



Proposta aggiornamento della zonizzazione regionale

Rapporto Tecnico

Gennaio 2011

arpa umbria

PAG / INDICE

2 / 1. Introduzione

4 / 2. L'Inventario Regionale delle Emissioni

7 / 2.1 Emissioni di polveri fini primarie

9 / 2.2 Emissioni di NO_x

9 / 2.3 Emissioni di NH₃

10 / 2.4 Emissioni di COVNM

11 / 2.5 Metalli pesanti e IPA – analisi delle principali sorgenti di emissione

11 / 2.5.1 Emissioni di metalli pesanti

12 / 2.5.2 Emissioni di IPA

14 / 3. Il modello Chimere

18 / 4. Scenario emissivo base

24 / 5. Concentrazioni al suolo

28 / 5.1 Risultati per ozono

31 / 5.2 Risultati per biossido di azoto

35 / 5.3 Risultati per PM₁₀ e PM_{2,5}

40 / 5.4 Risultati per il CO

42 / 5.5 Risultati per SO₂

46 / 6. Scenario emissivo base metalli e ipa

50 / 7. Individuazione delle zone di cui all'allegato II e appendice I del D.Lgs. 155/2010

61 / 8. Conclusioni

62 / Appendice

71 / Allegato

Gruppo di Lavoro

Redazione

Monica Angelucci

Marco Vecchiocattivi

Versione

Rev. 1

Visto

Giancarlo Marchetti

Angiolo Martinelli

1. INTRODUZIONE

La normativa nazionale ha recepito la Direttiva Europea 2008/50 nel mese di agosto del 2010 con il Decreto Legislativo n. 155, il decreto oltre a recepire la direttiva ha integrato in se tutte le normative relative alla qualità dell'aria in vigore già da alcuni anni abrogandole conseguentemente.

Istituendo, quindi, un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente, il nuovo decreto è finalizzato a:

- individuare obiettivi di qualità dell'aria ambiente volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- valutare la qualità dell'aria ambiente sulla base di metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale;
- ottenere informazioni sulla qualità dell'aria ambiente come base per individuare le misure da adottare per contrastare l'inquinamento e gli effetti nocivi dell'inquinamento sulla salute umana e sull'ambiente e per monitorare le tendenze a lungo termine, nonché i miglioramenti dovuti alle misure adottate;
- mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi.

Una delle prime azioni individuata dalla norma è la zonizzazione o meglio il suo riesame in caso di variazione dei presupposti su cui è basata ai sensi delle nuove indicazioni normative. Inoltre, prevede che la classificazione delle zone e degli agglomerati sia riesaminata almeno ogni cinque anni.

Il Piano regionale di risanamento e mantenimento della qualità dell'aria (approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale 9 febbraio 2005, n. 466) contiene la sua interno la zonizzazione e la classificazione in zone del territorio regionale che, come indicato dalla normativa, deve essere rivalutata per verificarne la sua rispondenza con il decreto.

La norma all'articolo 3 stabilisce che alla zonizzazione provvedono le Regioni sulla base dei criteri indicati nell'Appendice I. Secondo la norma, il processo di zonizzazione presuppone l'analisi delle caratteristiche orografiche e meteo-climatiche, del carico emissivo e del grado di urbanizzazione del territorio al fine di individuare le aree omogenee in cui una o più di tali caratteristiche sono predominanti nel determinare i livelli degli inquinanti.

Arpa Umbria già da anni aggiorna e gestisce l'Inventario Regionale delle Emissioni (IRE) per conto della Regione. L'IRE è lo strumento che contiene tutte le informazioni necessarie per la conoscenza degli impatti sul territorio regionale. Pertanto, il presente lavoro propone, a supporto delle attività di zonizzazione in capo alla Regione, una suddivisione in zone sulla base del carico emissivo basati appunto sull'IRE.

A questo sono poi associate per la classificazione delle zone le misure delle concentrazioni al suolo, ove presenti, e le valutazioni delle concentrazioni con il modello chimico-fisico Chimere nelle altre zone.

Di seguito viene prima riportata una breve sintesi dell'aggiornamento dell'IRE¹ con i dati emissivi del 2007, una breve descrizione della catena modellistica² e quindi gli scenari emissivi e di concentrazione al suolo; queste ultime per i principali inquinanti ovvero. ossidi azoto, ossidi di zolfo, polveri fini, monossido di carbonio e ozono.

¹ Una trattazione più completa è presentata nella Relazione Tecnica di Arpa Umbria del novembre 2009 "Inventario delle Emissioni di Inquinanti dell'aria della Regione Umbria Anni 1999, 2004 e 2007"

² Una trattazione più completa è presentata nella Relazione Tecnica di Arpa Umbria del novembre 2009 "Scenari emissivi e di concentrazione in Umbria - Applicazione modello Chimere".

Infine, sulla base delle informazioni di cui sopra (scenari emissivi, misure e modellistica di concentrazioni al suolo) viene proposta una suddivisione del territorio regionale in zone e la loro successiva classificazione.

2. L'INVENTARIO REGIONALE DELLE EMISSIONI

L'Inventario Regionale delle Emissioni in atmosfera (IRE), secondo quanto stabilito nel D.Lgs. n.155 del 2010 e nei relativi decreti attuativi, è un catasto di tutte le sorgenti d'inquinamento regionali e delle relative quantità di inquinanti immessi in uno specifico anno e sull'intero territorio regionale. Le informazioni in esso contenute sono basilari per individuare i settori responsabili delle emissioni e, quindi, per orientare le misure di riduzione. Pertanto, tale strumento è un supporto decisionale fondamentale per la pianificazione delle strategie di miglioramento della qualità dell'aria ambiente.

Inoltre, tali dati sono fondamentali per impostare studi modellistici di diffusione e trasformazione degli inquinanti e, quindi, anche per valutare l'efficacia delle misure del Piano in termini di qualità dell'aria. Pertanto, è uno strumento di conoscenza delle pressioni e di supporto decisionale per la pianificazione delle politiche ambientali sia su scala regionale che locale.

L'Inventario Regionale delle Emissioni in atmosfera dell'Umbria è realizzato secondo gli standard indicati a livello nazionale dall'Istituto Superiore per la Prevenzione e Ricerca Ambientale (ISPRA, ex APAT) nonché seguendo le metodologie adottate a livello europeo (EMEP/EEA) e internazionale (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories). Attualmente contiene dati riferiti agli anni 1999 e 2004 e, con questo aggiornamento, anche per l'anno 2007. Come per le precedenti edizioni, il database dell'IRE è gestito da Arpa Umbria e risiede nei server di quest'ultima.

Il lavoro di aggiornamento, durato circa due anni, si è articolato in una prima fase di richiesta di dati a numerosi soggetti come i gestori degli impianti industriali, i gestori delle reti di distribuzione del gas naturale e tanti altri soggetti dai quali è possibile ottenere informazioni utili per la stima delle emissioni contenute nell'inventario. In seguito, c'è stata una fase nella quale è stata fatta un'analisi dei dati ricevuti, alcune elaborazioni anche tramite specifici modelli matematici (come quelli per la stima delle emissioni da traffico, dalla vegetazione, dai veicoli in partenza e in arrivo all'aeroporto, etc...), l'inserimento delle emissioni così stimate nel database e la verifica di tutti i dati introdotti. Tale fase è stata realizzata con il supporto della ditta Techne Consulting. Infine, c'è stata una fase conclusiva di verifica dei dati finali.

Nell'aggiornamento dei dati 2007, 2004 e 1999 sono state, inoltre, aggiornate alcune procedure di stima delle emissioni anche secondo quanto emerso nei vari lavori svolti con ENEA e concordati con ISPRA, relativamente all'armonizzazione dei dati contenuti nell'IRE2004 rispetto a quelli nazionali. Questi ultimi sono presenti nel modello integrato RAINS-Italy, già adottato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e gestito dall'ENEA stessa. In particolare, sono state aggiornate le metodologie di stima delle emissioni per gli allevamenti, per le discariche, per l'uso di fertilizzanti in agricoltura e per i motori a 2 tempi in agricoltura. Oltre a ciò, la Techne Consulting ha provveduto ad aggiornare tutti i fattori d'emissione secondo quanto contenuto nell'ultima versione del Guidebook EMEP/EEA 2009.

L'applicazione delle nuove metodologie e dei fattori d'emissione non è stata effettuata solo ai dati del 2007 ma, a ritroso, anche a quelli dell'edizione 2004 e 1999; ciò ha portato a una revisione globale delle stime anche per questi anni. Tale procedura risulta necessaria al fine di rendere confrontabili i valori fra le diverse edizioni dell'IRE così che le differenze riscontrabili tra i tre anni non siano imputabili a diverse procedure di stima ma a effettivi cambiamenti avvenuti a livello di sorgenti emissive.

Di seguito sono riportate e analizzate le principali emissioni di PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, NH₃, IPA e dei Metalli Pesanti, per l'anno 2007, ovvero l'ultimo anno di riferimento disponibile nell'IRE.

Le emissioni riportate sono state classificate secondo la nomenclatura standard europea denominata SNAP'97 (Selected Nomenclature for Air Pollution) utilizzata nella compilazione dell'Inventario stesso. Questa è una classificazione ad albero con tre livelli successivi di dettaglio: al primo livello di classificazione tutte le emissioni sono assegnate a 11 macrosettori emissivi; ciascun macrosettore è diviso in settori che, a loro volta, sono divisi in attività emissive. In totale, l'IRE contiene emissioni relative a 338 attività emissive.

Gli 11 macrosettori sono i seguenti:

01. Combustione nell'industria dell'energia e trasformazione fonti energetiche

Il macrosettore riunisce le emissioni di caldaie, turbine a gas e motori stazionari e si focalizza sui processi di combustione necessari alla produzione di energia su ampia scala.

02. Impianti di combustione non industriali

Comprende i processi di combustione, analoghi a quelli del macrosettore precedente, ma non di tipo industriale e finalizzati per la produzione di calore (riscaldamento): sono compresi, quindi, gli impianti commerciali ed istituzionali, quelli residenziali (riscaldamento e processi di combustione domestici quali camini, stufe, ecc.) e quelli agricoli.

03. Impianti di combustione industriale e processi con combustione

Comprende tutti i processi di combustione strettamente correlati all'attività industriale e, pertanto, vi compaiono tutti i processi che necessitano di energia prodotta in loco tramite combustione: caldaie, fornaci, prima fusione di metalli, produzione di gesso, asfalto, cemento, ecc.

04. Processi produttivi

Comprende le rimanenti emissioni industriali che non si originano in una combustione, ma da tutti gli altri processi legati alla produzione di un dato bene o materiale (tutte le lavorazioni nell'industria siderurgica, meccanica, chimica organica ed inorganica, del legno, della produzione alimentare, ecc.).

05. Estrazione, distribuzione combustibili fossili e geotermia

Il macrosettore raggruppa le emissioni dovute ai processi di produzione, distribuzione, stoccaggio di combustibile solido, liquido e gassoso e riguarda sia le attività sul territorio che quelle off-shore. Comprende, inoltre, anche le emissioni dovute ai processi geotermici di estrazione dell'energia.

06. Uso di solventi

Comprende tutte le attività che coinvolgono l'uso di prodotti contenenti solventi, ma non la loro produzione. (es. operazioni di verniciatura sia industriale che non, sgrassaggio, fino all'uso domestico che si fa di tali prodotti).

07. Trasporti su strada

Tutte le emissioni dovute alle automobili, ai veicoli leggeri e pesanti, ai motocicli e agli altri mezzi di trasporto su strada, comprendendo sia le emissioni dovute allo scarico che quelle da usura dei freni, delle ruote e della strada.

08. Altre sorgenti mobili e macchine

Include il trasporto ferroviario, la navigazione interna, i mezzi militari, il traffico marittimo, quello aereo e le sorgenti mobili a combustione interna non su strada, come ad esempio mezzi agricoli, forestali (motoseghe, apparecchi di potatura, ecc.), quelli legati alle attività di giardinaggio (falciatrici, ecc.) ed i mezzi industriali (ruspe, caterpillar, ecc.).

09. Trattamento e smaltimento rifiuti

Comprende le attività di incenerimento, spargimento, interrimento di rifiuti, ma anche gli aspetti ad essi collaterali come il trattamento delle acque reflue, il compostaggio, la produzione di biogas, lo spargimento di fanghi, ecc.

10. Agricoltura

Comprende le emissioni dovute a tutte le pratiche agricole ad eccezione dei gruppi termici di riscaldamento (inclusi nel macrosettore 3) e dei mezzi a motore (compresi nel macrosettore 8): sono incluse le emissioni dalle coltivazioni con e senza fertilizzanti e/o antiparassitari, pesticidi, diserbanti, l'incenerimento di residui effettuato in loco, le emissioni dovute alle attività di allevamento (fermentazione enterica, produzione di composti organici) e di produzione vivaistica.

11. Natura e altre sorgenti e assorbimenti

Comprende tutte le attività non antropiche che generano emissioni (attività fitologica di piante, arbusti ed erba, fulmini, emissioni spontanee di gas, emissioni dal suolo, vulcani, combustione naturale, ecc.) e quelle attività gestite dall'uomo che ad esse si ricollegano (foreste gestite, piantumazioni, ripopolamenti, combustione dolosa di boschi).

2.1 Le polveri fini – analisi delle principali sorgenti di emissione

Nella regione Umbria, la qualità dell'aria costantemente misurata dalle stazioni fisse di monitoraggio mette in evidenza che l'inquinante più critico sono le polveri fini. Queste, che sono oggi considerate uno dei più seri problemi di impatto ambientale, sono inquinanti che coinvolgono non solo le aree localizzate nei pressi delle sorgenti, ma si diffondono, e producono effetti a livello regionale o sovra-regionale. Data tale criticità, si ritiene utile effettuare un'analisi sulle principali sorgenti che producono polveri fini.

Le PM_{10} e $PM_{2.5}$ che si trovano sospese in aria derivano in parte dalle emissioni dirette (dette emissioni di polveri primarie) di sorgenti come il traffico, il riscaldamento e le attività industriali, e in parte si formano in aria (polveri secondarie) in seguito a reazioni chimico fisiche a partire da altri inquinanti anch'essi emessi in atmosfera. Gli inquinanti principali che concorrono alla formazione di polveri fini secondarie sono gli ossidi di azoto (NO_x), i composti organici volatili ad esclusione del metano (COVNM) e l'ammoniaca (NH_3); per tale motivo, viene di seguito presentata anche un'analisi sulle principali fonti di emissioni per questi ultimi.

Le emissioni totali delle polveri fini suddivise per macrosettore (PM_{10} e $PM_{2.5}$) sono mostrate nella figura 2.1.

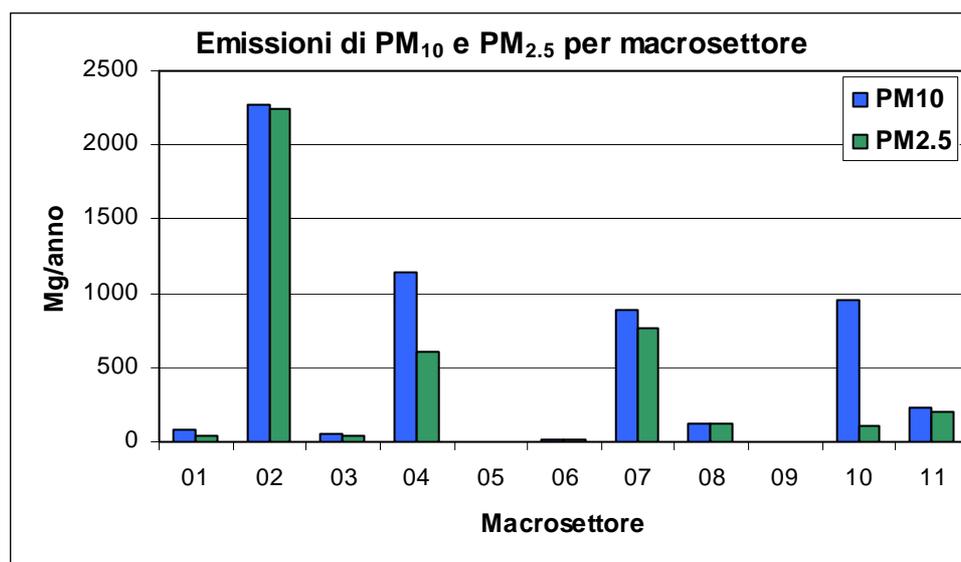


Figura 2.1: emissioni di PM_{10} e $PM_{2.5}$ per macrosettore, anno 2007.

Le maggiori emissioni, come si evince dai grafici, si hanno nei macrosettori 02, 04, 07 e 10 per il PM_{10} e nei macrosettori 02, 04 e 07 per il $PM_{2.5}$: le polveri fini sono, quindi, prodotte principalmente dagli impianti di combustione non industriale (riscaldamento, ovvero il macrosettore 02), dai processi produttivi (industria, macrosettore 03), dai trasporti (07) e dall'agricoltura (10).

Se si esegue un'analisi rispetto al secondo livello di classificazione della nomenclatura SNAP'97, ovvero i settori emissivi, si osserva che è il PM_{10} è principalmente originato dagli impianti di combustione residenziale (settore 0202), da particolari processi produttivi nelle industrie (settore 0406), dal trasporto su strada (settori 0701, 0702 e 0703), dalle coltivazioni mediante l'uso di fertilizzanti e dagli allevamenti (settori 1001 e 1005).

L'analisi è analoga nel caso del $PM_{2.5}$: i massimi di emissione si hanno per gli impianti di combustione residenziale (riscaldamento residenziale settore 0202), per le industrie che producono legno, pasta, carta, alimenti, bevande (settore 0406), per le automobili, i veicoli pesanti e leggeri (settori 0701, 0702 e 0703). Il $PM_{2.5}$ non ha, a differenza del PM_{10} , tra i massimi macrosettori di emissione quello legato all'agricoltura (macrosettore 10): infatti, le emissioni di PM_{10} da questo macrosettore derivano principalmente dall'attività di mietitura delle coltivazioni e dagli allevamenti, entrambe attività che emettono principalmente particelle più grossolane e, comunque, con diametro generalmente maggiore di $2.5 \mu m$.

Infine, i risultati delle emissioni per settore evidenziano che la grande incidenza del settore 0202 (riscaldamento residenziale) è quasi interamente dovuta alla combustione della legna in caminetti e stufe; per quanto riguarda il riscaldamento residenziale soprattutto tramite stufe e caminetti (attività 020206), il totale delle emissioni di polveri sottili è dovuto alla combustione di legna.

Come ulteriore analisi delle principali attività emissive per il PM_{10} e il $PM_{2.5}$, nelle figure 2.3 e 2.4 si riportano le emissioni di queste in relazione ai totali regionali.

