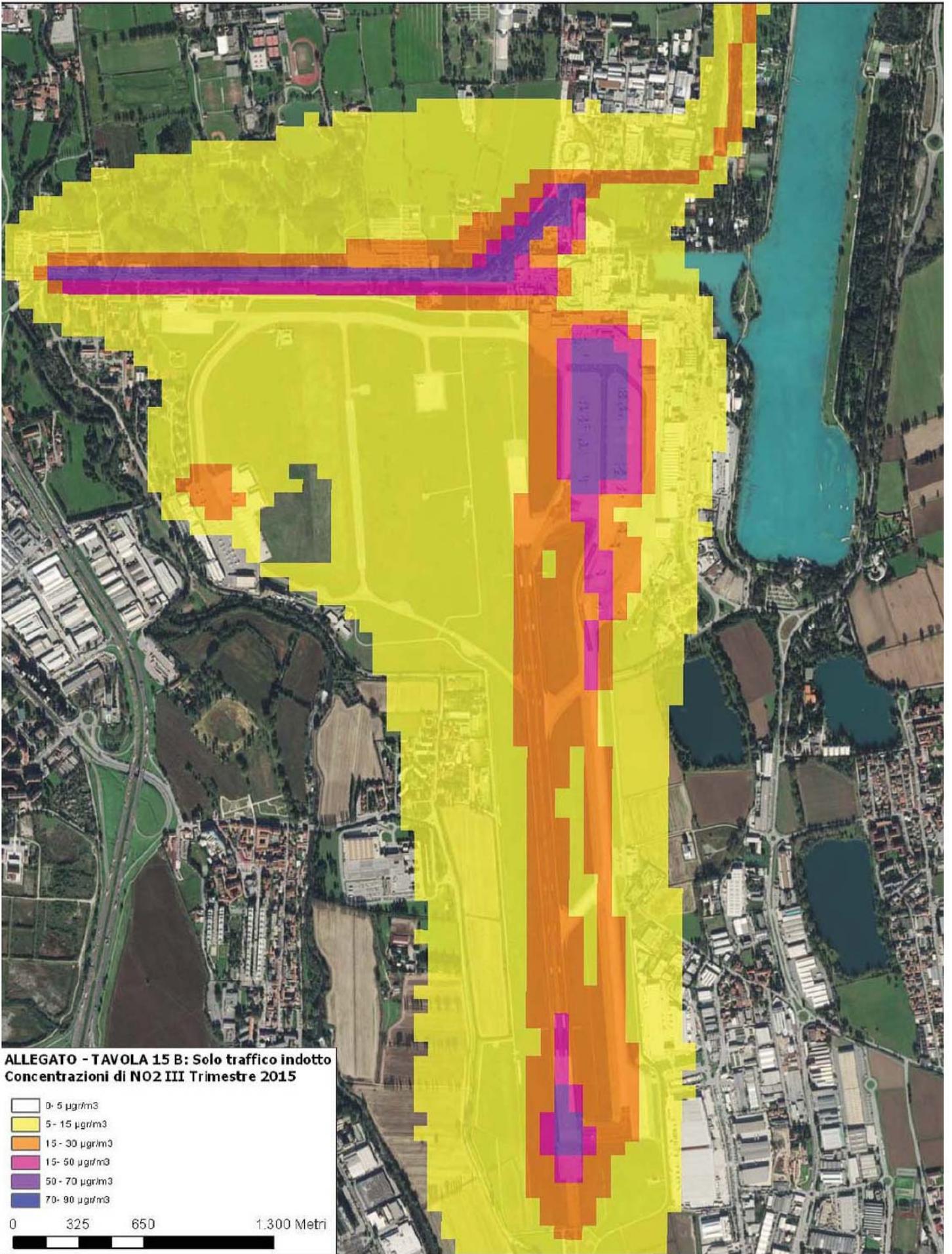
**ALLEGATO - TAVOLA 13:**  
**Concentrazioni di NO<sub>2</sub> I Trimestre 2015**

