risoluzione spaziale non è assolutamente una scelta *libera* poiché deve essere necessariamente compatibile con il dettaglio delle informazioni con cui viene alimentata la catena modellistica, le emissioni, il land-use e l'orografia. In particolare tanto più la base dati emissiva utilizzata è in grado di selezionare spazialmente la quantità di massa che alimenta il modello di dispersione tanto più sarà possibile effettuare una simulazione modellistica ad elevata risoluzione fisicamente realistica.

Nel caso specifico, le simulazioni sono state effettuate su domini con differente risoluzione, il dominio regionale (risoluzione di 4 km x 4 km) e i domini locali a risoluzione 1km x 1km. Tale scelta è stata dettata dal fatto che, relativamente al dominio locale di Roma, si ha una descrizione dei flussi di traffico su un grafo stradale piuttosto dettagliato e ciò ha reso possibile una disaggregazione spaziale delle emissioni su scala inferiore rispetto alla scala regionale.

La discrepanza che emerge nel confronto tra modello/misure nei due domini, regionale e locale, è fortemente legata al dettaglio della base dati emissiva che risulta effettivamente carente nel territorio regionale rispetto al dominio di Roma. Se da una parte il confronto misure/modello nel Comune di Roma è confortante, lo stesso confronto nel resto del territorio regionale appare peggiore, in particolare nella zona Valle del Sacco a causa della carenza della base dati emissiva e della bassa risoluzione spaziale da non permettere alla catena modellistica di descrivere i fenomeni di dispersione che avvengono su scala locale caratteristici di aree ad elevata complessità orografica.

Per tali ragioni si è ritenuto opportuno combinare/integrare le misure prodotte dalla rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria con i campi di concentrazione prodotti dalla catena modellistica RAMS/FARM mediante opportune tecniche di *data fusion* (assimilazione a posteriori). Seguendo quanto prodotto in Silibello et al, 2013 (*Application of a chemical transport model and optimized data assimilation methods to improve air quality assessment* pubblicato su Air Quality, Atmosphere & Health, Vol. 2, 2013) le misure sono state assimilate mediante il metodo delle correzioni successive, ottimizzando i parametri che gestiscono l'assimilazione, come la rappresentatività dei punti di misura, correlazione orizzontale (Rh), correlazione verticale (Rz), in base alle caratteristiche dei singoli inquinanti e delle singole misure.

Una delle criticità dell'assimilazione dati è legata al numero ed alla localizzazione delle misure disponibili da integrare con il campo di concentrazione prodotto dal modello. Un numero di punti di misura limitato può notevolmente influire sul campo di concentrazione in modo da sbilanciare la distribuzione spaziale producendo delle incongruità fisico/chimiche non compatibili con la situazione realistica che si vuole ricostruire. Considerando che tale criticità viene accentuata se la risoluzione del sistema modellistico è bassa, come nel caso del dominio regionale (4 km x 4 km), si è deciso di combinare per il PM10 i campi di concentrazione con le misure prodotte dalle numerose campagne sperimentali effettuate nel 2017 su tutto il territorio regionale mediante l'utilizzo del laboratorio mobile. Tali campagne, sebbene siano state realizzate rispettando i requisiti di durata richiesti dal d.lgs. 155/2010, sono comunque discontinue e limitate nel tempo poiché non coprono l'intero arco annuale, che è il requisito necessario per poter effettuare l'assimilazione.