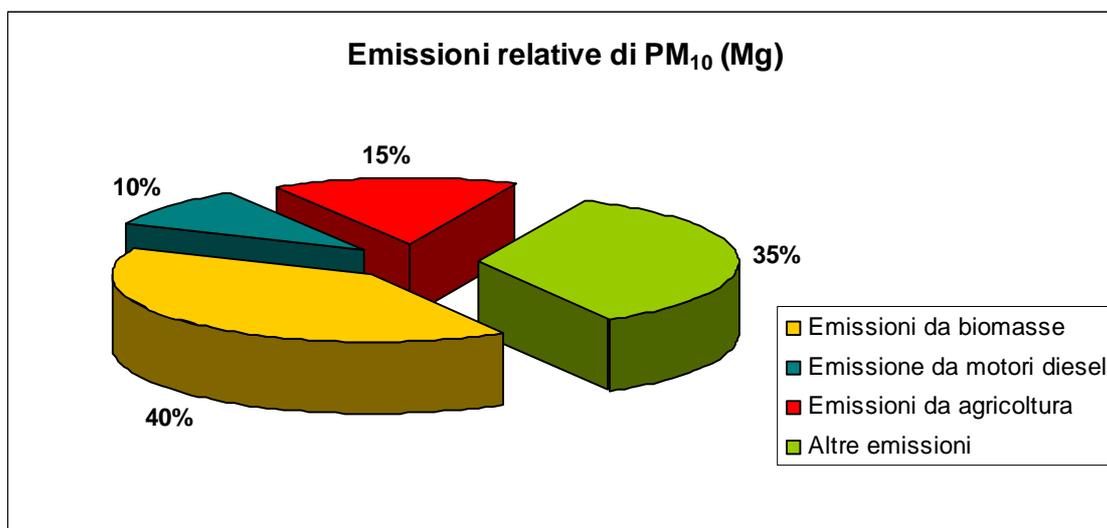


Figura 2.3: emissioni relative di PM_{10} per l'anno 2007.

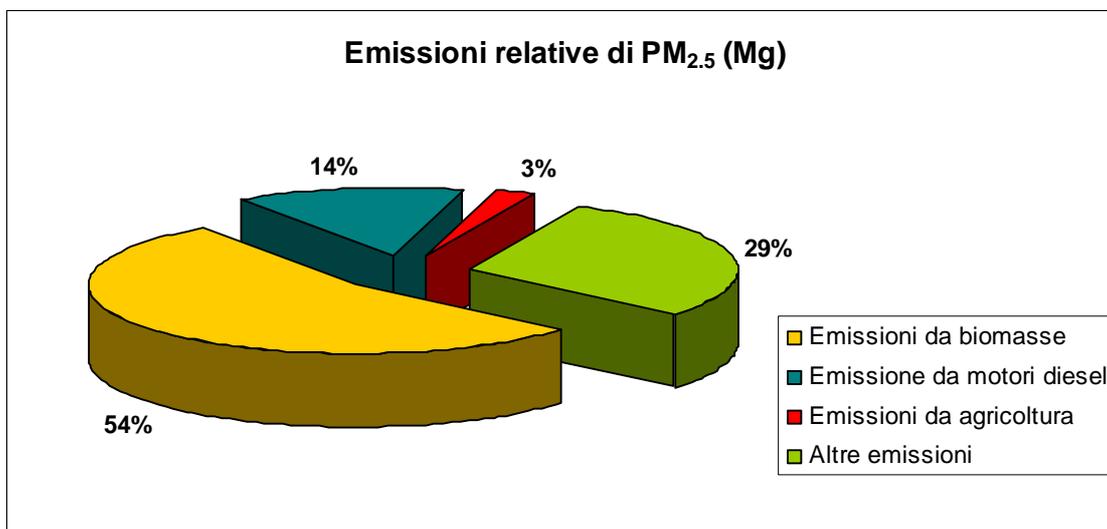


Figura 2.4: emissioni relative di $PM_{2.5}$ per l'anno 2007.

2.2 Emissioni di NO_x

I macrosettori con le emissioni principali di NO_x, come mostrato in figura 2.5, sono quelli legati ai grandi impianti di combustione, ovvero i macrosettori 01 e 03 e al traffico su strada (07); a seguire, ma con minori emissioni, ci sono i macrosettori legati al trasporto non su strada (08), al riscaldamento (02) e agli altri processi nell'industria (04).

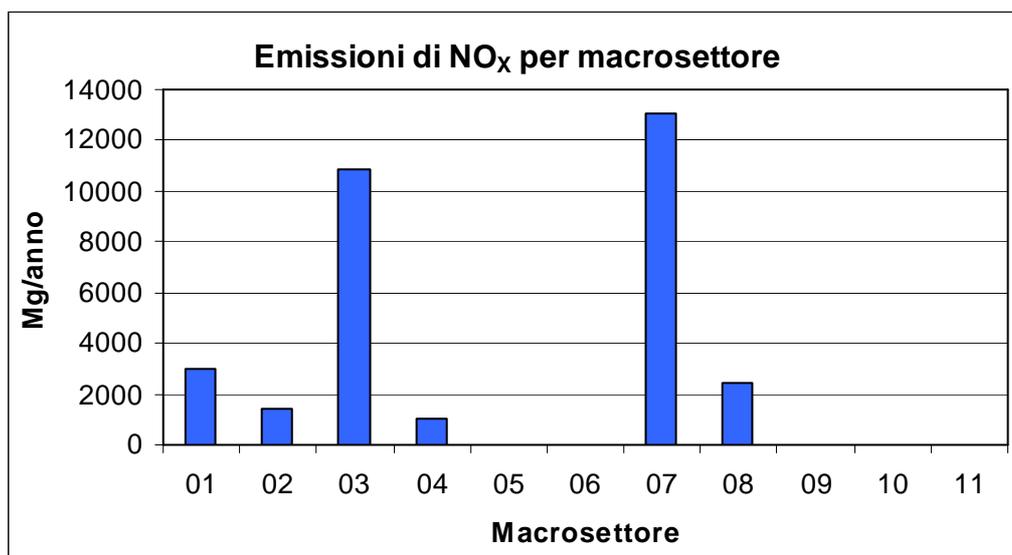


Figura 2.5: emissioni di NO_x per macrosettore, anno 2007.

Se andiamo ad analizzare rispetto al secondo livello di classificazione della nomenclatura SNAP'97, ovvero i settori emissivi, si osserva che le maggiori emissioni si hanno per il settore 0303, riguardante la combustione industriale, e per i settori 0701, 0702 e 0703 che riguardano i trasporti su strada.

Inoltre, per quanto riguarda le emissioni di NO_x dovute al solo macrosettore 07 relativo al trasporto su strada, nella tabella 2.1 sono riportate le emissioni totali e quelle dovute ai soli autoveicoli alimentati a gasolio per i tre settori con emissioni dovute a combustione: da questa si nota come le emissioni di NO_x per questo macrosettore siano originate principalmente dagli autoveicoli alimentati a gasolio.

Tabella 2.1: Confronto fra le emissioni totali di NO_x e quelle dovute ai soli autoveicoli alimentati a gasolio per i tre settori del macrosettore 07 con emissione dovute a combustione.

Settore	NO _x totali (Mg)	NO _x gasolio (Mg)	Rapp. %
0701	4.482,99	2.686,40	60%
0702	926,75	859,87	93%
0703	7.430,50	7.430,50	100%

2.3 Emissioni di NH₃

Circa il 95% delle emissioni di ammoniaca provengono dal macrosettore 10 (6390,43 Mg su un totale di 6743,71 Mg), ovvero quello relativo all'agricoltura; questo sono principalmente

legate all'uso di fertilizzanti per le coltivazioni e alla gestione delle deiezioni negli allevamenti.

Nella figura 2.6 sono riportate le emissioni di ammoniaca legate al macrosettore 10 per l'anno 2007.

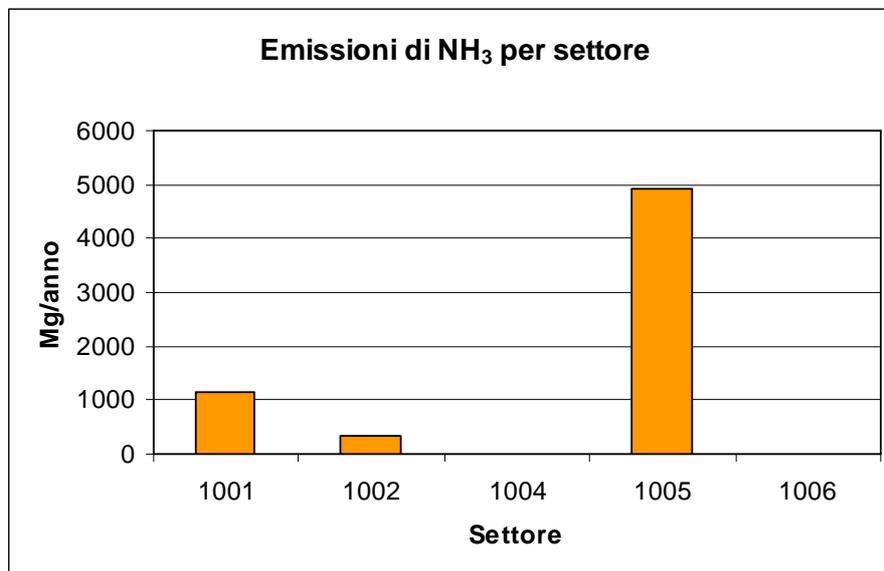


Figura 2.6: emissioni di NH₃ per l'anno 2007 per i settori del macrosettore 10.

2.4 Emissioni di COVNM

I macrosettori maggiormente responsabili delle emissioni di composti organici volatili non metanici (COVNM) sono quelli legati all'uso di solventi (macrosettore 06). In minor parte, contribuiscono anche i macrosettori 02, 04, 07 e 10.

Nella figura 2.7 sono sintetizzati i totali di emissione dei composti organici volatili non metanici per l'anno 2007, per i macrosettori con le principali emissioni.

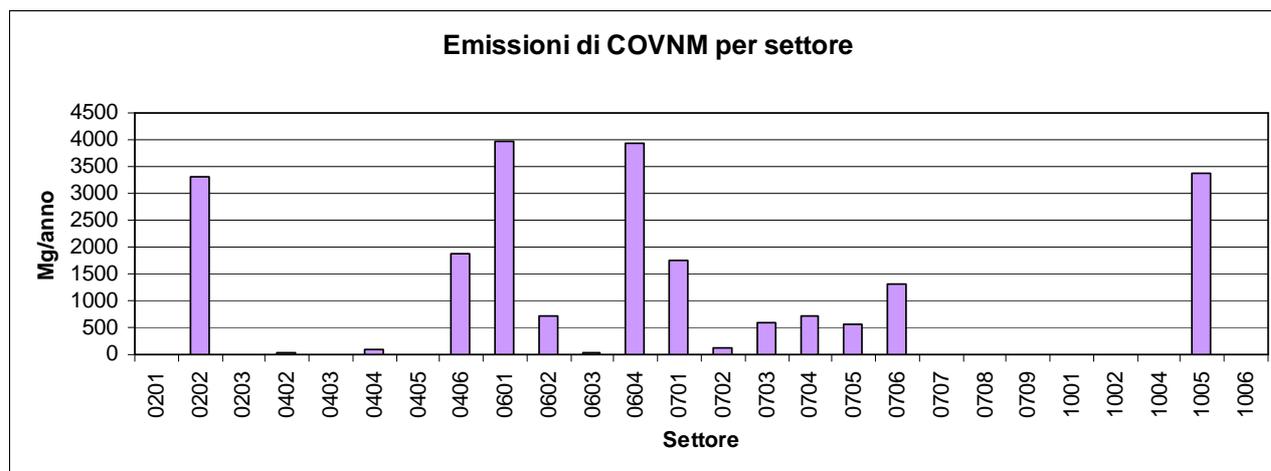


Figura 2.7: emissioni di COVNM per settore, anno 2007.

2.5. Metalli pesanti e IPA – analisi delle principali sorgenti di emissione

La più recente normativa italiana si propone, in relazione agli inquinanti specificati, l'obiettivo di migliorare lo stato di qualità dell'aria ambiente e di mantenerlo tale laddove buono; già a partire dall'anno 2007, nella regione Umbria si sta realizzando una misura sistematica di questi inquinanti (escluso il mercurio) e, ad oggi, nelle zone controllate sono state rilevate concentrazioni al suolo medie annue degli inquinati inferiori a quanto indicato dalla normativa.

Di seguito viene presentata un'analisi sulle principali fonti di emissioni per questi inquinanti.

2.5.1. Emissioni di metalli pesanti

La figura 2.8 riporta le emissioni totali annue per macrosettore di arsenico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr) e nichel (Ni); come si può osservare i macrosettori che da soli determinano oltre il 90 % delle emissioni totali regionali di questi metalli pesanti sono i macrosettori 01 (Combustione nell'industria dell'energia e trasformazione fonti energetiche), 02 (Impianti di combustione non industriali), 03 (Impianti di combustione industriale e processi con combustione) e 04 (Processi produttivi).

Il piombo, invece, ha come principale sorgente di emissione il trasporto su strada (macrosettore 07) con il 75 % del totale regionale (figura 2.9); per lo steso macrosettore ci sono anche emissioni degli altri metalli pesanti, ma in percentuale molto minore rispetto al piombo.

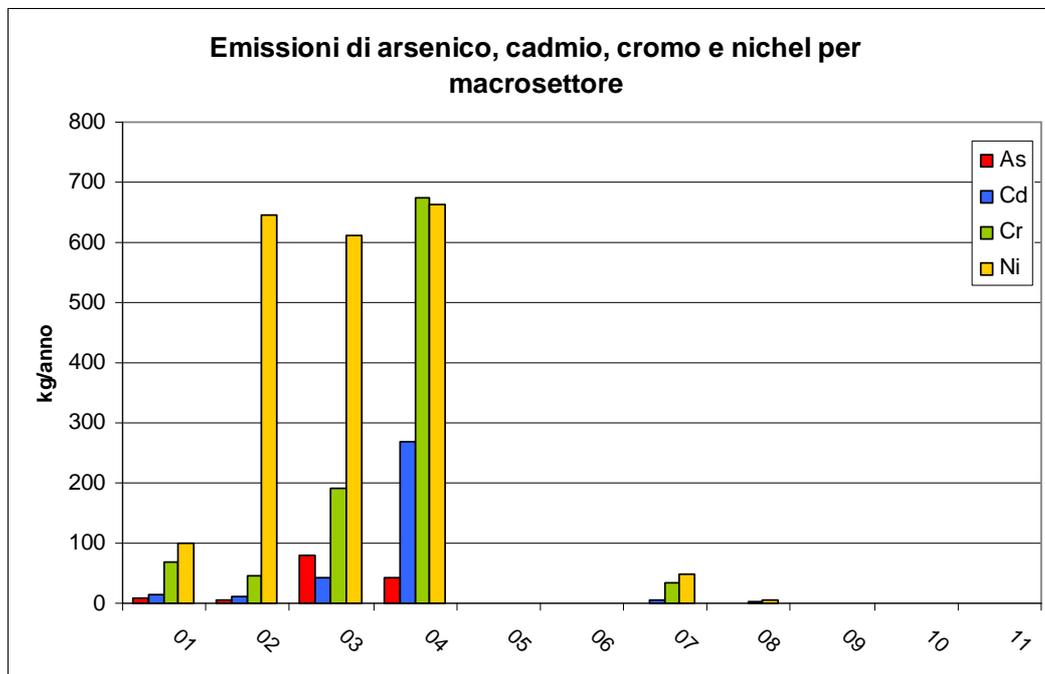


Figura 2.8: Emissioni di metalli pesanti per macrosettore, anno 2007.

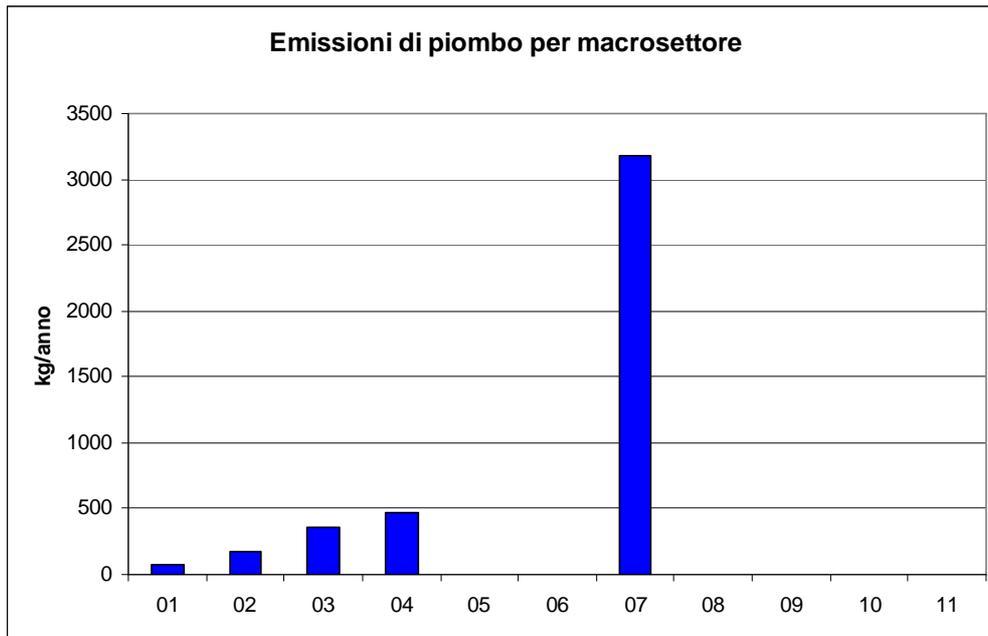


Figura 2.9: Emissioni di piombo per macrosettore, anno 2007.

2.5.2. Emissioni di IPA

Per gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), la normativa nazionale (DLgs 152/2007) ha stabilito limiti di concentrazione al suolo per il solo benzo(a)pirene (BaP) il quale viene utilizzato come indice del potenziale cancerogeno degli IPA totali. Questo perché è stata evidenziata una relazione tra le concentrazioni di BaP e degli altri IPA, detto profilo IPA, che in aria è relativamente stabile. Pertanto, nella figura 2.10 si è scelto di evidenziare le emissioni regionali annue per macrosettore di questo inquinante. Come si può osservare, la fonte principale di emissione di B(a)P è il macrosettore 02 (Impianti di combustione non industriali) con oltre l'85 % del totale regionale.

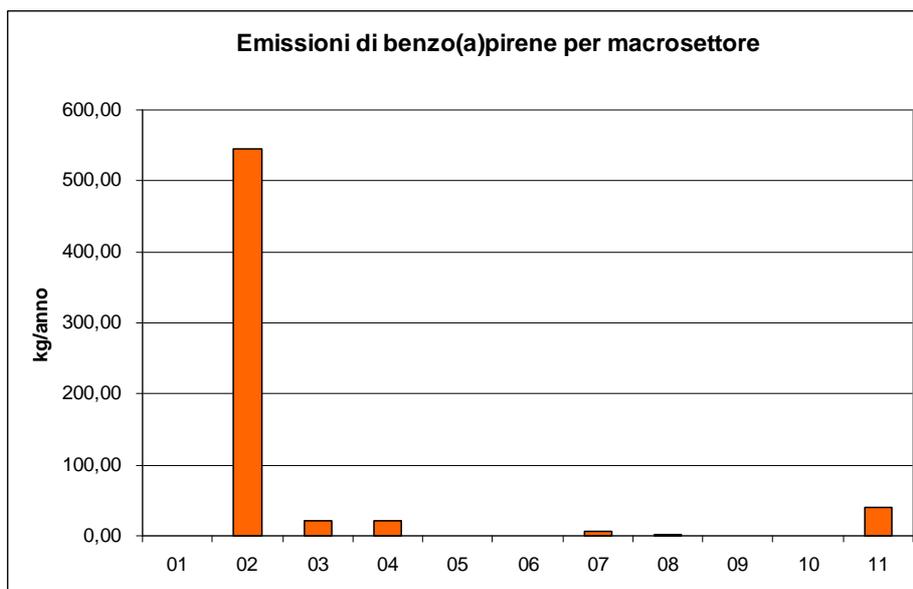


Figura 2.10: Emissioni di benzo(a)pirene per macrosettore, anno 2007

3. IL MODELLO CHIMERE

La tutela dell'ambiente nel suo complesso e in particolare la conoscenza del livello di qualità dell'aria ambiente sono argomenti che coinvolgono sempre più l'opinione pubblica, le autorità competenti e gli operatori industriali. La corretta gestione di tali problemi ha richiesto la predisposizione di adeguati strumenti di intervento in diversi settori e, quindi, la generazione di una specifica normativa tecnica in merito.