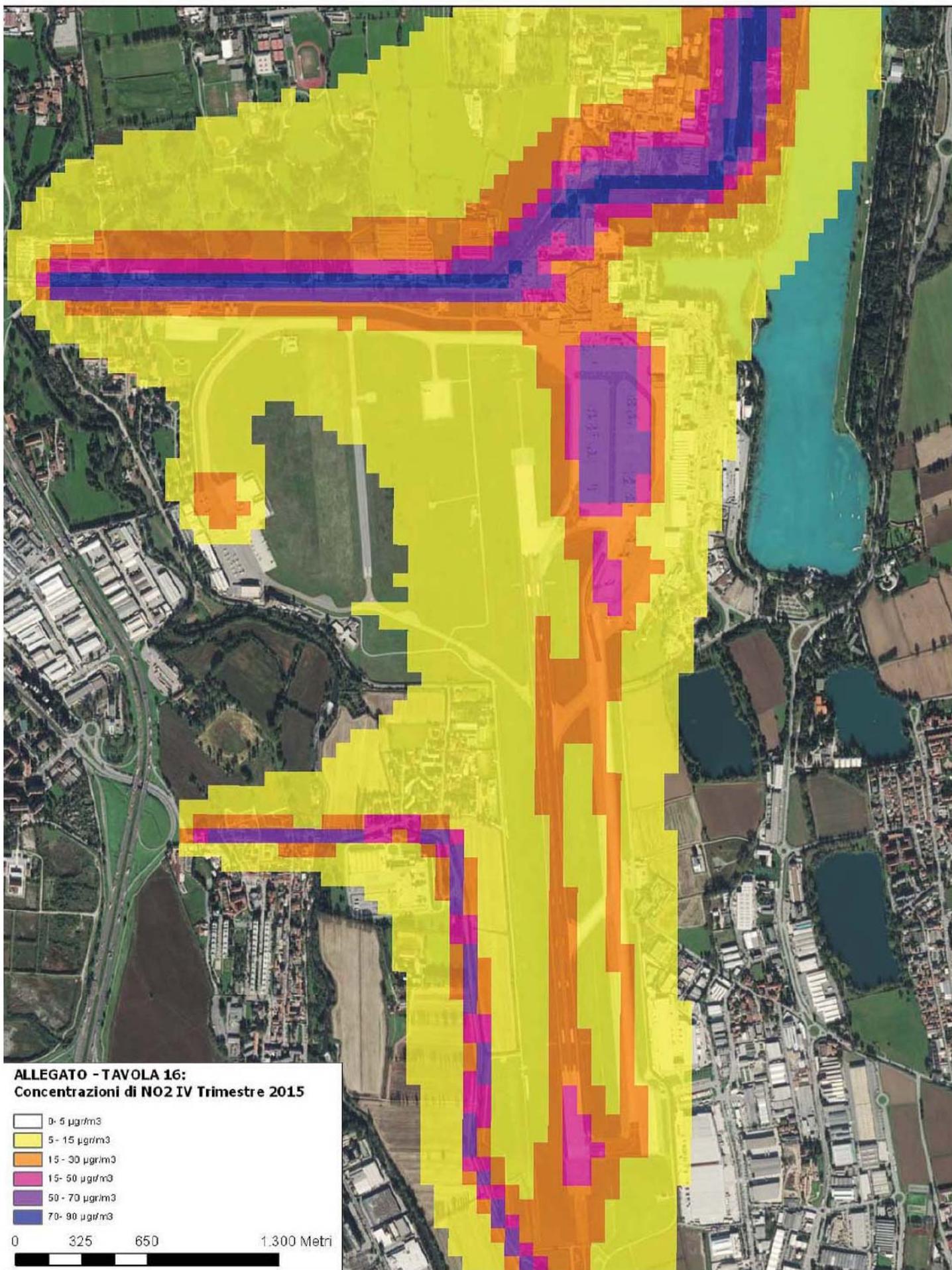
- 0 - 5 µg/m<sup>3</sup>
- 5 - 15 µg/m<sup>3</sup>
- 15 - 30 µg/m<sup>3</sup>
- 30 - 50 µg/m<sup>3</sup>
- 50 - 70 µg/m<sup>3</sup>
- 70 - 90 µg/m<sup>3</sup>