Per poter utilizzare anche queste informazioni nella procedura di assimilazione, è stata ricostruita, mediante un metodo di stima oggettiva, la serie annuale di concentrazione di PM10 per ogni singola campagna di misura a partire dalle misure discontinue della campagna in oggetto e dalle misure della rete fissa di monitoraggio. La tecnica statistica utilizzata è descritta in Sozzi et al, 2013, *Stimatore statistico lineare per la stima della concentrazione media giornaliera di PM_{10}*, BEA-UNIDEA, 2013/03.
In particolare, considerando l'intero periodo in cui si sono svolte le campagne con mezzo mobile (se per esempio sono state realizzate 4 campagne durante l'intero anno, è l'intero anno il periodo da considerare) sulla base delle serie storiche relative alle varie postazioni *slave* si applichi giorno dopo giorno per l'intero periodo considerato lo stimatore BLUE (3), alla fine si ottiene una serie storica costituita dalla misure realizzate dal mezzo mobile per tutti i giorni in cui era presente nel sito considerato e dalle stime per tutti i giorni in cui il mezzo mobile era assente. Si è dunque applicata la procedura sopra descritta per ottenere delle "stazioni virtuali" nei punti in cui è stato effettuato un monitoraggio nel 2017 che vengono riportati in Tabella 5.2.

Tabella 5.2 - Campagne monitoraggio 2017 utilizzate per la valutazione della qualità dell'aria**.**

Località	Latitudine	Longitudine	N. Campagna	Data Inizio	Data Fine	Durata gg	Totale
Albano Laziale	41.7244	12.6558	I	05.04.2017	24.05.2017	49	78
	41.7244	12.6558	I	25.11.2017	24.12.2017	29	
Ceccano	41.5701	13.3297	I	01.01.2017	23.01.2017	22	55
	41.5864	13.3258	II	13.10.2017	12.11.2017	30	
Ceprano	41.5480	13.5216	I	03.03.2017	11.04.2017	39	39
Giuliano di Roma	41.5412	13.2794	I	03.02.2017	01.03.2017	26	26
Montefiascone	42.5396	12.0342	I	01.02.2017	26.02.2017	25	63
	42.5396	12.0342	II	14.09.2017	22.10.2017	38	
Monte San Giovanni Campano	41.5943	13.5230	I	14.03.2017	03.04.2017	20	20
Orte	42.4558	12.3886	I	02.06.2017	24.06.2017	22	35
	42.4558	12.3886	II	28.09.2017	11.10.2017	13	
Patrica	41.6064	13.2764	I	18.01.2017	01.02.2017	14	14
Sora	416.973	135.792	I	01.01.2016	16.01.2017	15	39
	416.973	135.792	II	10.06.2017	02.07.2017	22	
Terracina	412.873	132.360	I	04.07.2017	30.07.2017	26	64
	412.873	132.360	I	23.11.2017	31.12.2017	38	
Valmontone	417.753	129.267	II	05.05.2017	24.05.2017	19	19
	417.753	129.267	III	24.10.2017	23.11.2017	30	

Si fa notare come applicando la procedura statistica, nel caso in cui le campagne sperimentali con i mezzi mobili vengano ripetute periodicamente, anno dopo anno, negli stessi punti del territorio, dopo un periodo di transizione (almeno quattro settimane di campagne sperimentali realizzate in un dato sito), si possono ottenere la gerarchia di quadruple delle postazioni *slave* ed i relativi pesi. Ciò comporta che è di fatto possibile attivare la procedura sopra descritta per ricostruire la serie storica relativa al sito considerato, che verrà mantenuta sempre attiva fornendo costantemente una stima di concentrazione media giornaliera. Allo scadere di ogni anno si riaggiornerà la gerarchia delle postazioni *slave* ed i relativi pesi per tener conto di eventuali variazioni nel quadro emissivo locale e non e delle variazioni del quadro meteorologico e micrometeorologico.

Il risultato netto sarà che pur non avendo aggiunto nuove postazioni fisse alla rete di monitoraggio regionale, nei fatti ad essa si aggiungeranno tante postazioni virtuali quanti saranno i siti sedi delle campagne sperimentali periodiche con i mezzi mobili incrementando notevolmente le informazioni disponibili per la valutazione della qualità dell'aria del territorio. Nella regione Lazio è stato realizzato un piano di monitoraggio periodico con i mezzi mobili allo scopo di aggiungere alla rete fissa di monitoraggio almeno una decina di postazioni virtuali localizzate in punti del territorio in cui era necessario incrementare l'informazione della qualità dell'aria.