La recente normativa nazionale, ovvero il Decreto Legislativo n. 155/2010, individua le valutazioni modellistiche come uno degli strumenti da adottare insieme alle misurazioni in siti fissi, questo anche per avere strumenti per stimare la distribuzione geografica della concentrazione e per costituire una base per il calcolo dell'esposizione collettiva della popolazione nella zona interessata.

Seguendo le indicazioni della legge, la valutazione della qualità dell'aria ambiente è un processo dinamico che, applicato la prima volta (valutazione preliminare), conduce all'individuazione di zone del territorio nazionale alle quali, in funzione dei livelli di inquinamento, si applica un certo regime di controllo che si esplica, di volta in volta, attraverso il monitoraggio in continuo, oppure attraverso campagne periodiche di misura, oppure mediante l'utilizzo di modelli di simulazione. In particolare, i modelli possono essere impiegati a integrazione delle misure o in sostituzione delle stesse, qualora i livelli di concentrazione siano al di sotto della soglia di valutazione inferiore.

La norma, inoltre, definisce per ciascun inquinante i valori limite e le soglie di allerta, prescrivono i criteri di misura e di localizzazione dei punti di misura nonché i criteri riguardanti l'impiego di altre tecniche di valutazione, fra le quali i modelli di dispersione.

Altresì, il DLgs 155/10 stabilisce, al fine di una corretta e specifica conoscenza della qualità dell'aria ambiente, un ulteriore grado di approfondimento dell'argomento. Infatti, insieme alla valutazione o misura delle concentrazioni al suolo degli inquinanti, essa prevede anche il ricorso alla previsione delle concentrazioni stesse per il giorno in corso o per il seguente; questo è possibile solo attraverso gli strumenti legati a tecniche modellistiche.

La valutazione della qualità dell'aria ambiente, secondo i requisiti indicati dalla normativa, determina la necessità di:

- estendere le azioni di valutazione dell'inquinamento a tutto il territorio degli stati membri;
- combinare varie tecniche di valutazione che includono la misurazione diretta in stazioni fisse e tramite laboratori mobili (secondo un metodo di riferimento definito), nonché l'impiego di altre metodiche quali i campionatori passivi e il biomonitoraggio;
- predisporre inventari delle emissioni fisse e mobili aggiornati in continuo e ad alta risoluzione spaziale e temporale;
- applicare modelli di dispersione e trasformazione chimica degli inquinanti.

La combinazione di queste tecniche, misure e modelli, costituisce l'approccio ottimale al problema della valutazione e gestione della qualità dell'aria e la modellistica rappresenta lo strumento principale di sintesi del processo conoscitivo, nonché di quello previsionale; essa infatti, essendo uno strumento matematico/informatico, cerca di ricostruire, il più fedelmente possibile, lo stato della concentrazione dei vari inquinanti in un dominio di calcolo spazio-temporale di interesse, inglobando tutti i principali aspetti del fenomeno e fornendo

informazioni sulle relazioni fra emissioni e concentrazione o deposizione degli inquinanti primari o secondari, tenuto conto dei processi di dispersione, trasporto, trasformazione chimica e rimozione.

In particolare, i modelli di dispersione sono un utile strumento per:

- valutare (misurare, calcolare, prevedere) campi di concentrazione anche in porzioni di territorio ove non esistano punti di misura o estendere la rappresentatività spaziale delle misure stesse;
- ottenere informazioni sulle relazioni tra emissioni e immissioni (matrici sorgenti – recettori) discriminando quindi fra i contributi delle diverse sorgenti;
- valutare l’impatto di inquinanti non misurati dalla rete di monitoraggio;
- studiare scenari ipotetici di emissioni alternativi rispetto al quadro attuale o passato.

Il risultato della simulazione modellistica è, ovviamente, connotato da un certo grado di incertezza che risulta dalla composizione dell’incertezza intrinseca al modello (dovuta alla incapacità di descrivere perfettamente i fenomeni fisici) e di quella associata ai dati di ingresso, in particolare alle emissioni e ai parametri meteoroclimatici.

La scelta del modello o dei modelli da applicare deve essere effettuata rispondendo, in successione, ad alcune domande di carattere generale. Dapprima, deve essere correttamente definito lo scenario di applicazione, cioè l’insieme degli elementi caratteristici del problema che consentono di individuare la categoria di modelli appropriata: scala spaziale e temporale, complessità territoriale, orografica e meteoroclimatica dell’area, tipologia delle sorgenti di emissione, sostanze inquinanti da considerare (in particolare, se soggette a reazioni chimiche o no). In seconda battuta, si devono verificare, in dettaglio, i requisiti delle uscite che si desiderano dal modello e la disponibilità di tutti i dati di ingresso necessari e delle risorse hardware e software, e procedere quindi alla selezione del modello più opportuno.

I modelli utilizzati a questo scopo appartengono a due grandi famiglie, distinte in base all’approccio analitico di base utilizzato, e sono:

- modelli statistici;
- modelli deterministici.

I modelli statistici (o stocastici), utilizzati prevalentemente per la descrizione e la gestione dei dati misurati dalle centraline di monitoraggio della qualità dell’aria, si basano su serie storiche di dati misurati il cui studio consente di stabilire relazioni tra grandezze relative sia agli inquinanti presenti sul territorio che alla meteorologia. Essi non prevedono la concentrazione di inquinanti sulla base di relazioni fisiche di causa-effetto, ma sulla base dei dati misurati dalla rete del passato.

La seconda famiglia è composta da un gran numero di modelli differenti, tutti accumulati dal fatto di avere alla base delle relazioni di causa-effetto tra le emissioni delle sorgenti e la meteorologia da un lato (cause) e le concentrazioni degli inquinanti nel dominio di calcolo (effetti).

Il primo elemento che consente di discriminare tra i vari modelli deterministici è il metodo con cui si descrive l’evoluzione nel tempo del fenomeno dell’inquinamento. Da questo punto di vista i modelli possono essere stazionari o dinamici; nei primi l’evoluzione temporale è trattata come una sequenza di stati quasi-stazionari, i secondi, invece, trattano il fenomeno in modo dinamico.

Un altro importante elemento di distinzione dei modelli è costituito dalla *scala spaziale*, ovvero dalla distanza dalla sorgente entro cui il modello è in grado di descrivere il fenomeno. In relazione a questo parametro si distinguono le seguenti classi di modelli:

- *a scala locale (short range)*, modelli, cioè, che descrivono la dispersione degli inquinanti fino a distanze dell'ordine della decina di chilometri;
- *a mesoscala*, modelli che trattano domini spaziali dell'ordine dei cento chilometri;
- *a grande distanza o sinottici (long range)*, che descrivono fenomeni che possono interessare aree molto vaste fino a migliaia di chilometri dalla sorgente.

I modelli possono essere anche distinti in funzione del loro livello di complessità o, in altri termini, del numero di fenomeni di cui tengono conto nel determinare il campo di concentrazioni. In genere la tipologie sono:

- modelli complessi;
- modelli di media complessità;
- modelli semplici.

L'implementazione di codici computazionali basati su modelli deterministici è sempre più riconosciuta come necessaria per la predisposizione di una programmazione di studi ed interventi long-term sia regionali che di più vaste aree nazionali e/o internazionali. Infatti, tali codici hanno la capacità di integrare le equazioni di fluidodinamica che tengono conto del trasporto delle masse gassose, dell'immissione e della dispersione degli inquinanti all'interno di esse, dei processi di trasformazioni molecolari indotti dalla luce e dalle collisioni ai vincoli dovuti all'orografia e del clima dei siti; tale capacità consente a questa tipologia di modelli di poter valutare e confrontare il comportamento degli inquinanti in atmosfera sia per i dati pregressi ma anche per scenari futuri di breve e lungo periodo. Inoltre, l'aumentata capacità computazionale delle attuali piattaforme distribuite consente oggi una maggiore efficienza dei calcoli di fluidodinamica e una migliore modellizzazione dei processi chimici che avvengono in fase gassosa (inclusi quelli gas superficie e gas aerosol).

Codici di modellistica computazionale di questo tipo sono stati realizzati e validati da importanti laboratori di ricerca internazionali e le relative suite di programmi sono oggi disponibili per una loro implementazione ed utilizzo su appropriate piattaforme computazionali. Tra le realizzazioni già implementate o in corso di implementazione in Italia è opportuno citare CAMx (Comprehensive Air quality Model with extensions <http://www.camx.com>) un prodotto basato sul modello fotochimica euleriano di dispersione di inquinanti gassosi e di particolato (da scala regionale a scala continentale). Tale programma disponibile pubblicamente è utilizzato da ARPAV (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto), che utilizza anche Chimere. Le ARPA Valle d'Aosta, Piemonte e Lombardia adottano, invece, per gli studi di modellistica e di dispersione degli inquinanti in atmosfera il programma ARIA Regional che utilizza il modello chimico FARM; ARPA Emilia Romagna utilizza il sistema NINFA che si basa sul modello chimico di trasporto e dispersione Chimere, che è anche il codice di calcolo utilizzato da ARPA Umbria, in collaborazione con il Dipartimento di Chimica dell'Università degli Studi di Perugia ed in particolare con il Laboratorio "Computational Dynamics and Kinetics".

Chimere è il codice computazionale di modellistica dell'aria ritenuto tra i più idonei ai fini dell'implementazione, della ricerca e dello sviluppo di nuovi algoritmi. Il software è basato su un modello euleriano chimico e di trasporto a griglia, applicabile a scala regionale, per la simulazione della qualità dell'aria ed è stato sviluppato dall'Istituto Pierre Simon Laplace e il

Lisa del CNRS e dall'INERIS francese. Chimere è stato progettato per svolgere previsioni quotidiane di O₃, PM e numerosi altri inquinanti in aria ed anche per realizzare simulazioni di medio periodo su scala locale (risoluzioni di ~ 1-2 km) o continentali. Il programma modella gran parte dei fenomeni chimico-fisici subiti dagli inquinanti atmosferici, inclusi la diffusione, il trasporto, la deposizione e le reazioni chimiche e fotochimiche. Esso è anche in grado di trattare i processi subiti dagli aerosol (cioè il particolato, i nitrati, i solfati, l'acqua e le specie organiche secondarie) e le reazioni in fase eterogenea.

4. SCENARIO EMISSIVO BASE

La simulazione di riferimento è stata realizzata con i dati che corrispondono, dove possibile, con l'anno 2007 in quanto anno di riferimento anche per l'Inventario Regionale delle Emissioni.

Tale simulazione si basa, quindi, su uno scenario emissivo base con i dati dell'Inventario Regionale del 2007 per l'Umbria e i dati dell'Inventario Nazionale 2003 disaggregato su grigliato 5x5 km per il resto del territorio, sullo scenario meteo e sulle condizioni al contorno riferiti all'anno 2004.

Come detto, le emissioni usate per la realizzazione dello scenario base del 2007 sono quelle dell'Inventario Regionale del 2004, per quanto riguarda le celle che ricadono nel territorio umbro, e le emissioni dell'Inventario Nazionale 2003 disaggregato su celle 5x5 km per tutte le altre celle.

Nelle tabella 5.1 sono riportati i totali emissivi per l'Umbria, tratti dall'Inventario Regionale del 2007, i totali emissivi dell'Inventario Nazionale 2003 per l'intero dominio di calcolo e i totali usati dallo scenario base che corrispondono alle emissioni regionali innestate in quelle nazionali.

Tabella 4.1: Totali emissivi in tonnellate/anno per gli inquinanti utilizzati dalle interfacce per l'elaborazione dell'input emissivo.

	Inv. Naz. 2003	Inv. Reg. 2007	Inv. Naz. 2003	Scenario Base
Ambito:	Regione Umbria	Regione Umbria	Intero dominio	Intero dominio
CO (t/a)	63.853	65.549	1.284.691	1.286.387
SO_x (t/a)	9.226	7.330	100.927	99.031
NO_x (t/a)	21.687	31.722	361.621	371.656
PM₁₀ (t/a)	3.641	5.749	46.866	48.974
NH₃ (t/a)	6.627	6.744	77.637	77.754
COVNM (t/a)	18.046	27.956	404.424	414.334

I dati relativi all'Inventario Regionale sono originariamente disaggregati su un grigliato di 1x1 km e sono stati elaborati al fine di aggregarli e innestarli nello stesso grigliato 5x5 km usato come base per le emissioni nazionali, oltre che per lo stesso dominio di calcolo, basandosi su un'ipotesi di emissioni estensive, ovvero proporzionali all'area della cella alla quale appartengono.

Dalla tabella 5.1 si evince chiaramente che l'operazione di innesto, oltre ad un leggero aumento dei totali emessi per quasi tutti gli inquinanti dovuto essenzialmente alle diverse procedure di stima adottate nei due inventari (top-down per il nazionale e bottom-up per il regionale quindi con più sorgenti puntuali considerate), porta anche a una distribuzione spaziale delle emissioni che tende a concentrare queste maggiormente verso le principali aree urbane. Quest'ultimo fatto dipende dalla diversa area di partenza per l'operazione di disaggregazione su reticolo che per l'Inventario Nazionale è la provincia mentre per l'Inventario Regionale è il comune.

Nelle figure da 4.1 a 4.8 sono mostrate le mappe delle emissioni annue per il 2007 relativi allo scenario emissivo base (con i dati dell'Inventario Regionale innestato in quello Nazionale) degli inquinanti principali: PM₁₀, NO, NO₂, NO_x, SO₂ e CO ai quali sono stati aggiunti il PM_{2.5}, il cui controllo è stato definitivamente introdotto dal DLgs n155/10 e l'ammoniaca (NH₃), una delle principali sostanze coinvolte nella produzione di polveri secondarie.

Al fine di preparare lo scenario emissivo, oltre a innestare i dati dell'Inventario Regionale in quello Nazionale, occorre effettuare un'operazione di disaggregazione delle emissioni al fine di ottenere, tramite l'uso di profili di emissione medi orari, settimanali e mensili, le emissioni orarie per ciascuna cella del dominio.

A tal fine sono stati utilizzati i profili di emissione messi a punto dal Centro Tematico Nazionale Aria Clima e Emissioni (CTN-ACE), composto dalle Agenzie Regionali e Provinciali di Protezione Ambientale e dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA ex APAT), per la creazione del dataset emissivo relativo alla Pianura Padana per la realizzazione delle simulazioni usate nell'ambito del progetto di interconfronto fra modelli di simulazione Chimica e di Trasporto degli inquinanti in atmosfera. Questi profili temporali variano anche per inquinante e macrosettore emissivo.

Come si può osservare dalle immagini, le principali sorgenti emissive di ossidi di azoto sono le attività industriali più grandi (nelle immagini si riconoscono ad esempio le aree industriali di Gubbio e Terni) ma anche l'area urbana più grande ovvero quella di Perugia). Le polveri fini, invece, sia PM₁₀ ma soprattutto PM_{2.5} hanno delle emissioni molto più distribuite che coinvolgono tutti i principali centri urbani e le maggiori infrastrutture viarie.