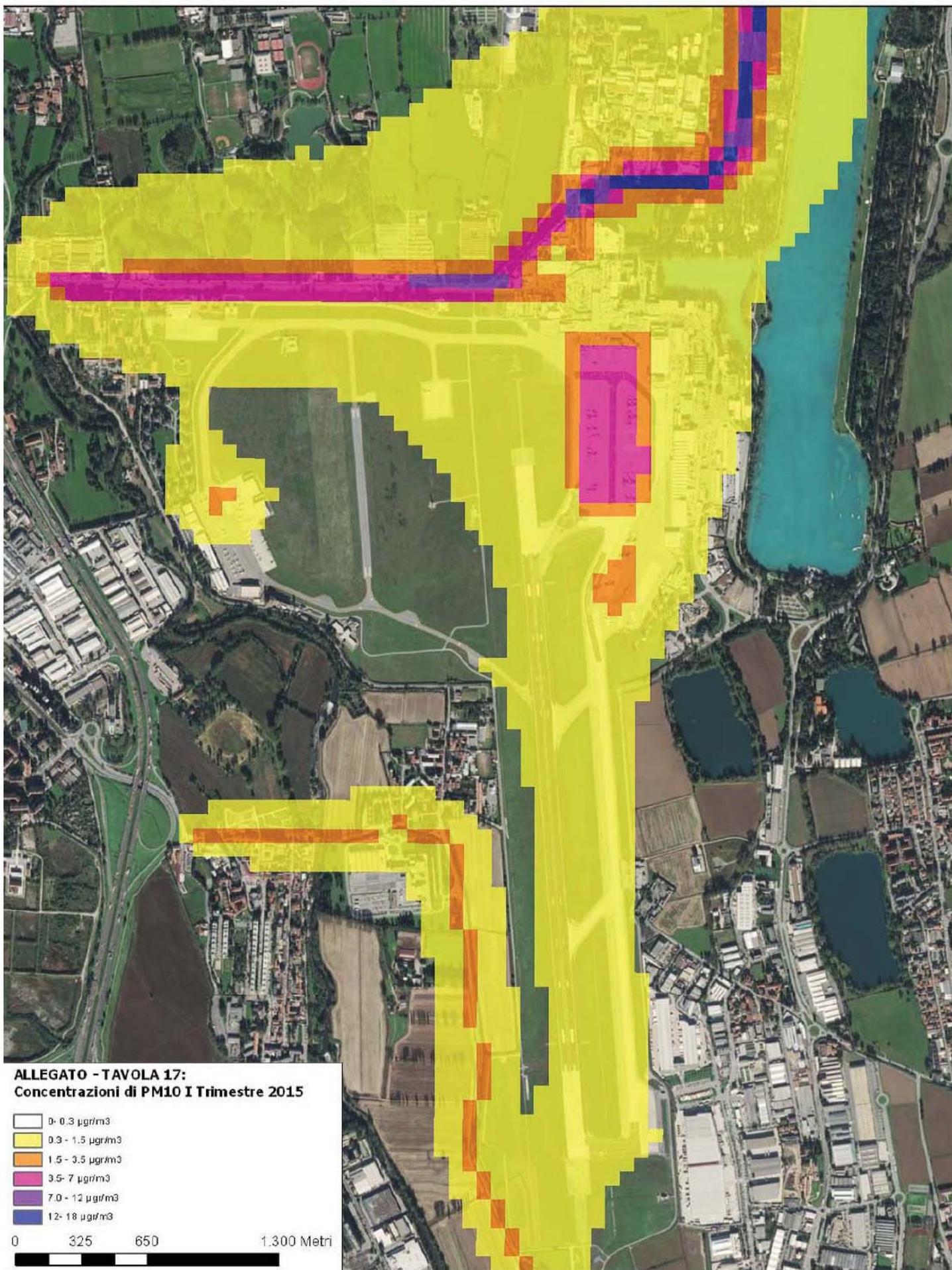
0 325 650 1.300 Metri











**ALLEGATO - TAVOLA 17:**  
**Concentrazioni di PM10 I Trimestre 2015**

- 0 - 0.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 0.3 - 1.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 1.5 - 3.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 3.5 - 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 7.0 - 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 12 - 18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

0 325 650 1.300 Metri