In sintesi la valutazione della qualità dell'aria sul territorio regionale deriva dalla distribuzione spaziale della concentrazione degli inquinanti ottenuti dall'assimilazione dei campi di concentrazione forniti dal sistema modellistico con i dataset seguenti:

- ✓ Misure orarie o, nel caso del PM10 e PM2,5, giornaliere fornite da tutte le stazioni della rete regionale fissa di monitoraggio della qualità dell'aria;

- ✓ Limitatamente al PM10, ricostruzione delle concentrazioni giornaliere effettuate a partire dalle campagne di misura condotte con il laboratorio mobile mediante la tecnica di stima oggettiva (Sozzi et al, 2013, *Stimatore statistico lineare per la stima della concentrazione media giornaliera di PM_{10}*, BEA-UNIDEA, 2013/03).

6. Valutazione della qualità dell'aria del 2017

La valutazione della qualità dell'aria è l'elemento base per la verifica del rispetto dei valori limite previsti dal d.lgs. 155/2010 attuata mediante "*l'utilizzo dei metodi stabiliti dal presente decreto per misurare, calcolare, stimare o prevedere i livelli degli inquinanti*.". I metodi stabiliti dalla norma fanno riferimento a diversi strumenti di controllo della qualità dell'aria: la gestione della rete fissa di monitoraggio, le misure indicative effettuate tramite laboratori mobili (per loro natura discontinue nel tempo), l'applicazione di metodi statistici di stima oggettiva e l'utilizzo di catene modellistiche in grado di spazializzare la concentrazione degli inquinanti. L'integrazione dei suddetti elementi, così profondamente differenti tra loro, è l'obiettivo che ci si è posti per effettuare una valutazione della qualità dell'aria che tenesse in considerazione sia dell'intrinseca precisione delle misure sperimentali sia delle capacità descrittive di un modello di simulazione.

Appare chiaro come l'unico strumento che abbiamo a disposizione per poter determinare i livelli di concentrazione su tutto il territorio sia un sistema modellistico che, a partire dalle caratteristiche meteorologiche, micro meteorologiche, orografiche ed emissive del territorio, sia in grado di ricostruire la dispersione, le trasformazioni chimiche (sia in fase gassosa che solida) delle sostanze che vengono immesse (e delle sostanze che risiedono) in atmosfera. D'altra parte è necessario sfruttare le notevoli informazioni, sia in termini di precisione che accuratezza, che una serie di punti di misura, fissi o mobili, sono in grado fornire anche se solo in un numero limitato di punti del territorio

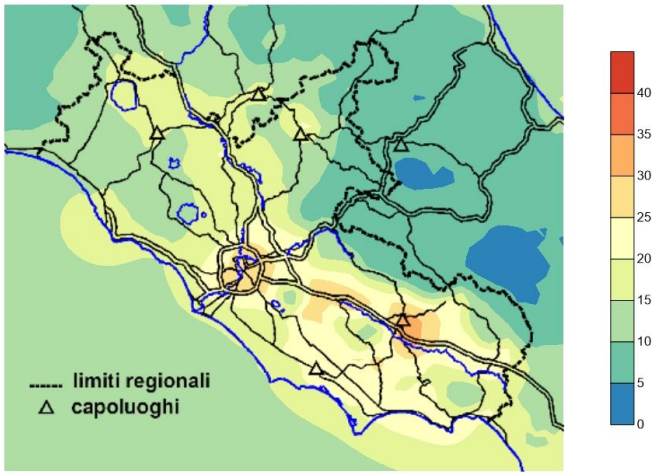
Si è deciso di combinare le misure sperimentali effettuate tramite la rete fissa con il sistema modellistico tramite tecniche di assimilazione in modo da conservare le capacità descrittive del sistema modellistico introducendo, nel sistema stesso, le informazioni prodotte dalla rete di monitoraggio tramite tecniche di assimilazione. Relativamente alle misure indicative di PM10 effettuate con il mezzo mobile, a causa della loro intrinseca criticità legata alla scarsa copertura temporale, sono state sfruttate impiegando un metodo statistico di stima oggettiva per ricostruire la serie temporale annuale a partire dalle poche osservazioni svolte e dalle misure della rete fissa.