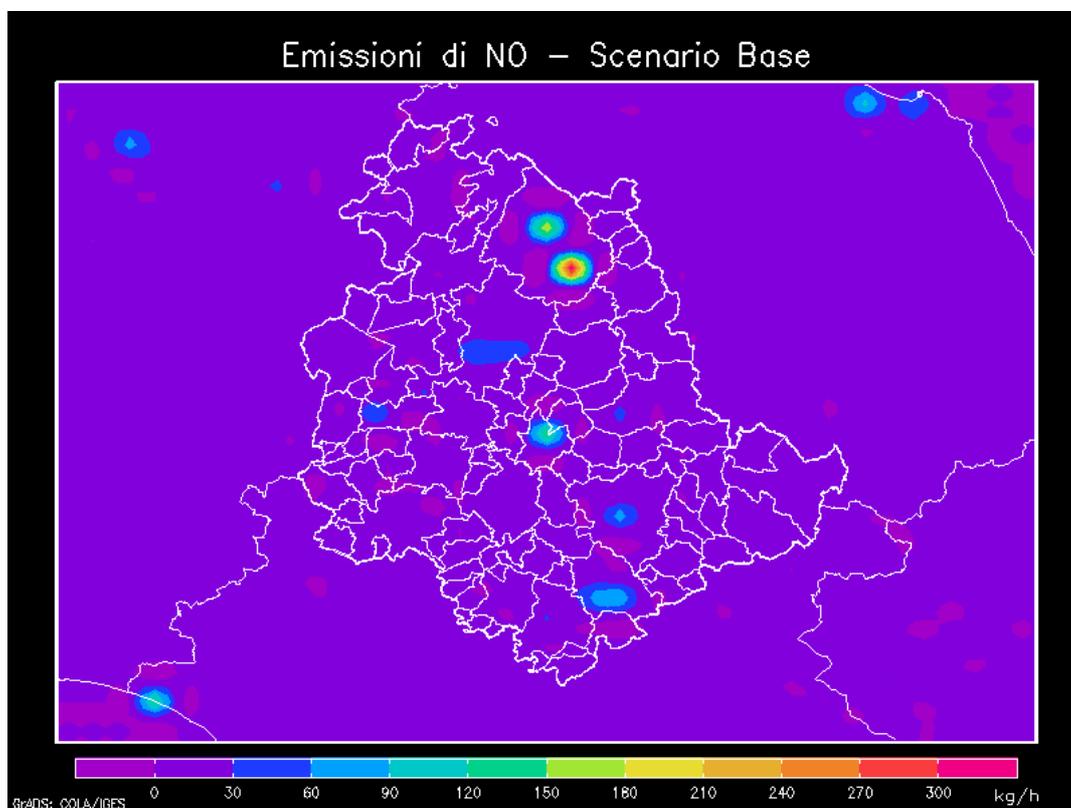


Figura 4.1: Emissioni di NO Umbria

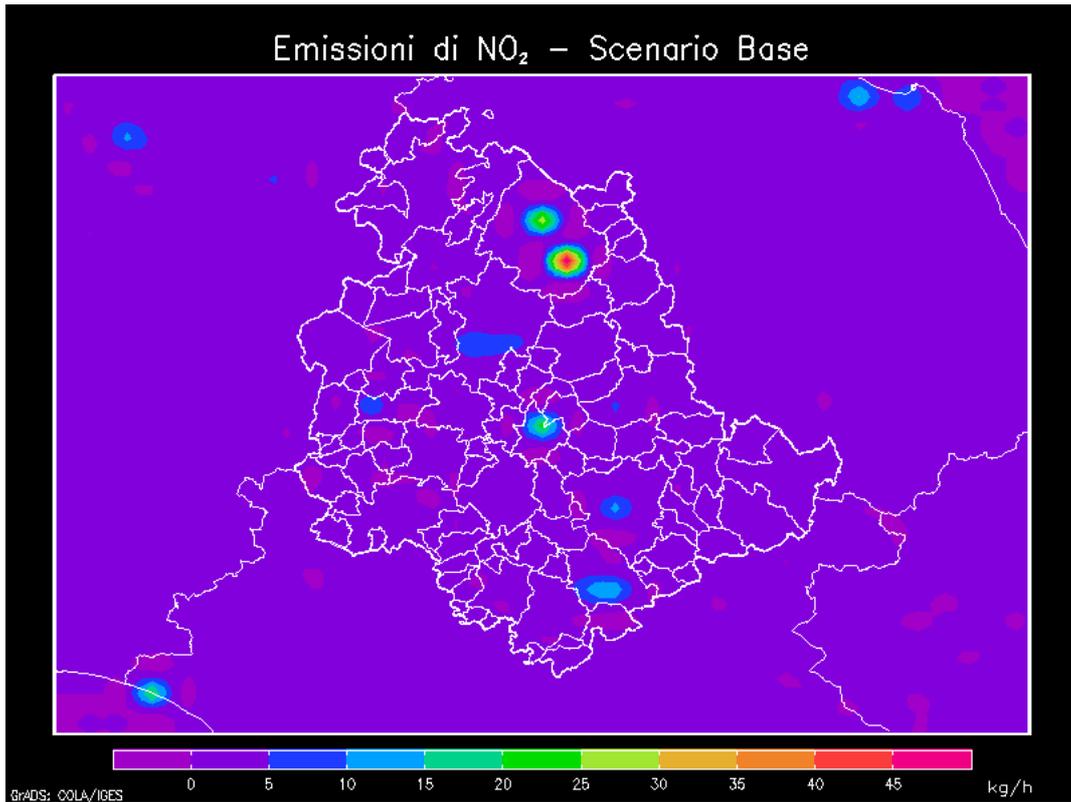


Figura 4.2: Emissioni di NO₂ Umbria

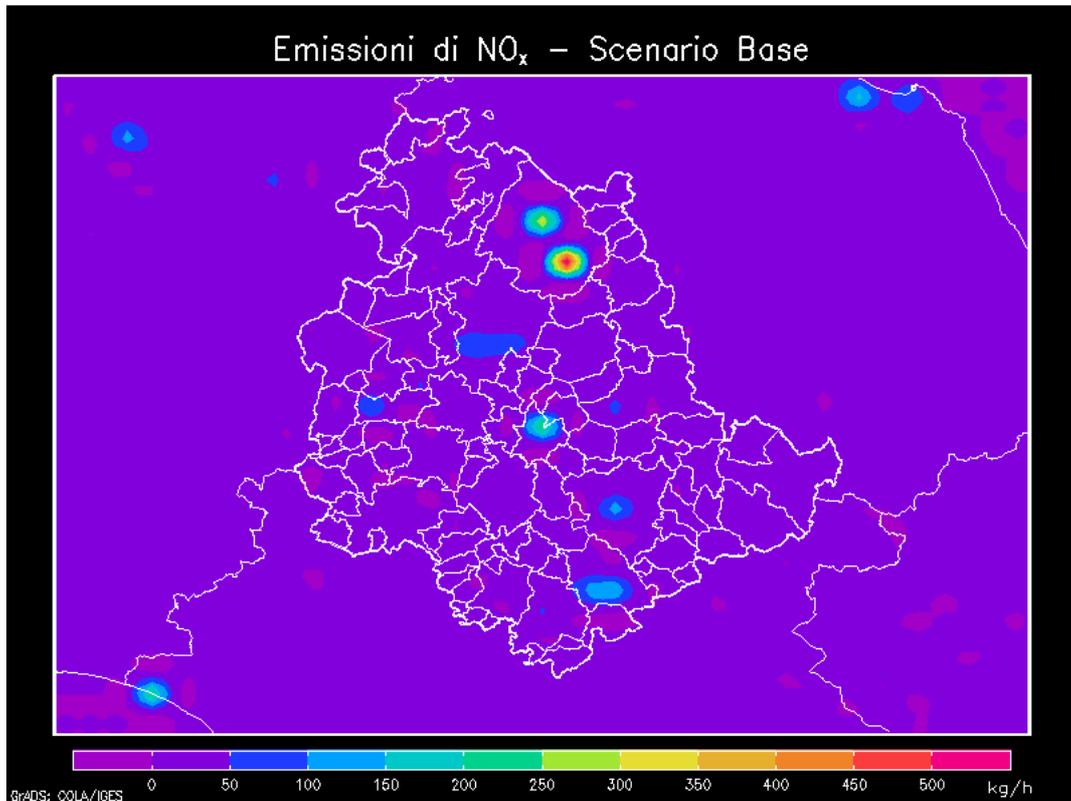


Figura 4.3: Emissioni di NO_x Umbria

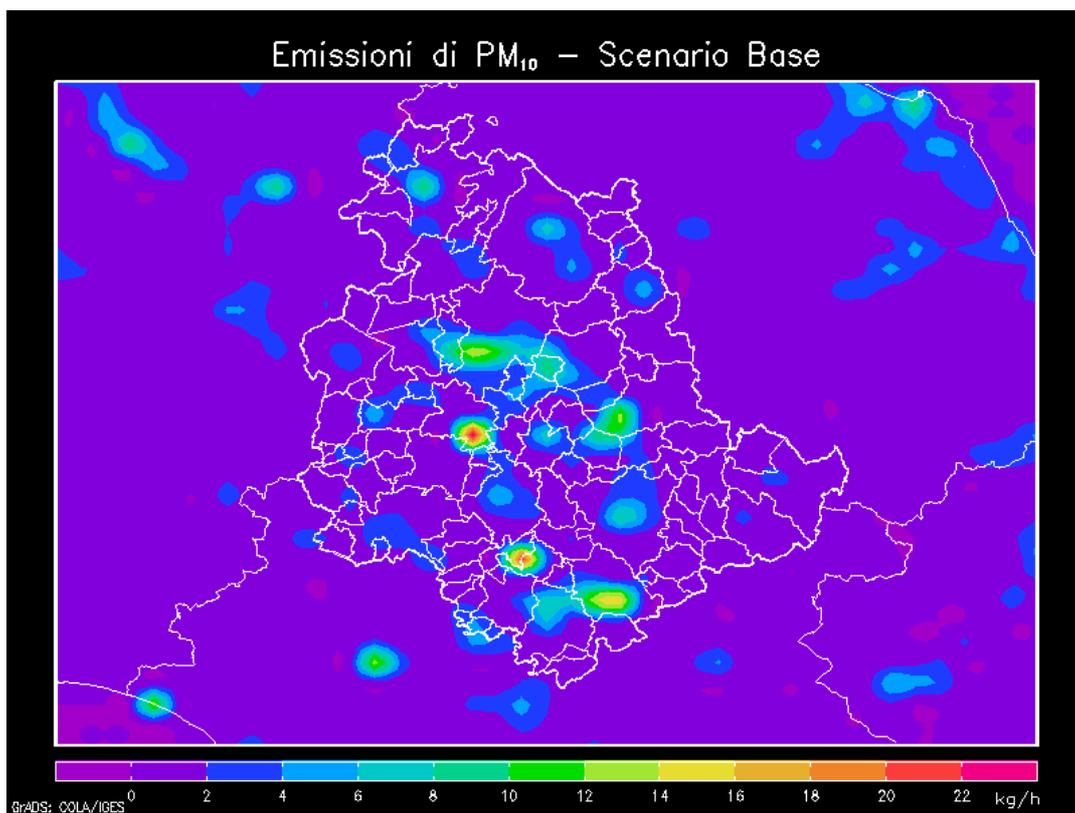


Figura 4.4: Emissioni di PM_{10} Umbria

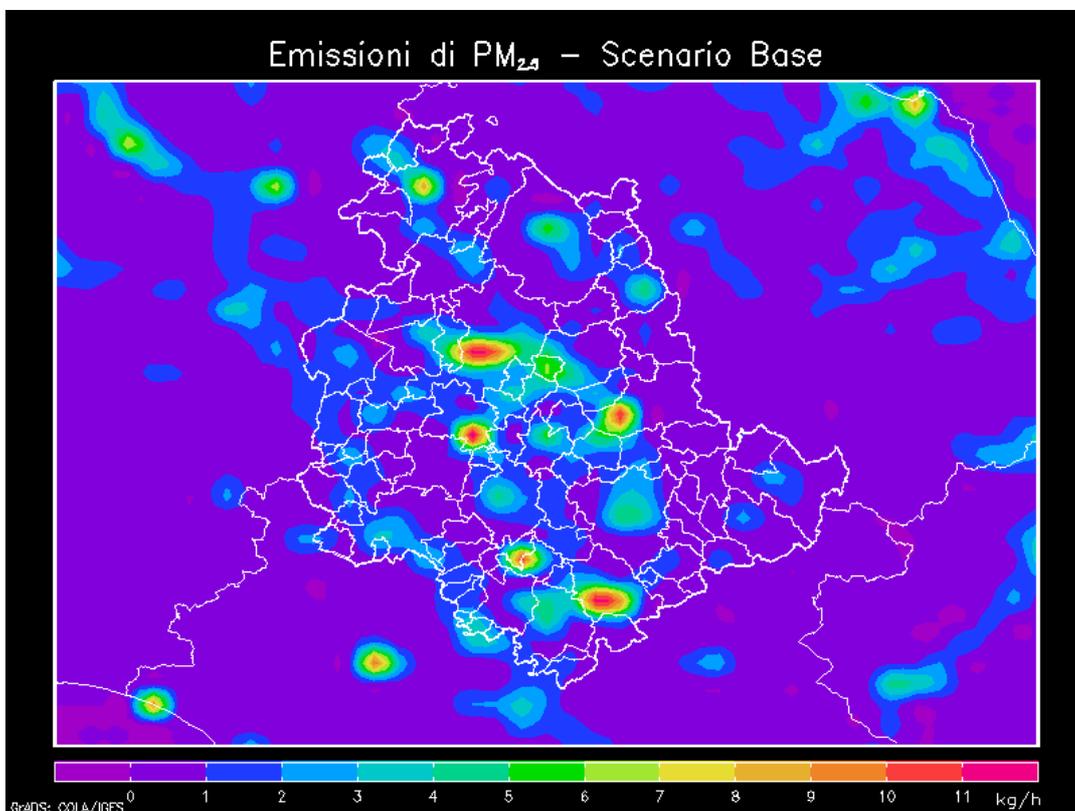


Figura 4.5: Emissioni di $PM_{2.5}$ Umbria

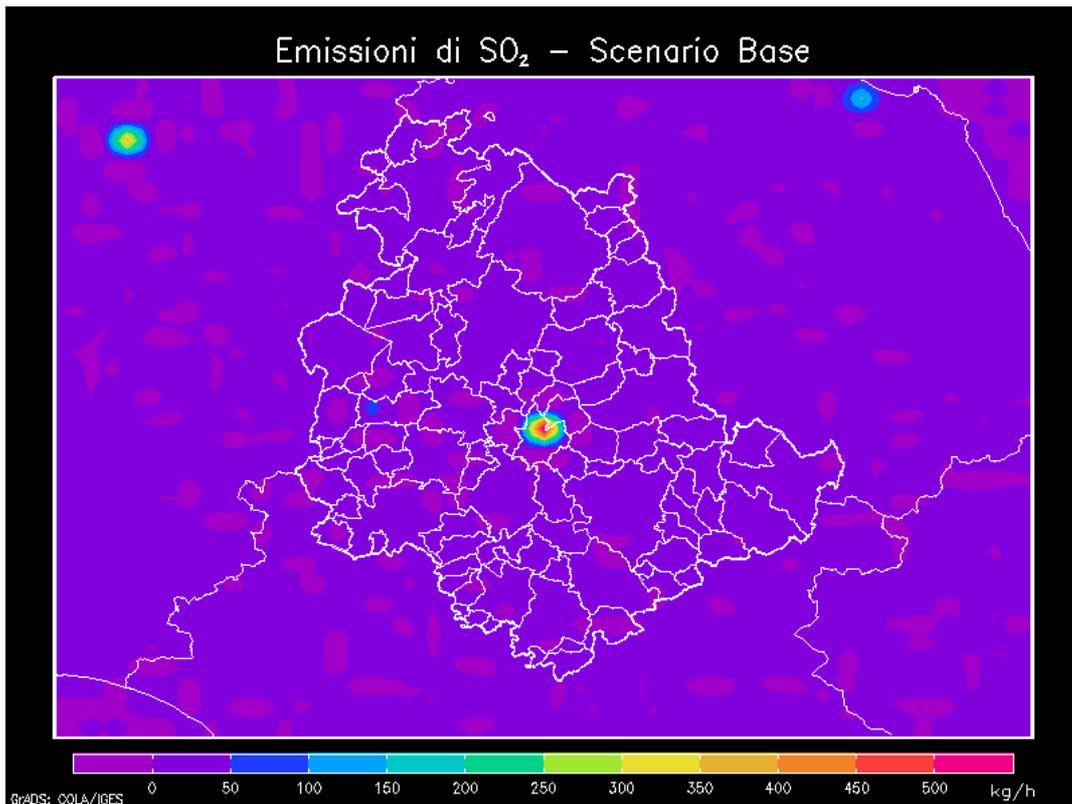


Figura 4.6: Emissioni di SO₂ Umbria

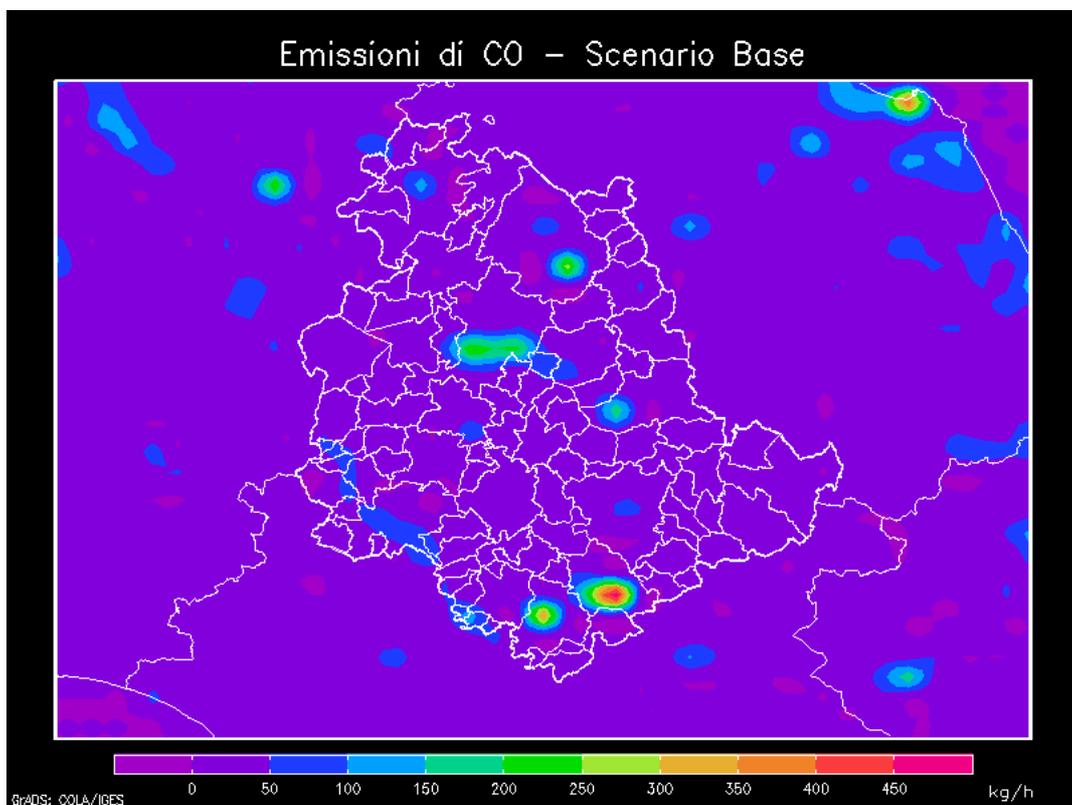


Figura 4.7: Emissioni di CO Umbria

Le emissioni di biossido di zolfo sono strettamente legate all'attività di produzione di energia elettrica con utilizzo di carbone, mentre il monossido di carbonio, così come gli NO_x, hanno emissioni legate alle principali attività produttive e all'area urbana del capoluogo. Infine l'ammoniaca, la cui emissione è legata al macrosettore agricoltura, vede le sue massime emissioni nelle zone dove sono presenti i grandi allevamenti.

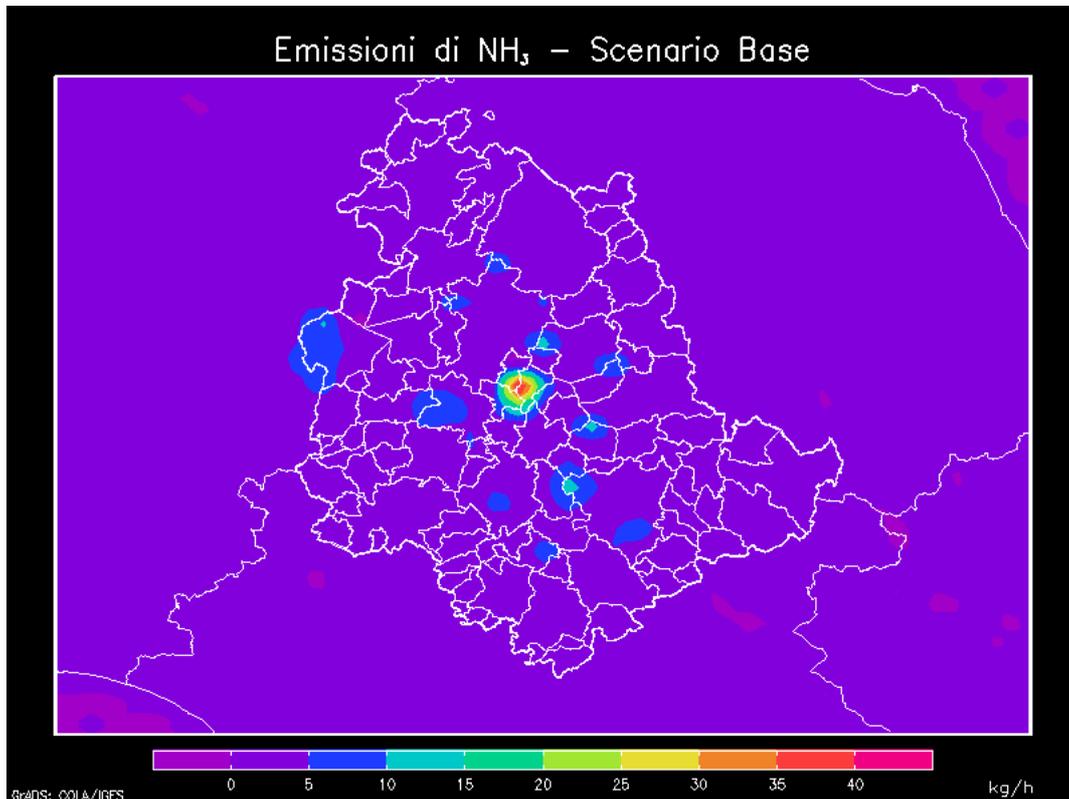


Figura 4.8: Emissioni di NH₃ Umbria

Infine, nell'Appendice sono presentate le mappe di emissioni analoghe a quelle mostrate precedentemente ma con le emissioni annue assegnate alle singole maglie, 5x5 km², così come sono utilizzate dal modello.