Il risultato dell'integrazione degli strumenti previsti dalla norma ha permesso di ottenere le mappe di concentrazione dei diversi inquinanti più realistiche possibili nei 3 domini per i quali è stata effettuata la simulazione, il Lazio (4 km x 4 km), l'area di Roma (1 km x 1 km) e la Valle del Sacco (1 km x 1 km).

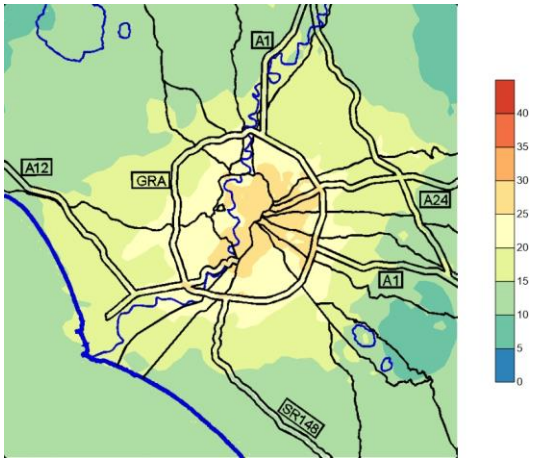
6.1 Distribuzione spaziale della concentrazione di PM10

Di seguito è riportata la mappa di concentrazione media annua del 2017 di PM10 nei 3 domini di simulazione. Il PM10 si accumula in maggior misura nelle zone Valle del Sacco e Agglomerato di Roma.

PM10 - Media annua 2017
Dominio del Lazio (4km x 4km)



PM10 - Media annua 2017
Dominio di Roma (1km x 1km)



PM10 - Media annua 2017
Dominio Valle del Sacco (1km x 1km)

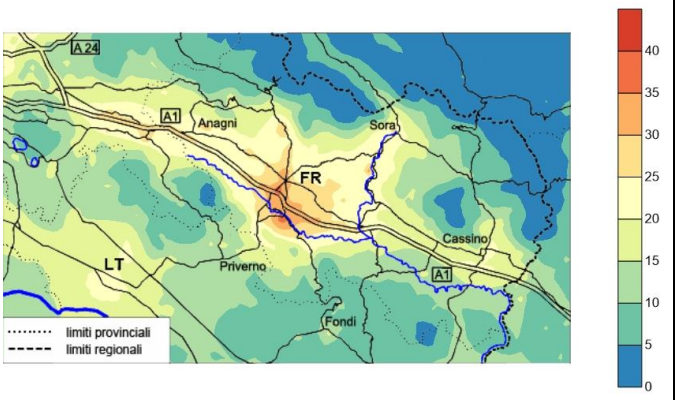


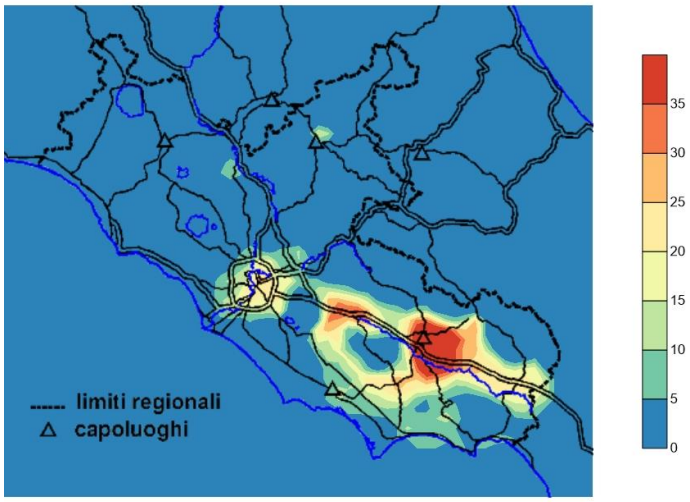
Figura 6.1 – Distribuzione spaziale della media annua di PM10 nel 2017.