5. CONCENTRAZIONI AL SUOLO

In questo capitolo sono riportate le mappe di concentrazione degli inquinanti ottenuti come risultati della simulazione dello scenario base. Sono mostrate le concentrazioni medie annue di O₃, NO₂, PM₁₀ e PM_{2.5} sia per l'intero dominio che per la sola regione Umbria.

Nel valutare le concentrazioni al suolo è stata fatta la scelta di utilizzare una distribuzione in verticale delle emissioni sia utilizzando il solo primo livello (ovvero, tutte le emissioni sono emesse al suolo), sia distribuendo le emissioni tra i primi due livelli in modo da differenziare maggiormente i punti di emissione al suolo da quelli in quota. Infatti, le emissioni puntuali sono state per la quasi totalità poste ad un secondo livello di emissione; in realtà si è scelto di non porre il 100 % di emissioni sul secondo livello ma, data la presenza anche di piccoli impianti tra le puntuali (come mobilifici/pastifici e altri) che possono avere camini al di sotto dei 20 metri, si è preferito lasciare una percentuale di emissioni puntuali nel livello più basso. Inoltre anche parte delle emissioni da riscaldamento sono state poste al secondo livello. Infatti, si è ipotizzato che nei grossi centri urbani parte delle emissioni da riscaldamento siano in alto (palazzi alti) mentre fuori città siano tutti al suolo.

In figura 5.1 riportiamo, a titolo di esempio, le concentrazioni al suolo medie annue di NO₂ calcolate con le emissioni da uno e da due livelli. Quando le emissioni sono distribuite su due livelli la concentrazione al suolo nei pressi di sorgenti puntuali è leggermente minore in quanto queste hanno emissioni principalmente nel secondo livello e non nel primo. Questo è messo in evidenza maggiormente nella figura 5.2 dove sono considerate le emissioni annue di NO che è infatti, l'inquinante prevalente direttamente emesso da una combustione e quindi fortemente localizzato nei pressi delle sorgenti.

Poiché l'ipotesi delle emissioni su due livelli risulta essere più coerente con la reale distribuzione delle emissioni, soprattutto quelle puntuali, si ipotizza che la valutazione con i due livelli sia più realistica e, quindi, più idonea alla valutazione delle zone.

Di seguito, pertanto, per i vari inquinanti trattati verranno presentate le concentrazioni al suolo e i relativi indici di legge derivati da emissioni distribuite su due livelli verticali.

Nella tabella 5.1 e 5.2 sono riportati i limiti e le soglie definite dalla normativa in vigore degli inquinanti di cui si sono valutate le concentrazioni.

Per i diversi inquinanti sono riportate, oltre alle medie annue, anche le elaborazioni dei vari indici di legge.

Infine è stato riportato anche l'andamento percentuale del rapporto tra PM_{2.5} e PM₁₀.

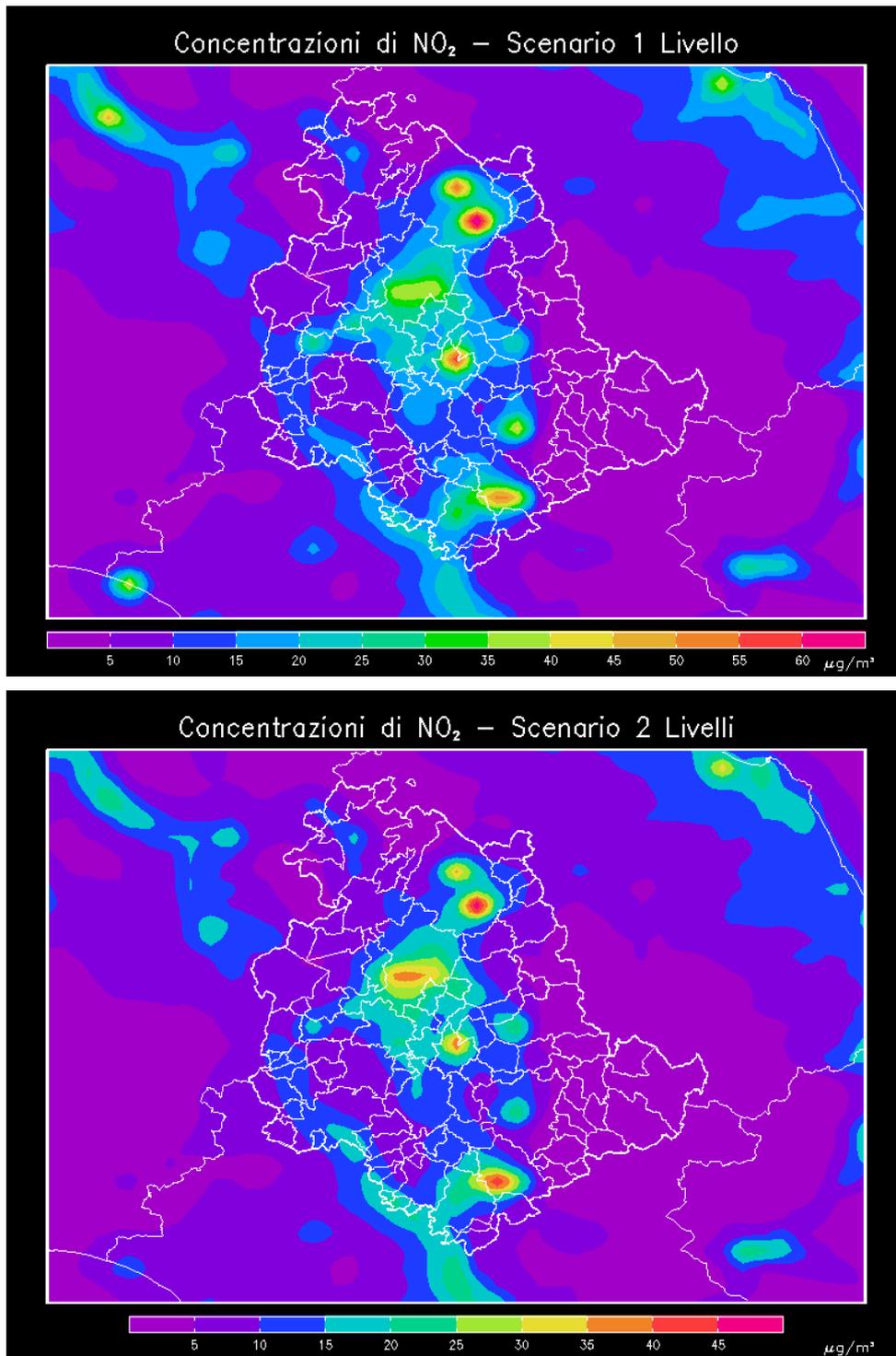


Figura 5.1: Concentrazione media annua di NO₂ Umbria – 1 Livello (sopra) , 2 Livelli (sotto). Le scale dei due grafici sono differenti.

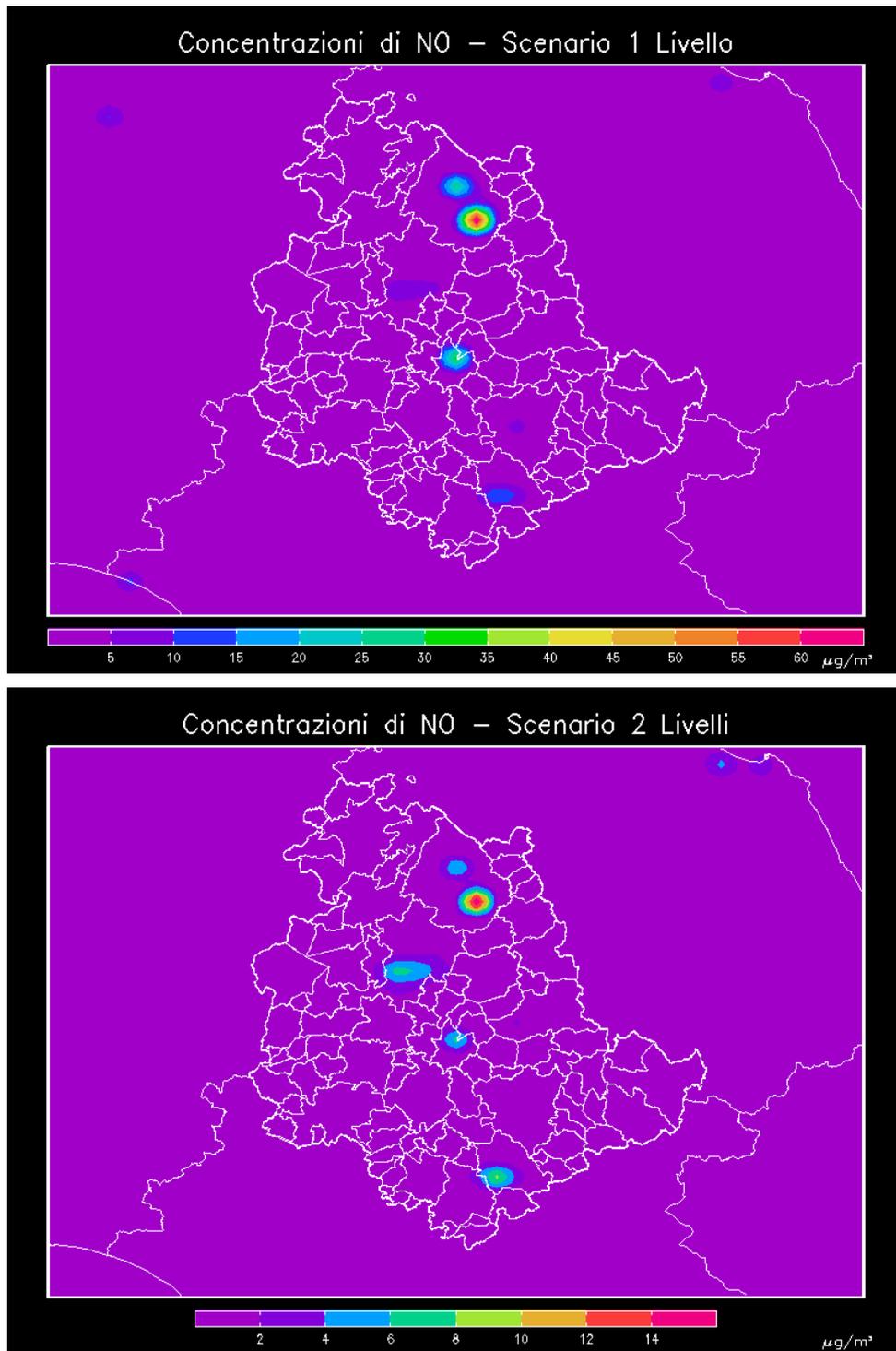


Figura 5.2: Concentrazione media annua di NO Umbria – 1 Livello (sopra) , 2 Livelli (sotto). Le scale dei due grafici sono differenti.

Tabella 5.1: Principali limiti stabiliti dalla normativa e soglie di valutazione superiore e inferiore.

Inquinante	Tipo protezione	Indice statistico	Unità di misura	Soglia di allarme	Limiti		Soglia valutazione superiore		Soglia valutazione inferiore	
					Livello	Numero sup./a	livello	Numero sup/a	livello	Numero sup/a
SO ₂	salute umana	media oraria	µg/m ³	500 per 3h consecutive	350	24				
	salute umana	media 24ore	µg/m ³		125	3	75	3	50	3
	ecosistemi	media annuale	µg/m ³		20					
NO ₂	salute umana	media oraria	µg/m ³	400 per 3h consecutive	200	18	140	18	100	18
	salute umana	media annuale	µg/m ³		40		32		26	
NO _x	vegetazione	media annuale	µg/m ³		30		24		19.5	
PM ₁₀	salute umana	media 24ore	µg/m ³		50	35	30	7	20	7
	salute umana	media annuale	µg/m ³		40		14		10	
PM ^(a) _{2.5}	salute umana	media annuale	µg/m ³		25		17		12	
CO	salute umana	media mobile su 8 ore massima giornaliera	mg/m ³		10		7		5	

^(a) Il valore limite per il PM_{2.5} entrerà in vigore nel 2015 attualmente è previsto un margine di tolleranza

Tabella 5.2: Limiti stabiliti dalla normativa e soglie di valutazione superiore e inferiore per l'ozono.

Tipo protezione	Indice statistico	Unità di misura	Soglia di allarme	Valore bersaglio		Obiettivo a lungo termine	Soglia informazione
				livello	sup.		
salute umana	massimo giornaliero della media mobile 8h	µg/m ³	500 per 3h consecutive	120	25/anno media su 3 anni	120	
	media oraria	µg/m ³					180
vegetazione	AOT40 da maggio a luglio	µg/m ³ .h		18000	media su 5 anni	6000	
	AOT40 Foreste da aprile a settembre	µg/m ³ .h		20000			

5.1 Risultati per ozono

Come prima analisi riportiamo la media annua sui due livelli (figura 5.3) che, pur non essendo parametro individuato dalla norma per la protezione della salute o della vegetazione, risulta utile per verificare la distribuzione dell'ozono sul territorio. Infatti, dalle figure si osserva che le zone meno antropizzate hanno la maggiore presenza di ozono che diminuisce presso le sorgenti puntuali e le aree urbane principali.

Questo comportamento è legato al fenomeno di formazione dell'ozono. Infatti, i principali precursori dell'ozono sono agli ossidi di azoto (NO_x) e composti organici volatili (COVNM), come ad esempio idrocarburi e formaldeide. In presenza di irraggiamento solare si innescano tra questi una serie di reazioni chimiche con produzione di altri composti (smog fotochimico) tra cui l'ozono. Una volta formato, l'ozono reagisce a sua volta con gli altri inquinanti distruggendosi e chiudendo, così, il ciclo. Nella figura 5.4 è riportato un esempio del ciclo di formazione e distruzione dell'ozono a carico del biossido di azoto (NO_2).

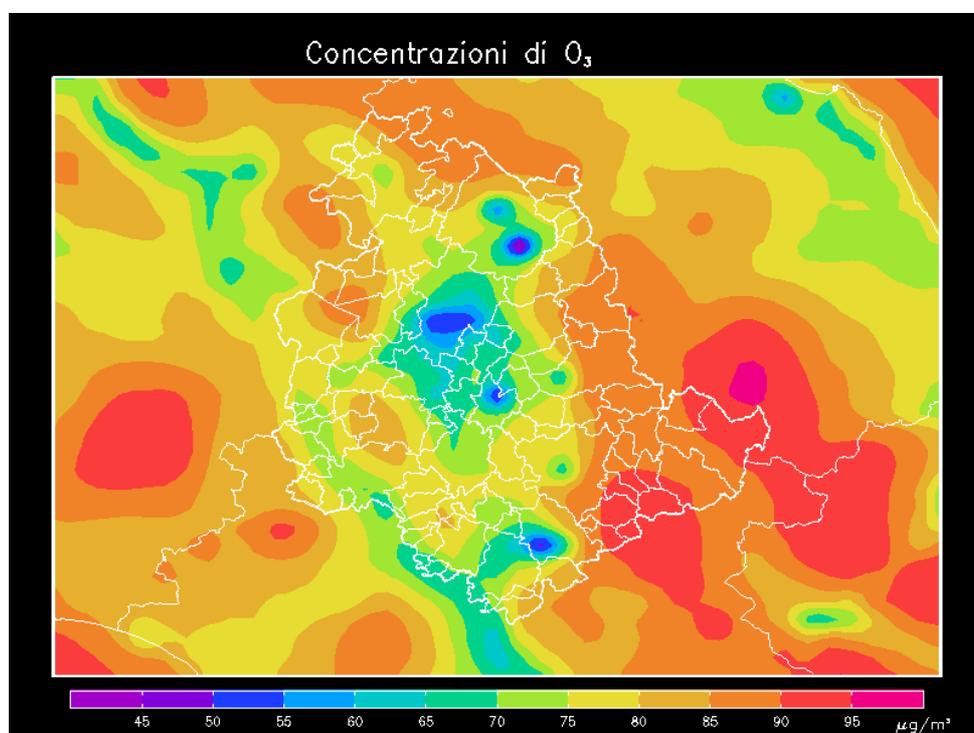


Figura 5.3: Concentrazione media annua di O_3

Questo ciclo, quando sovrabbonda la radiazione solare, è sbilanciato verso la formazione di ozono che tende, quindi, ad accumularsi durante il giorno e soprattutto nei periodi estivi. Inoltre, le concentrazioni più elevate si registrano normalmente nelle zone distanti dai centri abitati ove minore è la presenza di sostanze inquinanti con le quali, a causa del suo elevato potere ossidante, può reagire e quindi distruggersi. In ambienti interni la concentrazione di ozono è notevolmente inferiore per questa sua elevata reattività che ne consente la rapida distruzione. Quindi, la presenza nella bassa atmosfera di O_3 dipende fortemente dalle condizioni meteo climatiche (irraggiamento, temperatura, umidità, etc...) ed è, pertanto, variabile sia nel corso della giornata che delle stagioni e, inoltre, la sua formazione coinvolge fenomeni che si manifestano generalmente su aree geografiche ampie.

In generale i processi alla base della formazione e distruzione di ozono sono molto complessi, e, per esempio, negli ambienti urbani l'alta emissione di monossido di azoto (NO) dovuto al

traffico determina una rapida distruzione dell'ozono e una conseguente riduzione della sua concentrazione in aria ma, proprio per questo, un semplice calo delle emissioni di NO potrebbe provocare un aumento delle concentrazioni di ozono nelle città. In questi casi occorrerebbe agire contemporaneamente con la riduzione delle emissioni degli altri precursori, principalmente i COVNM, che partecipano in maniera più determinante alle reazioni che portano alla formazione di O₃.

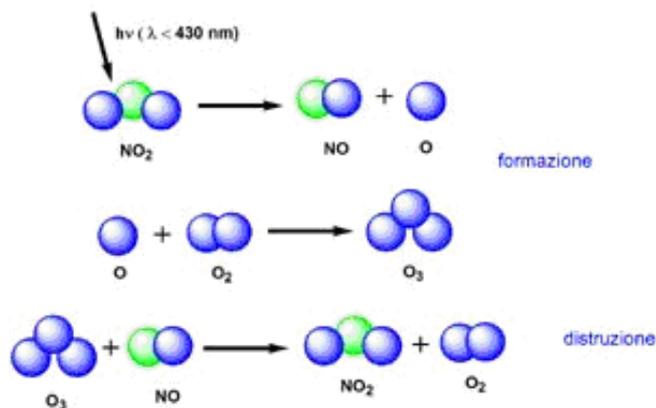


Figura 5.4: Esempificazione delle reazioni del ciclo di formazione e di distruzione di ozono (O₃) a partire da biossido di azoto (NO₂).

Nelle figure da 5.5 a 5.7 sono riportati gli andamenti dei vari indici di legge valutati per un anno. Come si può osservare confrontando i valori ottenuti dal modello con le soglie riportate in tabella 5.2, in quasi tutto il territorio regionale sono superati sia le soglie per la salute che quelle per la vegetazione tanto nelle zone antropizzate quanto in quelle verdi; fanno eccezione le aree proprio a ridosso dei grandi insediamenti industriali per quanto riguarda le soglie per la salute e la zona metropolitana di Perugia per le soglie della vegetazione.