La zona Appenninica e Litoranea (Figura 6.1) non risultano affette da livelli superiori al valore limite normativo. Ciò è dovuto, nel primo caso, principalmente ad un carico emissivo non così concentrato come nelle altre zone regionali, nel secondo caso a delle caratteristiche micrometeorologiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti tipiche delle aree costiere.

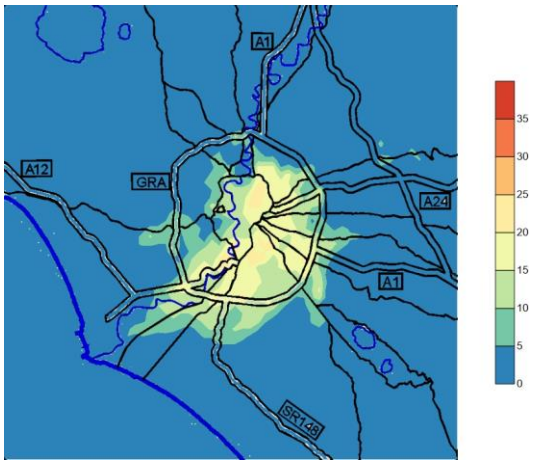
La zona Valle del Sacco (Figura 6.1) presenta la situazione critica con valori di concentrazione vicino o superiori al limite di 40 µg/m^3 nell'area centrale della Zona.
Nell'Agglomerato di Roma (Figura 6.1) i valori sono inferiori al valore limite annuale. I valori di concentrazione più elevati sono all'interno del GRA escludendo le aree verdi (Parco dell'Insugherata, la Tenuta dei Massimi, l'Inviolatella, il parco dell'Appia Antica, il parco delle Sabine).

La distribuzione spaziale del numero di superamenti del valore limite di 50 µg/m^3 (Figura 6.2) risulta critica nella Zona Valle del Sacco (Figura 6.2) con eventi critici nell'area centrale, in cui si stimano circa 80 superamenti annui. All'interno dell'Agglomerato di Roma (Figura 6.2) il massimo numero di superi raggiunti è 25 in un anno, nella zona centrale a ridosso delle maggiori arterie viarie.

PM10 – n. di superamenti di 50 µg/m^3 2017
Dominio del Lazio (4km x 4km)



PM10 - n. di superamenti di 50 µg/m^3 2017
Dominio di Roma (1km x 1km)



PM10 - n. di superamenti di 50 µg/m^3 2017
Dominio Valle del Sacco (1km x 1km)

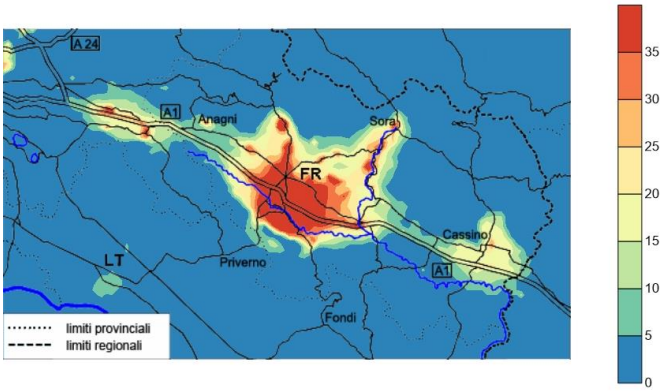
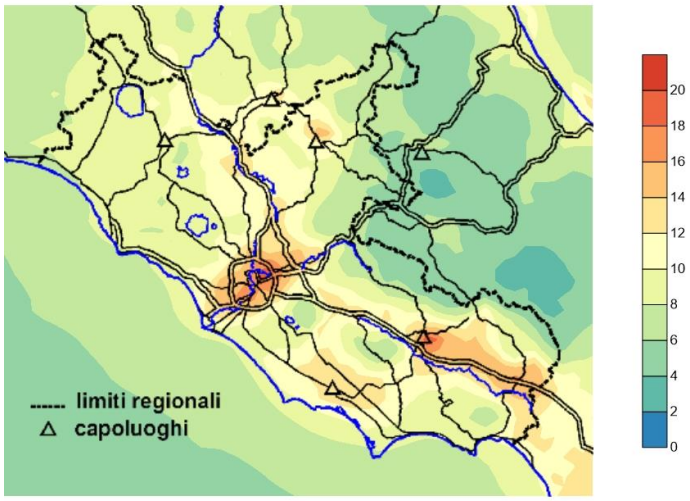