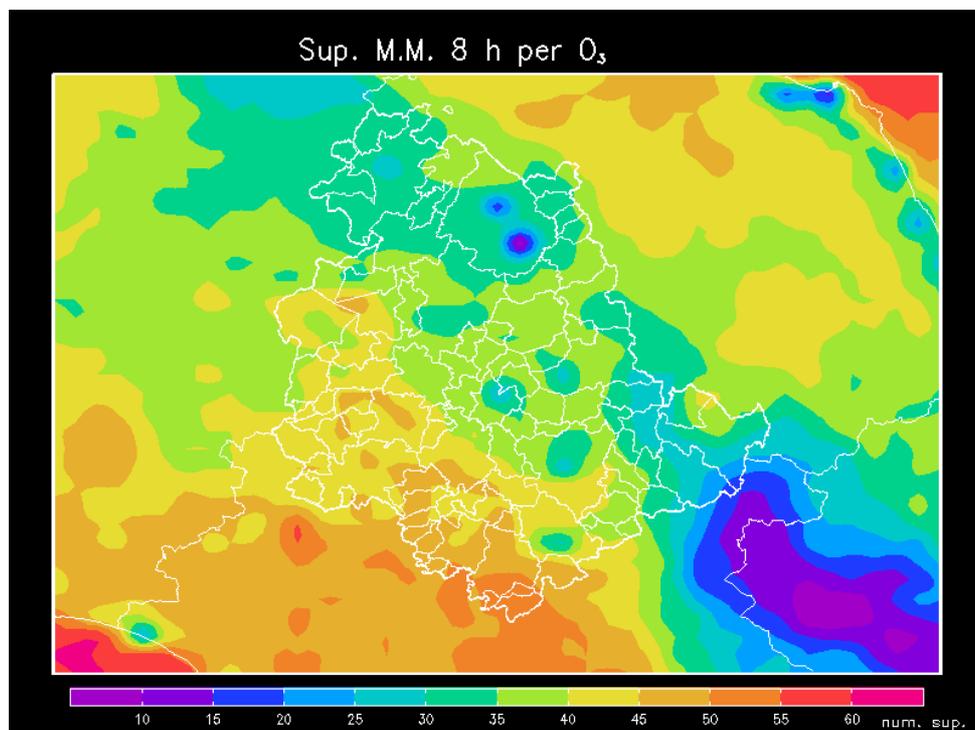


Figura 5.5: Numero di superamenti della media mobile 8 ore giornaliera per O₃

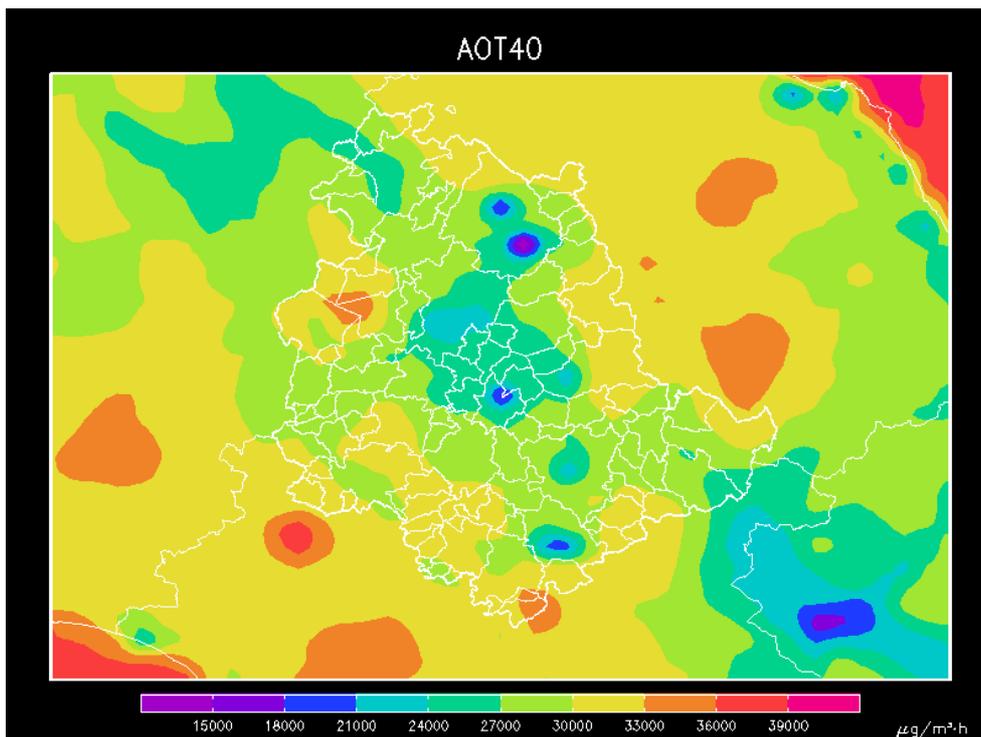


Figura 5.6: Indice AOT40 per O₃

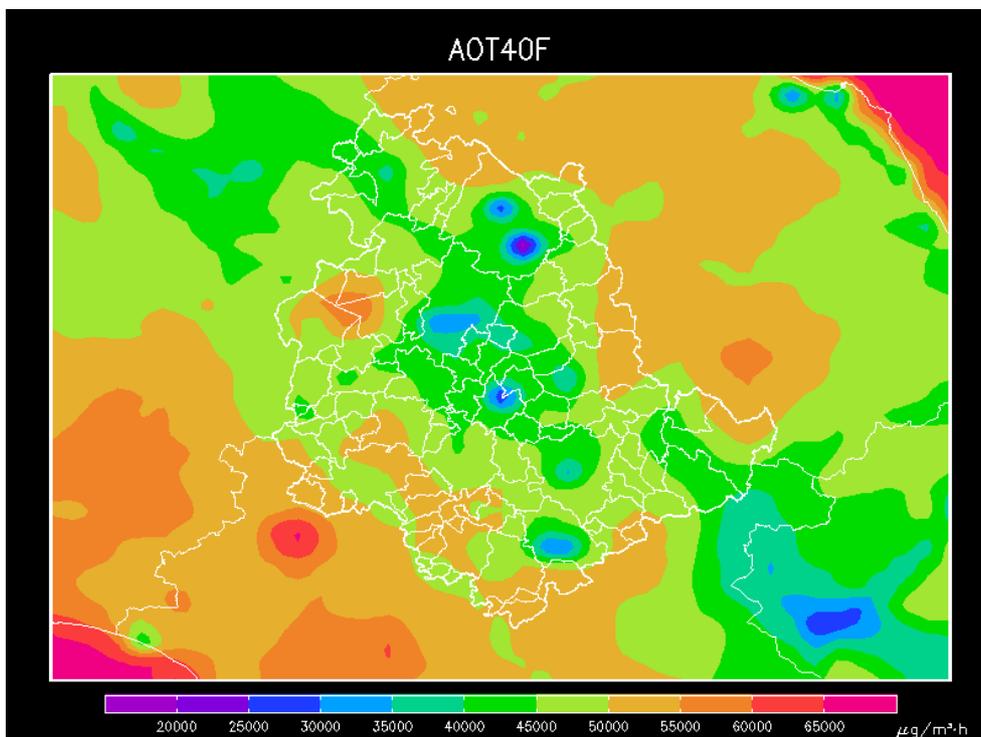


Figura 5.7: Indice AOT40 foreste per O₃

5.2 Risultati per biossido di azoto

Le sorgenti principali di ossidi di azoto sono traffico e industrie, conseguentemente le concentrazioni al suolo sono più alte nelle zone più antropizzate. Nella figura 5.8 è riportata la concentrazione media annuale con le emissioni distribuite su due livelli. La concentrazione al suolo è maggiore dove sono presenti più sorgenti puntuali, questo è messo in evidenza nella figura 5.9 dove sono considerate le emissioni annue di NO che è infatti, l'inquinante prevalente direttamente emesso da una combustione e, quindi, fortemente localizzato nei pressi delle sorgenti.

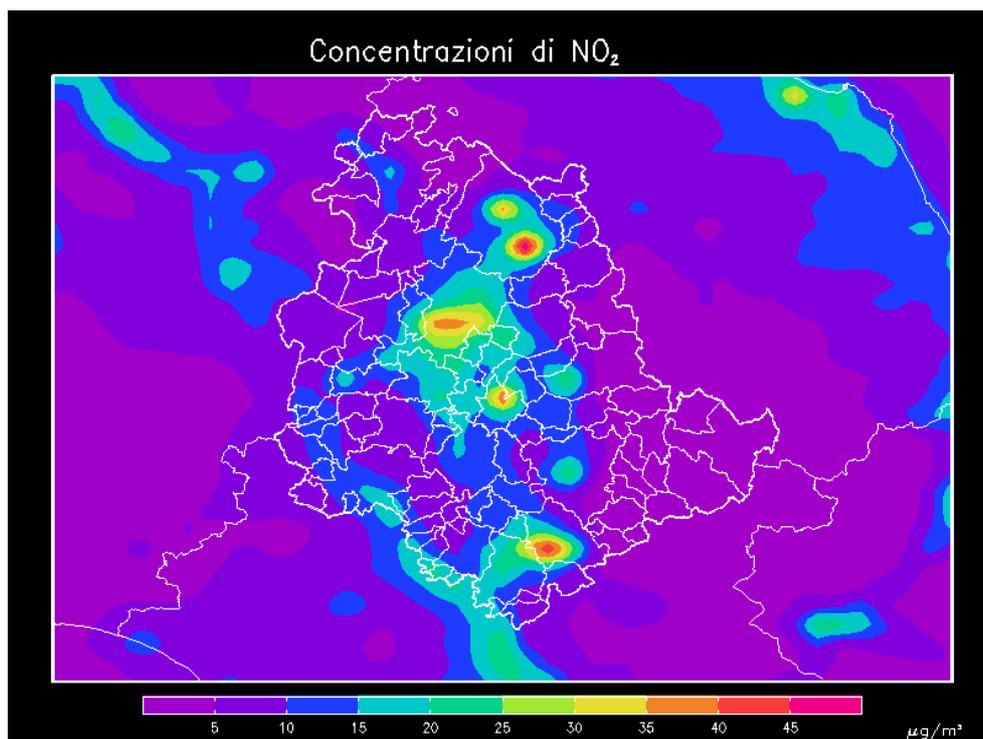


Figura 5.8: Concentrazione media annua di NO₂

Se confrontiamo i valori della media annua di NO₂ con i limiti e le soglie riportate in tabella 5.1, osserviamo che per il limite annuale di 40 µg/m³ la zona critica è la Conca Ternana mentre la soglia di valutazione superiore (32 µg/m³) risulta superata in aree più vaste: in prima approssimazione nel comune di Gubbio, Perugia, Gualdo Cattaneo, Narni e Terni. La soglia di valutazione inferiore (26 µg/m³), ovviamente, interessa aree ancora più estese che comprendo anche i comuni di Spoleto e Foligno.

Se andiamo a confrontare i dati da modello con i limiti, sempre per NO₂, si osserva che in nessuna zona del territorio regionale risulta superato il limite orario (200 µg/m³ per 18 volte in un anno). Infatti, se si rappresenta graficamente il numero di superamenti della soglia oraria, figura 5.10, il modello non evidenzia alcun superamento su tutto il territorio regionale.

In figura 5.11 sono evidenziati anche il numero dei superamenti orari rispetto alla soglia di valutazione inferiore e superiore. Si osserva che per la soglia di valutazione superiore sono presenti dei possibili superamenti (anche se in numero inferiore a 18) nelle aree di Gubbio e Terni. La soglia di valutazione inferiore, invece risulta superata in aree più vaste tra cui, oltre a Gubbio e Terni, anche la zona metropolitana di Perugia (composta da più comuni), Gualdo Cattaneo Foligno e Narni.

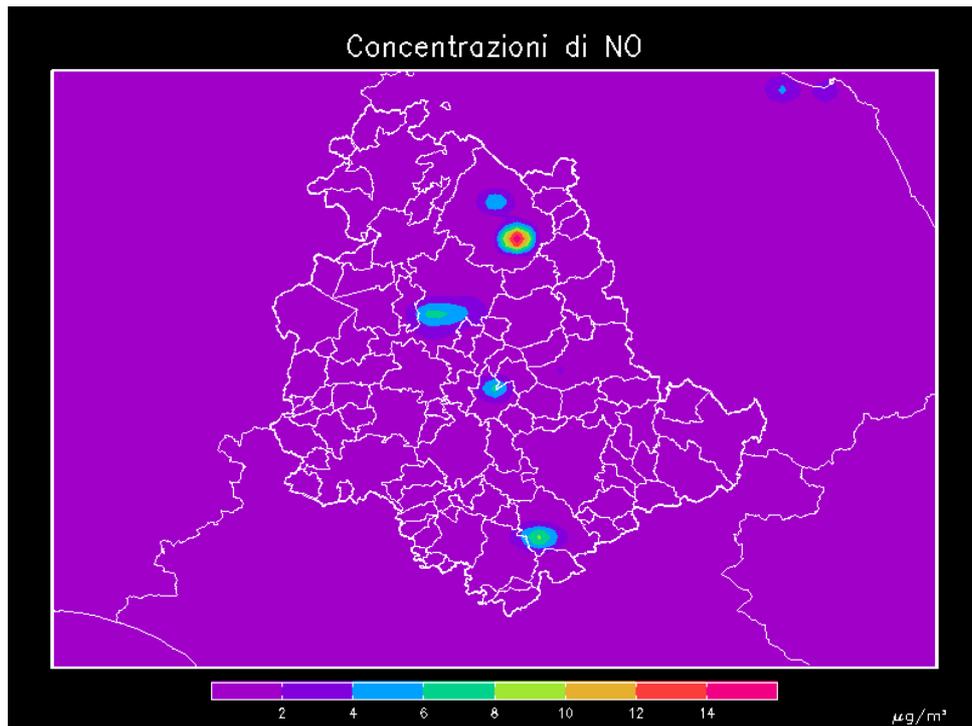


Figura 5.9: Concentrazione media annua di NO

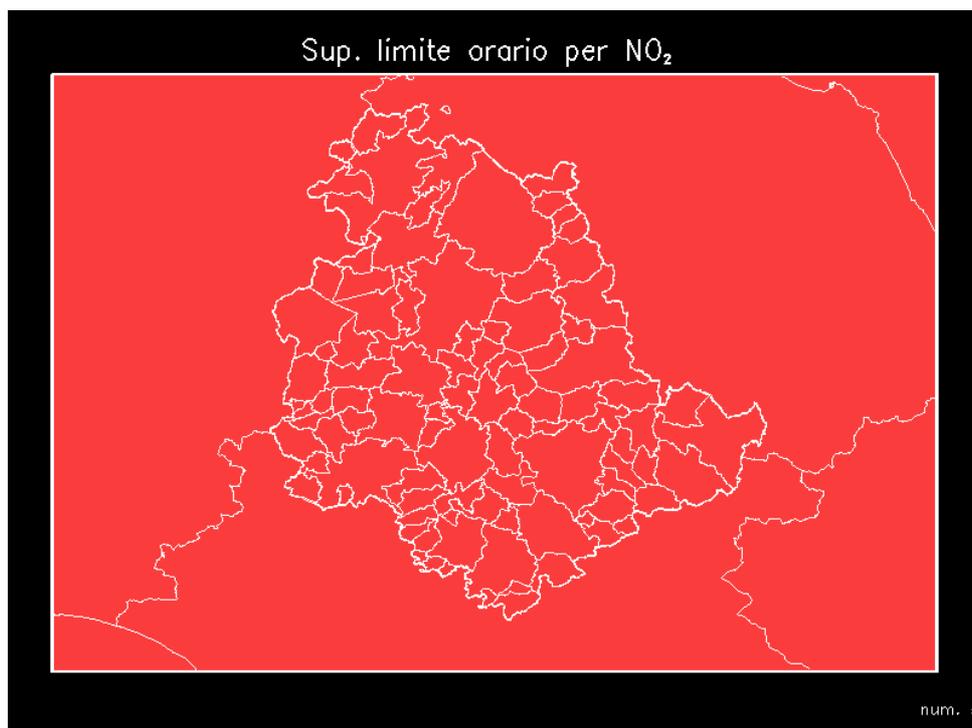


Figura 5.10: Numero di superamenti della media 1H del limite per il NO₂

Per queste valutazioni va ricordato che nelle simulazioni con i modelli non è possibile tenere conto degli effetti spot dovuti in modo particolare alle emissioni da strade urbane che possono, invece, essere misurati direttamente dalle stazioni di misura degli inquinanti.

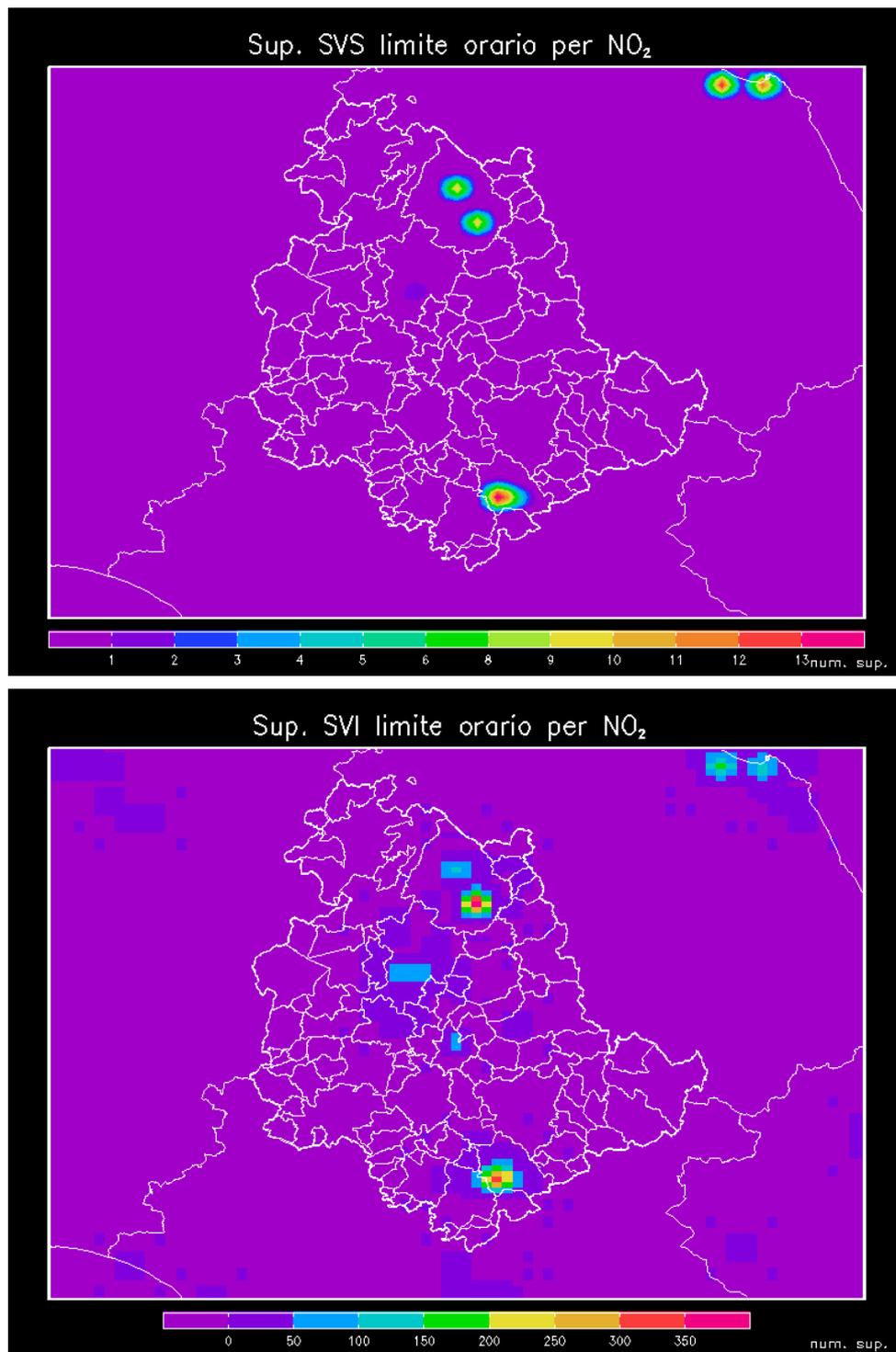


Figura 5.11: Numero di superamenti della media 1H della soglia di valutazione superiore (sopra) e inferiore (sotto) per il NO₂

I limiti e le soglie sino ad ora considerate fanno riferimento alla salute della popolazione, la norma però tiene conto anche degli effetti sulla vegetazione. Per valutare ciò si considerano le medie annuali per gli ossi di azoto (NO_x) riportate in figura 5.12.