Figura 6.2 – Distribuzione spaziale del numero di superamenti di 50 µg/m^3 di PM10 nel 2017.

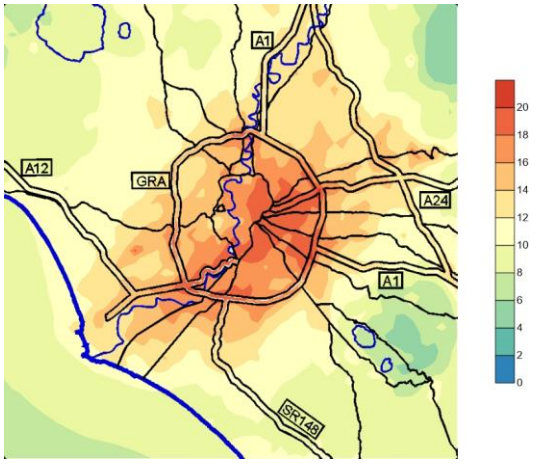
6.2 Distribuzione spaziale della concentrazione di PM2,5

In Figura 6.3 è riportata la distribuzione spaziale della concentrazione media annuale di PM2,5 per il 2017.

PM2,5 – media annua 2017
Dominio del Lazio (4km x 4km)



PM2,5 – media annua 2017
Dominio di Roma (1km x 1km)



PM2,5 – media annua 2017
Dominio Valle del Sacco (1km x 1km)

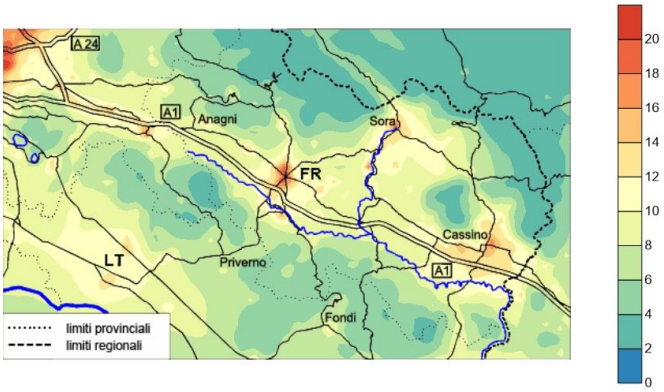


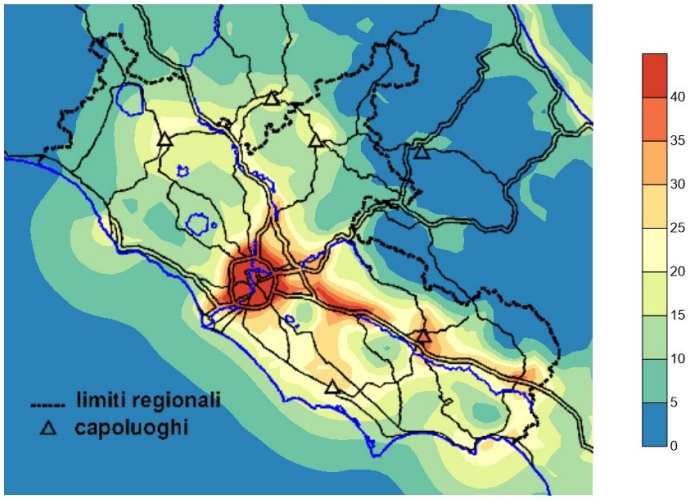
Figura 6.3 – Distribuzione spaziale della media annua di PM2,5 nel 2017.