Confrontando il valore medio annuo ottenuto da modello con il limite ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) si osserva che anche in questo caso, come per il biossido di azoto, le zone di superamento sono individuate nei pressi di grandi impianti industriali o zone densamente urbanizzate.

Analogamente, in aree più estese si hanno i superamenti delle soglie di valutazione superiore e inferiore. Quest'ultima potrebbe essere superata anche nei pressi delle principali vie di comunicazione.

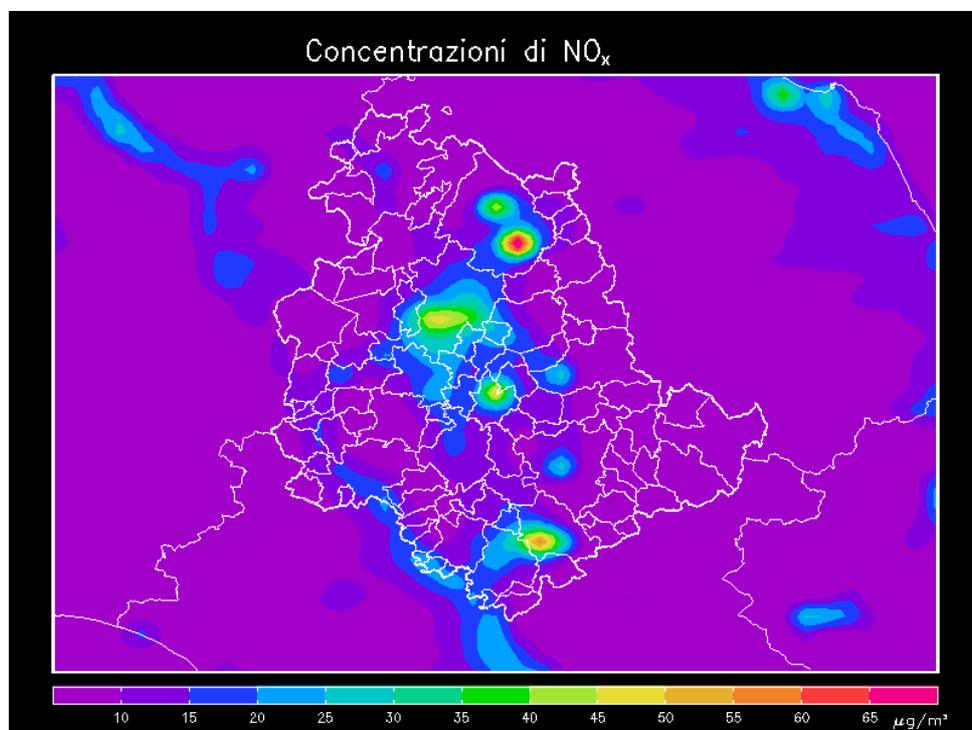


Figura 5.12: Concentrazione media annua di NO_x

5.3 Risultati per particolato PM₁₀ e PM_{2,5}

Per analizzare i dati di concentrazioni al suolo di PM₁₀ partiamo dalla media annua; il limite (40 µg/m³) risulta non essere superato in nessuna zona del territorio tenendo anche conto di una possibile sottostima tipica dei modelli di simulazione che può arrivare anche al 50%. Se confrontiamo i dati con le soglie di valutazione, ipotizzando sempre una sottostima del modello, si osserva che tanto quella inferiore (20 µg/m³) quanto quella superiore (28 µg/m³) potrebbero risultare superate in un'ampia zona che, partendo dal comune di Perugia, si estende a sud includendo numerosi altri comuni.

Se invece andiamo ad indagare il superamento del limite previsto per la media 24H (50 µg/m³ per un massimo di 35 volte per anno solare) riportato in figura 5.13, si osserva che questo limite non risulta essere superato in nessuna area regionale. Vista la sottostima che i modelli tendono ad avere per la valutazione della concentrazione di polveri fini (più significativa nel caso di valutazioni di breve periodo) e considerando che da studi statistici fatti da ISPRA si evidenzia che per rispettare il limite di superamenti giornalieri è necessario che la media annua sia inferiore a 30 µg/m³ e, quindi, minore anche della soglia di valutazione superiore. Quindi, nel caso delle concentrazioni al suolo regionali è evidente che sono presenti zone con medie annue che non rispettano tali condizioni.

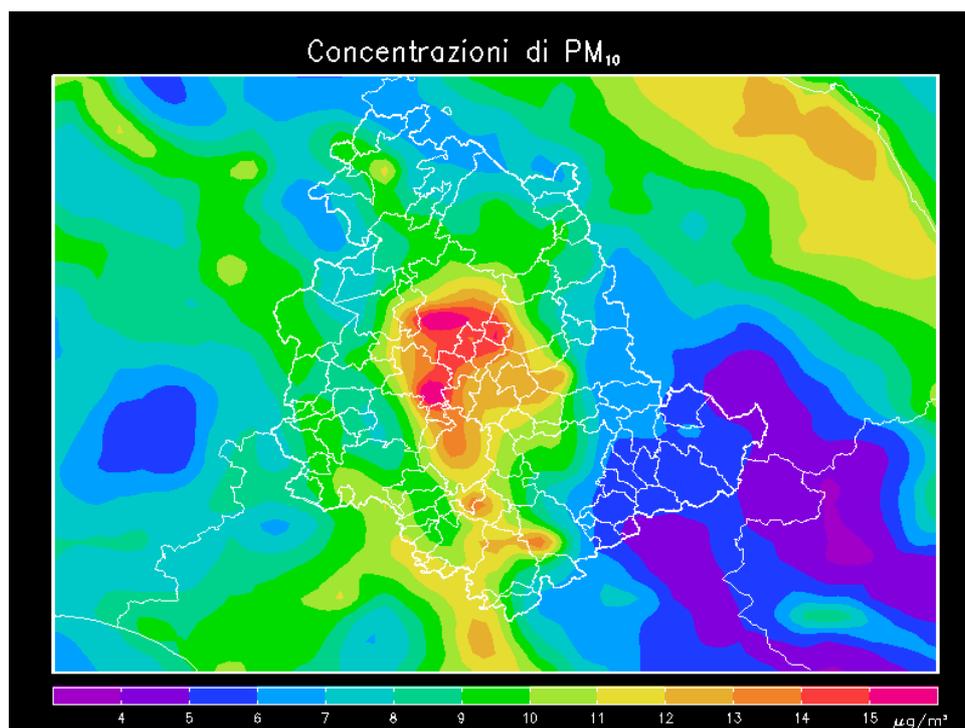


Figura 5.13: Concentrazione media annua di PM₁₀

Se analizziamo il numero di superamenti del limite giornaliero (figura 5.14) da modello non si hanno superamenti del valore giornaliero per più di 35 volte annue. Oltre alla sottostima, così come per gli ossidi di azoto, i sistemi modellistici non tengono conto degli effetti spot dovuti in modo particolare alle emissioni da strade urbane che si possono valutare solo con misurazioni dirette degli inquinanti.

Comunque, il modello evidenzia che le zone con più superamenti sono l'area metropolitana di Perugia (che comprende più comuni) Foligno e Spello in vicinanza dell'arteria stradale principale.

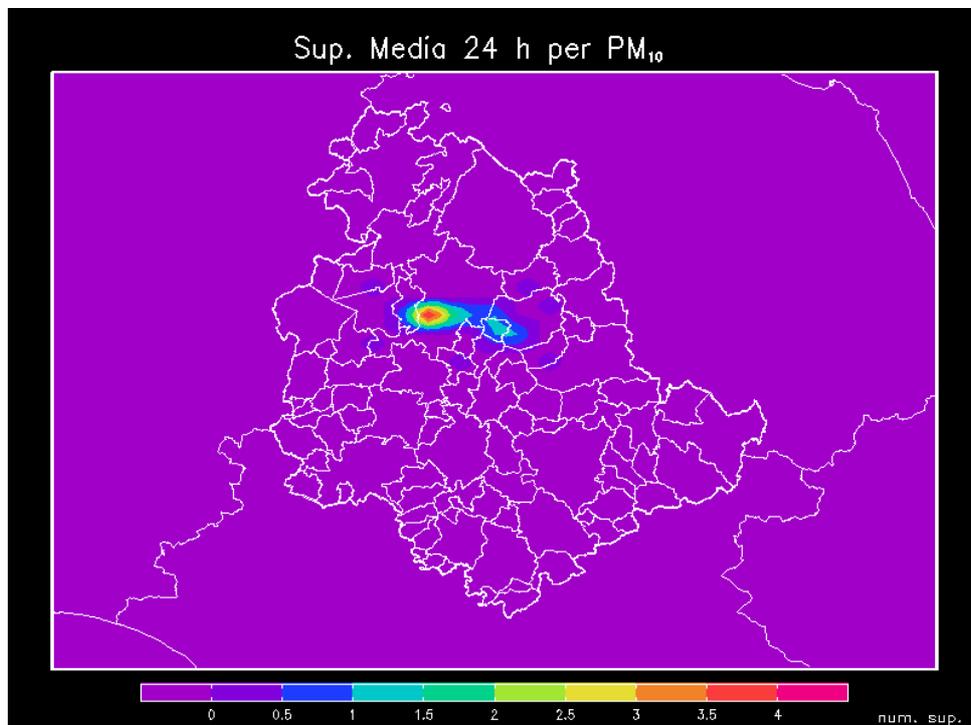


Figura 5.14: Numero di superamenti del limite della media 24H per il PM₁₀

Inoltre, se consideriamo il rispetto del numero di superamenti della soglia di valutazione inferiore per la media giornaliera di PM₁₀ (figura 5.16), si nota come le aree con possibili superamenti siano l'area di Perugia e di Marsciano. Mentre, la soglia di valutazione superiore non risulta mai superata.

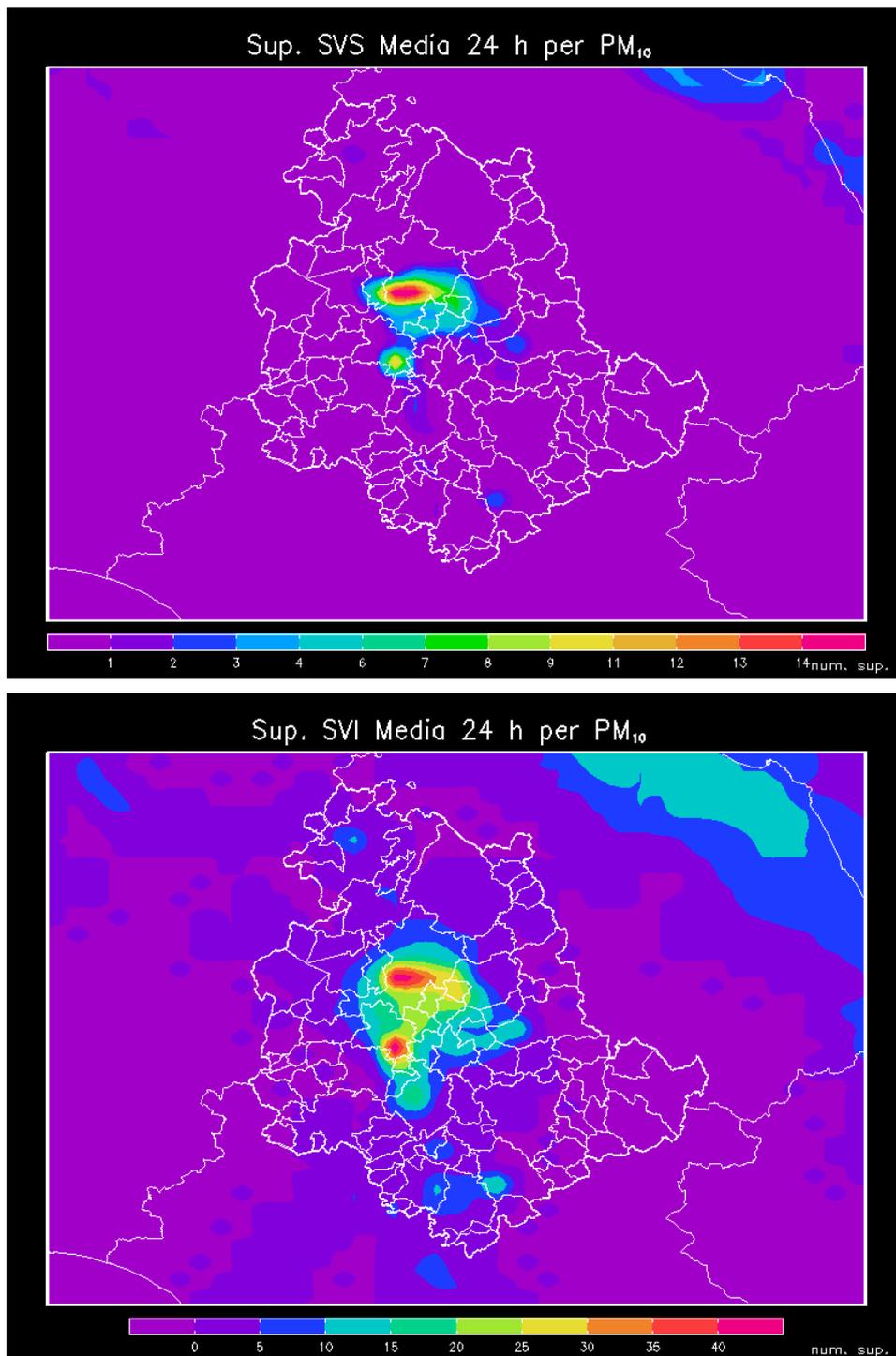


Figura 5.15: Numero di superamenti della soglia di valutazione superiore (sopra) e inferiore (sotto) della media 24H per il PM₁₀

Per quanto riguarda le concentrazioni di PM_{2.5}, considerando sempre una possibile sottostima, anche in questo caso si evidenzia un'area al centro della regione, che si estende da Perugia sino a Narni, in cui le concentrazioni annue di polveri fini potrebbero essere superiori al limite e, quindi, sono superiori alla soglia di valutazione inferiore (12 µg/m³) e superiore (17 µg/m³).

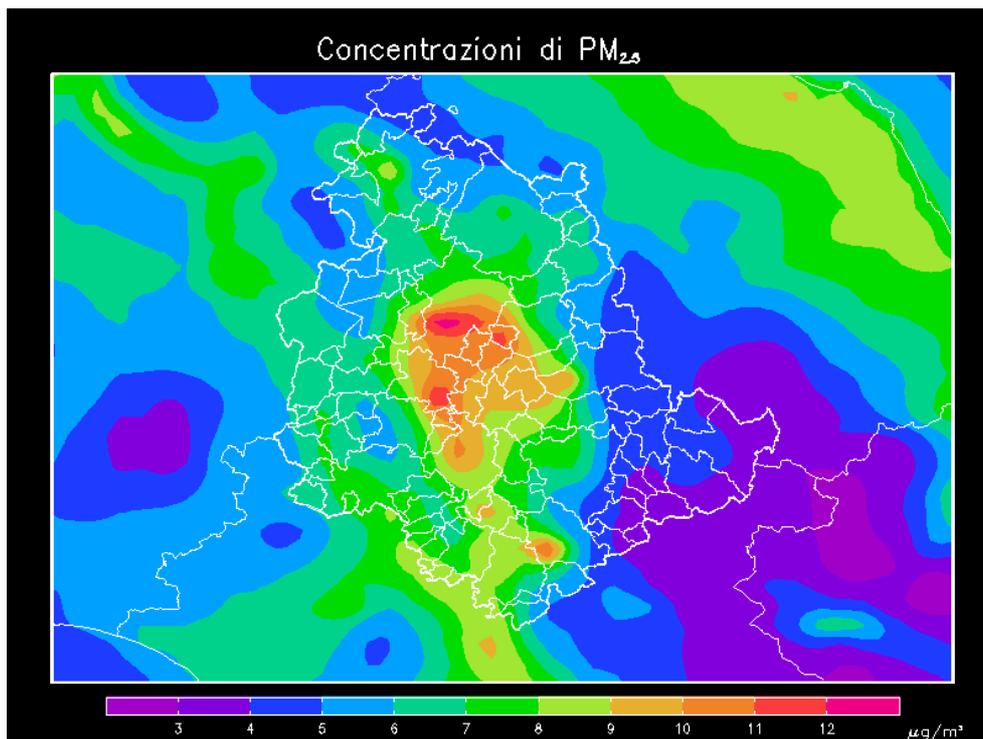


Figura 5.16: Concentrazione media annua per il PM_{2.5}

Infine, in figura 5.17 è riportato il rapporto in percentuale tra PM_{2.5} e PM₁₀. Considerando che la frazione granulometrica delle polveri è legata alla sorgente che le produce, analizzare il rapporto fornisce una indicazione sulle sorgenti prevalenti che causano la presenza al suolo di concentrazioni di PM_{2.5} piuttosto che di PM₁₀. Si osserva che nell'area centrale della regione, ovvero in corrispondenza di quella zona in cui i valori di concentrazioni al suolo di polveri fini sono maggior, il rapporto è più favorevole alle PM_{2.5}; poiché le polveri più fini sono prevalentemente prodotte dal traffico, si può dedurre che il contributo maggiore al superamento dei valori di PM₁₀ sia in realtà dovuti alla sua componente più fine (cioè il PM_{2.5}) e quindi prevalentemente al traffico.