La distribuzione spaziale della concentrazione media annua di PM2,5 presenta valori più elevati nella Valle del Sacco (Figura 6.3), con un massimo nella zona di Frosinone e nel settore Est-SE dell'Agglomerato di Roma (Figura 6.3).

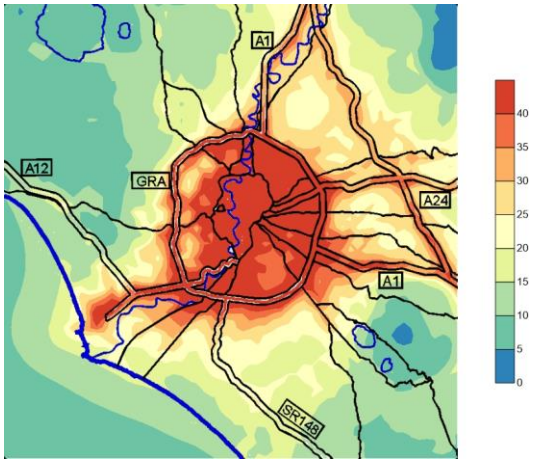
6.3 Distribuzione spaziale della concentrazione di NO_2

Di seguito viene riportata la distribuzione media annuale di NO_2 nel dominio regionale e nei domini locali di Roma e Valle del Sacco.

NO_2 – media annua 2017
Dominio del Lazio (4km x 4km)



NO_2 – media annua 2017
Dominio di Roma (1km x 1km)



NO_2 – media annua 2017
Dominio Valle del Sacco (1km x 1km)

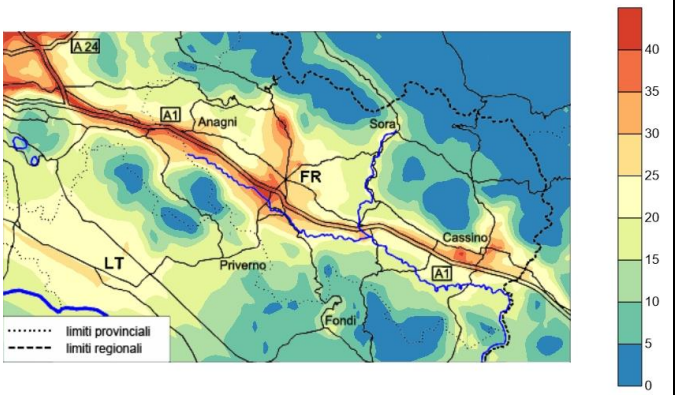


Figura 6.4 – Distribuzione spaziale della media annua di NO_2 nel 2017.

Le Zone Valle del Sacco e Agglomerato di Roma presentano dei valori per le concentrazioni di NO_2 più elevate rispetto al resto del territorio regionale. La situazione più critica si registra nell'Agglomerato di Roma, in particolare nell'area metropolitana, dove le concentrazioni sono superiori al valore limite annuale di 40 µg/m^3.

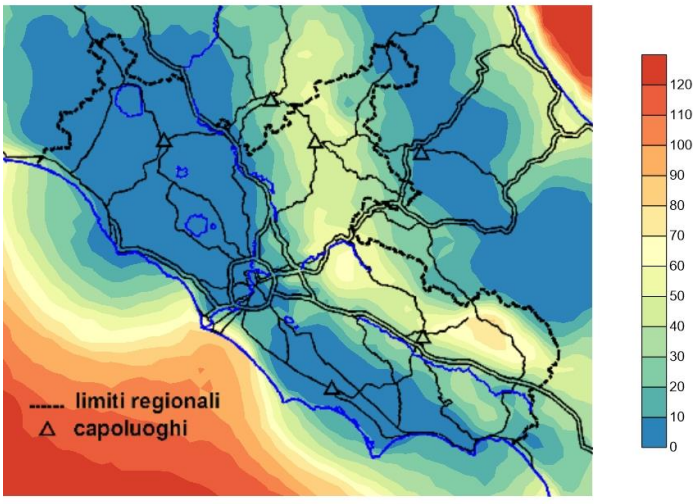
Nell'Agglomerato di Roma (Figura 6.4), le maggiori criticità risultano interessare gran parte dell'area urbana con particolare riferimento al Gran Raccordo Anulare, e quasi la totalità dell'area in esso ricompresa con l'eccezione con alcune aree a ovest: le concentrazioni medie annuali sono inferiori nelle aree verdi urbane, a ovest della città, la riserva dell'Insugherata e il parco naturale della Tenuta dei Massimi e il parco dell'Appia Antica.

Nella Valle del Sacco (Figura 6.4) si osservano delle concentrazioni superiori al valore limite presso i centri urbani più densamente popolati lungo la A1.

6.4 Distribuzione spaziale della concentrazione di O_3

Relativamente all'ozono, in Figura 6.5 viene riportata la distribuzione spaziale del numero di superamenti del limite di 120 µg/m^3, calcolato come massimo della media mobile delle 8 ore, nei 3 domini di calcolo.

O_3 – n. di superamenti di 120 µg/m^3
(max della media su 8 ore) 2017
Dominio del Lazio (4km x 4km)



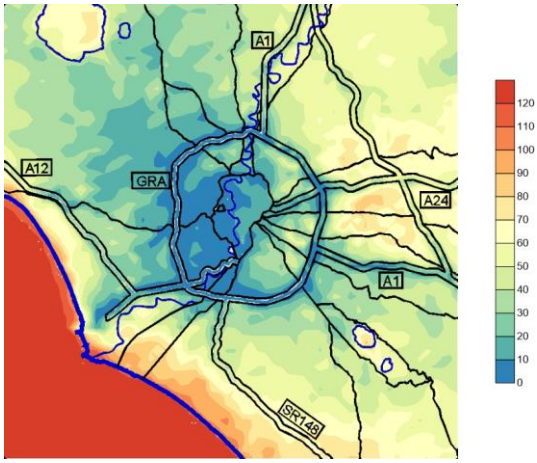
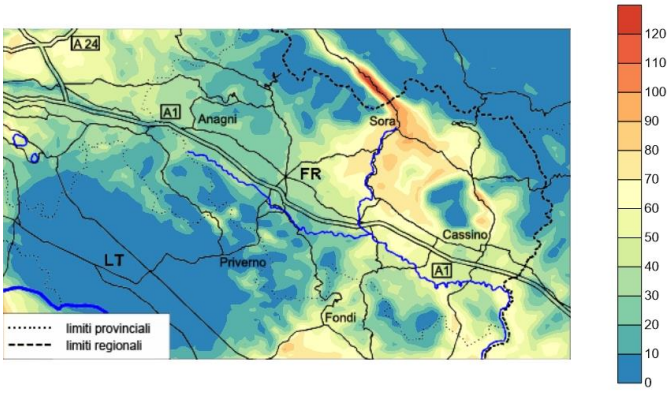
O_3 – n. di superamenti di 120 µg/m^3 (max della media su 8 ore) 2017 Dominio di Roma (1km x 1km)	O_3 – n. di superamenti di 120 µg/m^3 (max della media su 8 ore) 2017 Dominio Valle del Sacco (1km x 1km)
	

Figura 6.5 – Distribuzione spaziale del numero di superamenti di 120 µg/m^3 di O_3 nel 2017.

6.5 Distribuzione spaziale della concentrazione di Benzene

La distribuzione media annua della concentrazione di benzene evidenzia una concentrazione massima di circa 2 µg/m^3 nei centri abitati maggiori in tutti i domini considerati (Figura 6.6).

C_6H_6 – media annua 2017 Dominio del Lazio (4km x 4km)