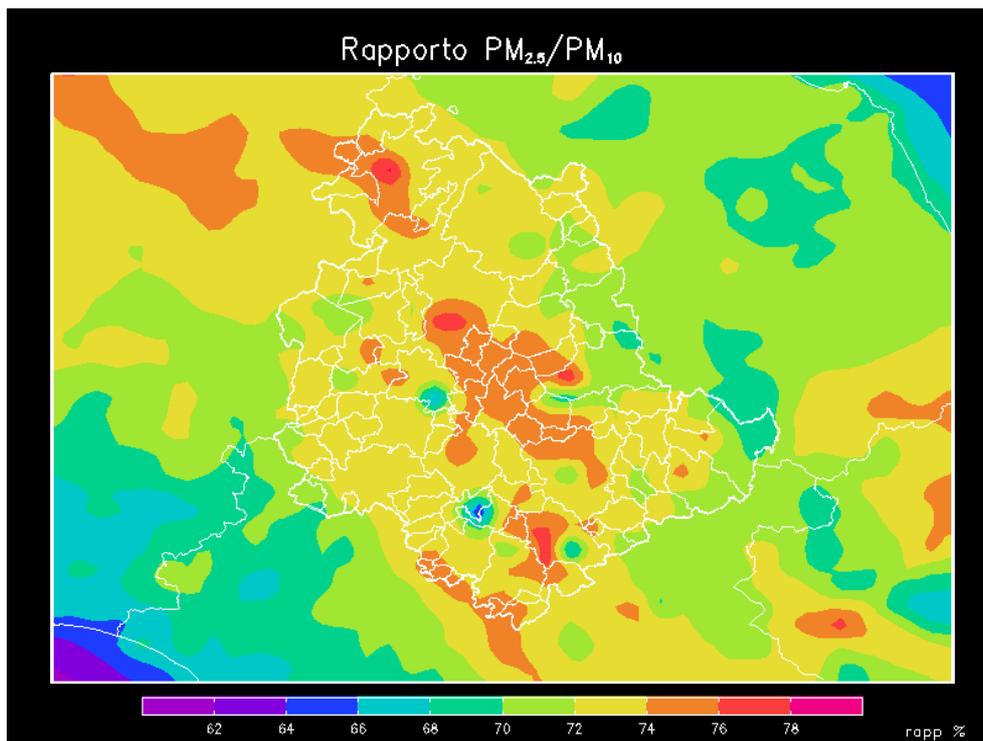


Figura 5.17: Rapporto percentuale tra $PM_{2.5}$ e PM_{10}

5.4 Risultati per il CO

Le concentrazioni al suolo di monossido di carbonio risultano basse su tutto il territorio regionale. Nella figura 5.18 è riportata la concentrazione media annua che, pur non essendo un indicatore previsto dalla normativa, fornisce indicazione sulle possibili aree con maggiore presenza di tale inquinante ovvero le aree più urbanizzate, industriali e lungo le maggiori arterie di traffico. In realtà, se confrontiamo i valori del modello per l'indice di legge (figura 5.199 risulta evidente che non si hanno superamenti del limite ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e delle soglie di valutazione inferiore ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e superiore ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

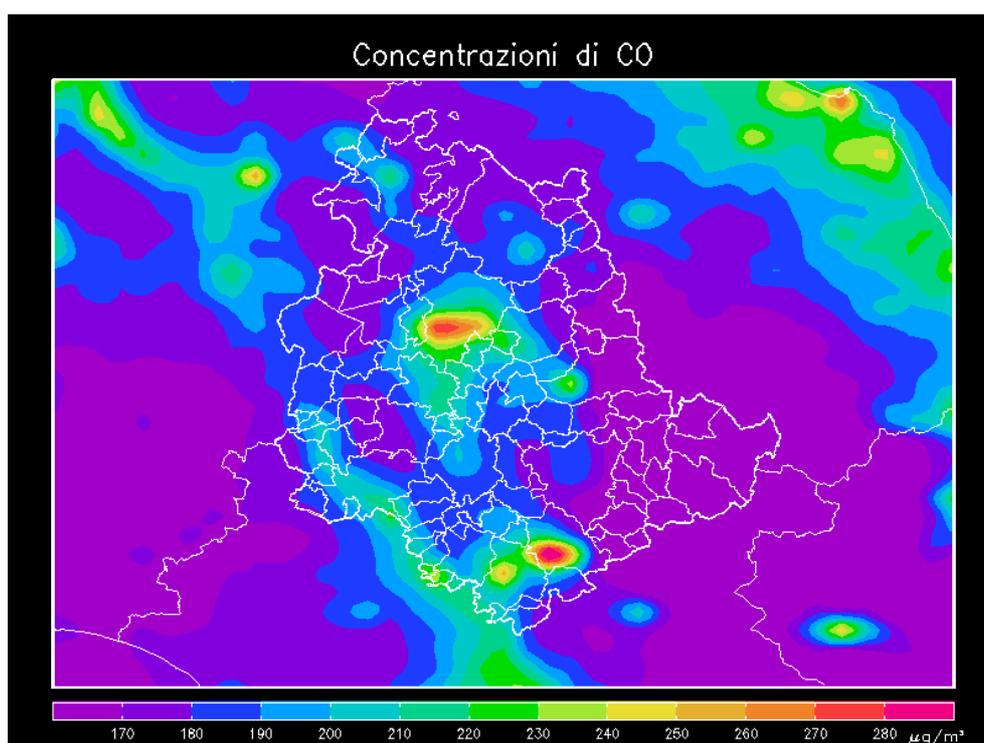


Figura 5.18: Concentrazione media annua per il CO

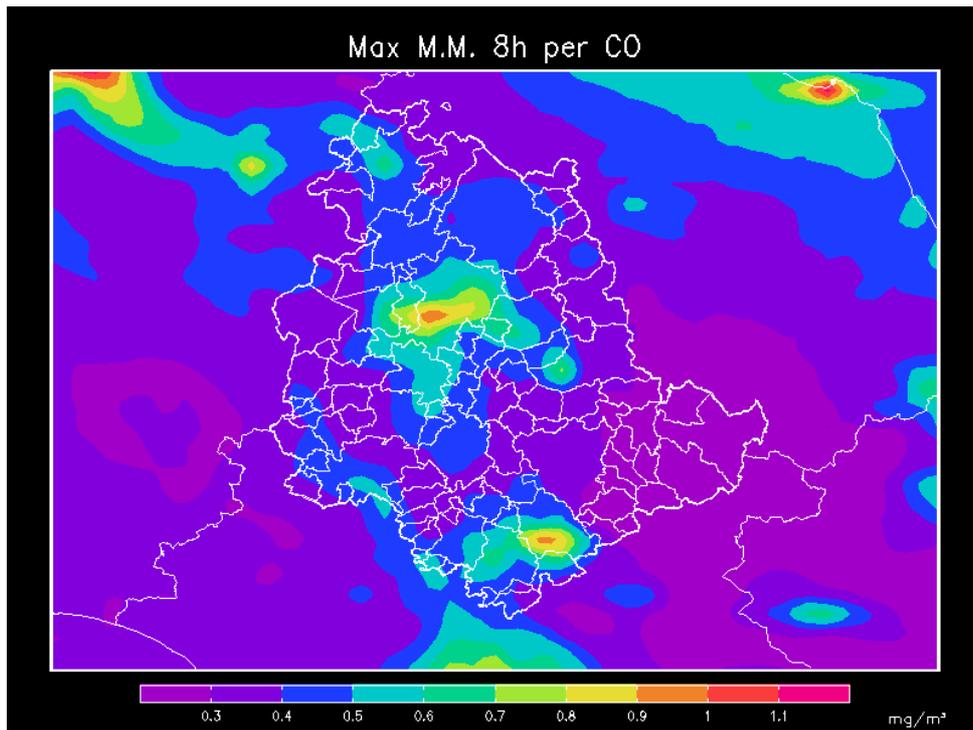


Figura 5.19: Concentrazione massima della media mobile 8H per il CO

5.5 Risultati per SO₂

Con la modifica dei principali combustibili utilizzati per il trasporto stradale e l'eliminazione dell'uso del carbone per la combustione industriale, la presenza di biossido di zolfo si è andata via via riducendo ovunque ivi compresa la regione Umbria. La valutazione della concentrazione al suolo di SO₂ evidenzia il generale rispetto dei limiti e delle soglie di valutazione.

In particolare per la media annua, che riguarda la protezione degli ecosistemi, il valore di 20 µg/m³ è rispettato ovunque ad eccezione della zona nei pressi della principale sorgente di emissione di ossidi di zolfo ovvero una centrale termoelettrica che utilizza come combustibile il carbone.

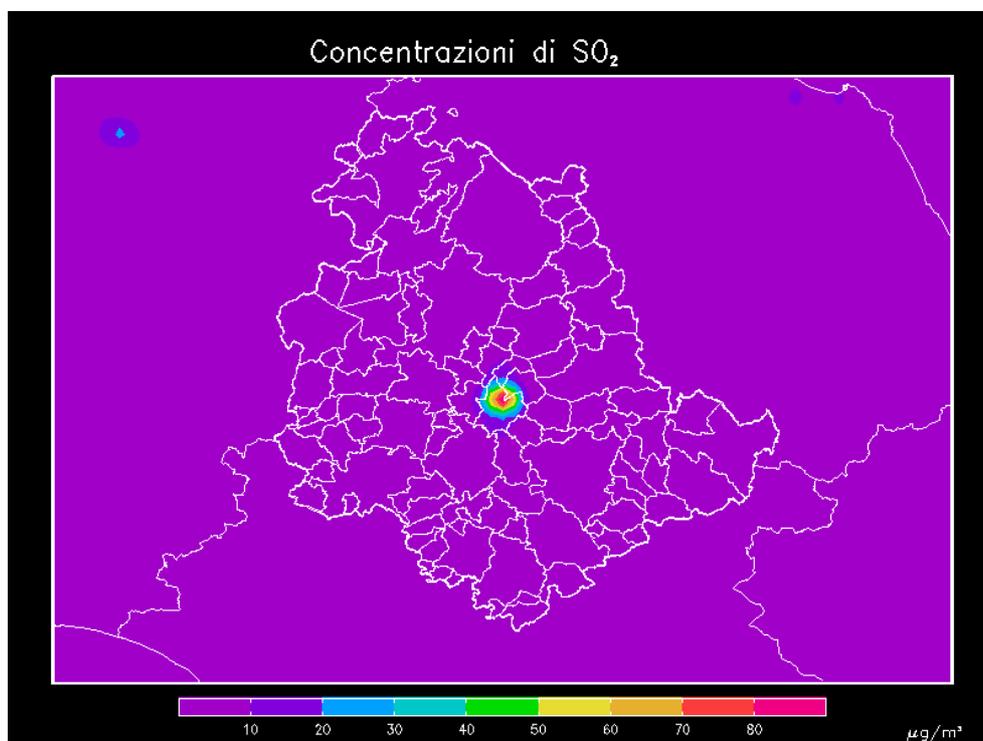


Figura 5.20: Concentrazione media annua per il SO₂

Analizzando tutti gli altri indici di legge, media oraria e media giornaliera (figure da 5.21 a 5.25), si evidenzia come anche per la protezione della salute l'area critica è nei pressi della sorgente puntuale. Sia i limite che le soglie di valutazione risultano superate nell'area intorno all'impianto di produzione di energia elettrica in un'area di circa 15x20 km².

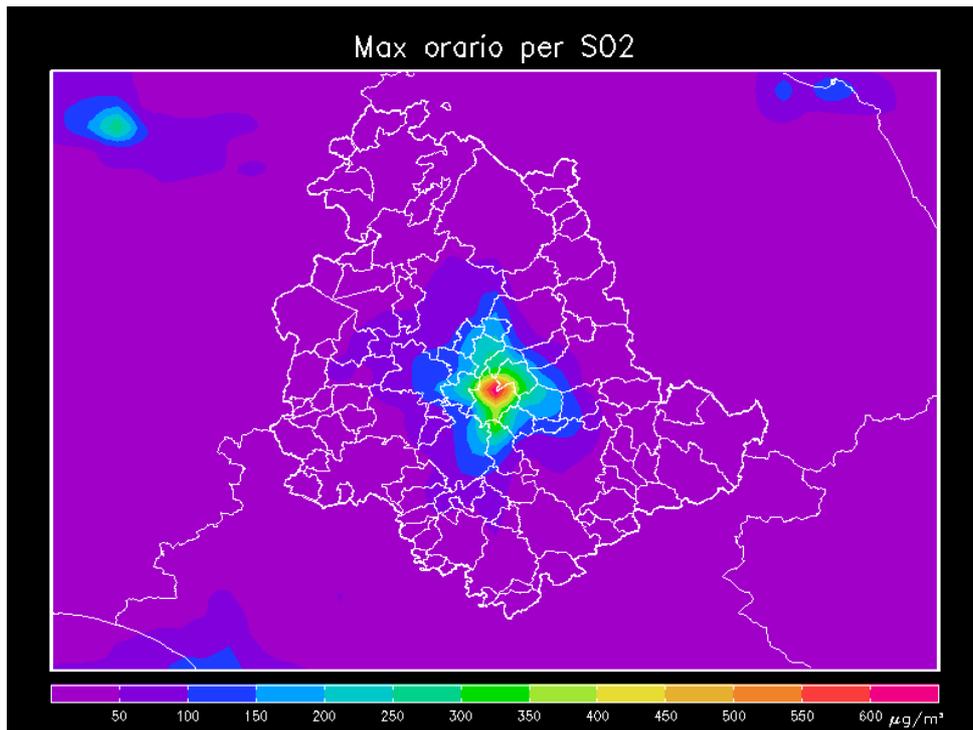


Figura 5.21: Concentrazione massima oraria per il SO₂

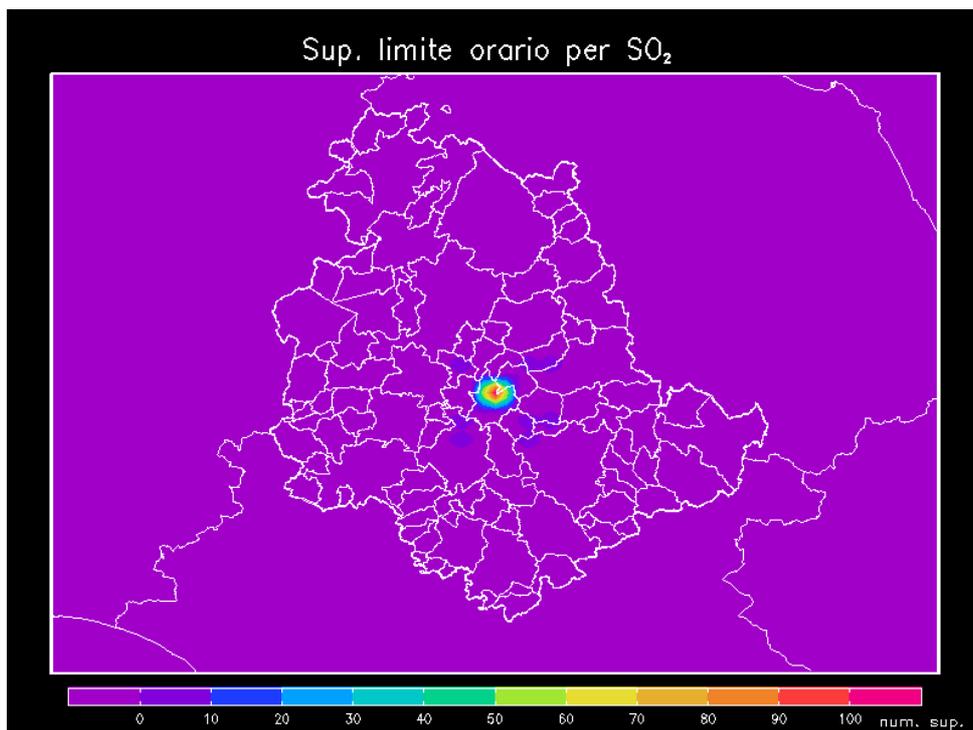


Figura 5.22: Numero superamenti del limite della media 1H per il SO₂

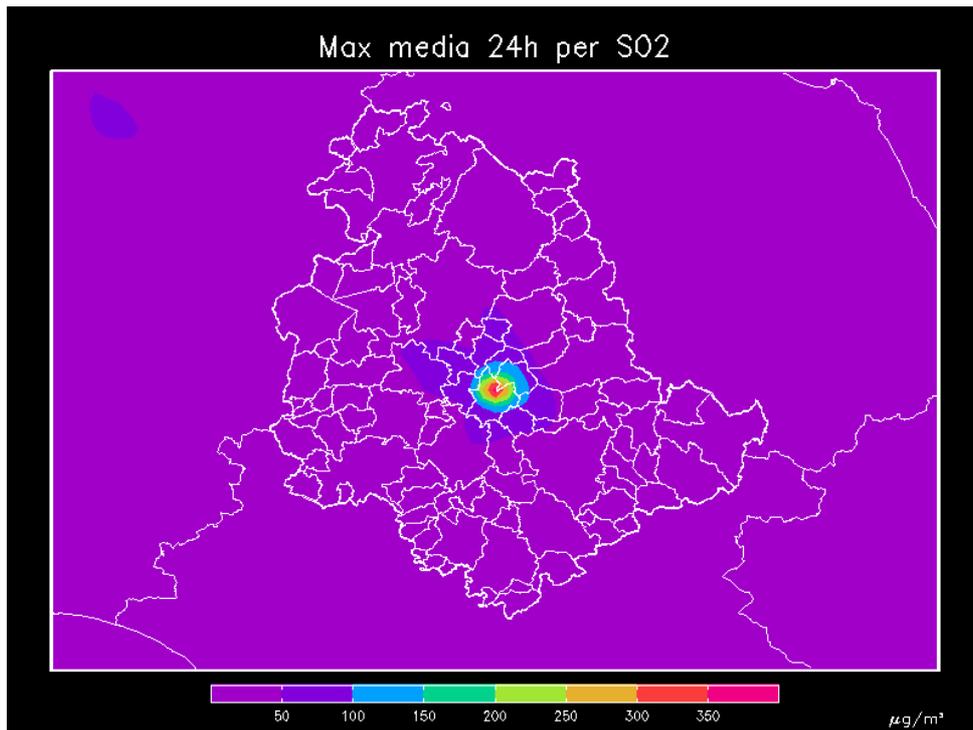


Figura 5.23: Concentrazione massima della media 24H per il SO₂

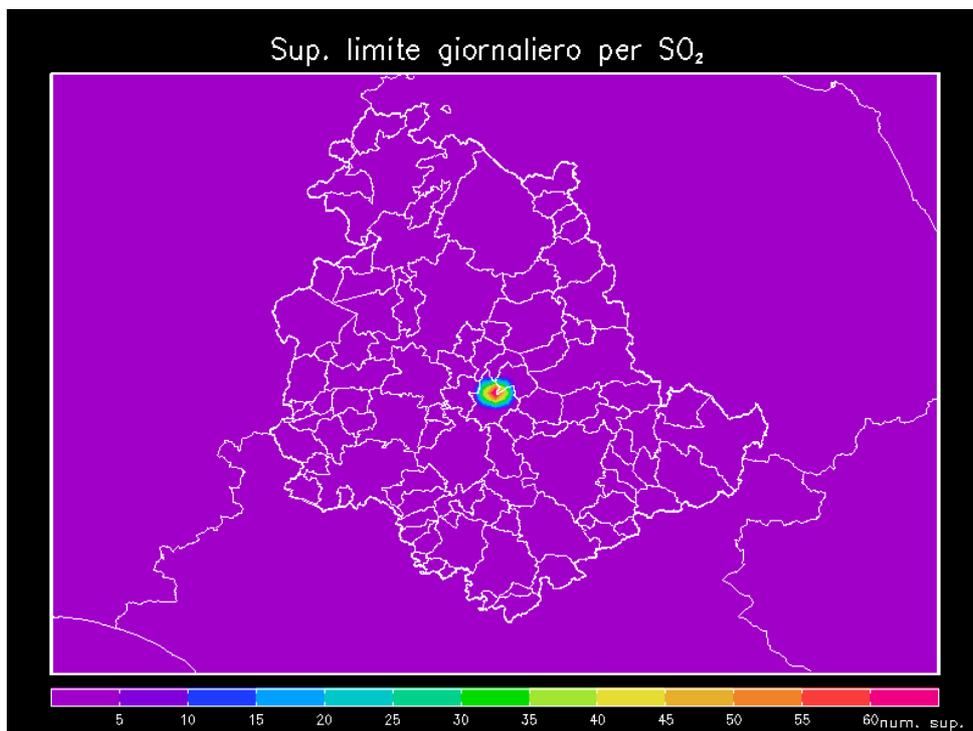


Figura 5.24: Numero superamenti del limite della media 24H per il SO₂

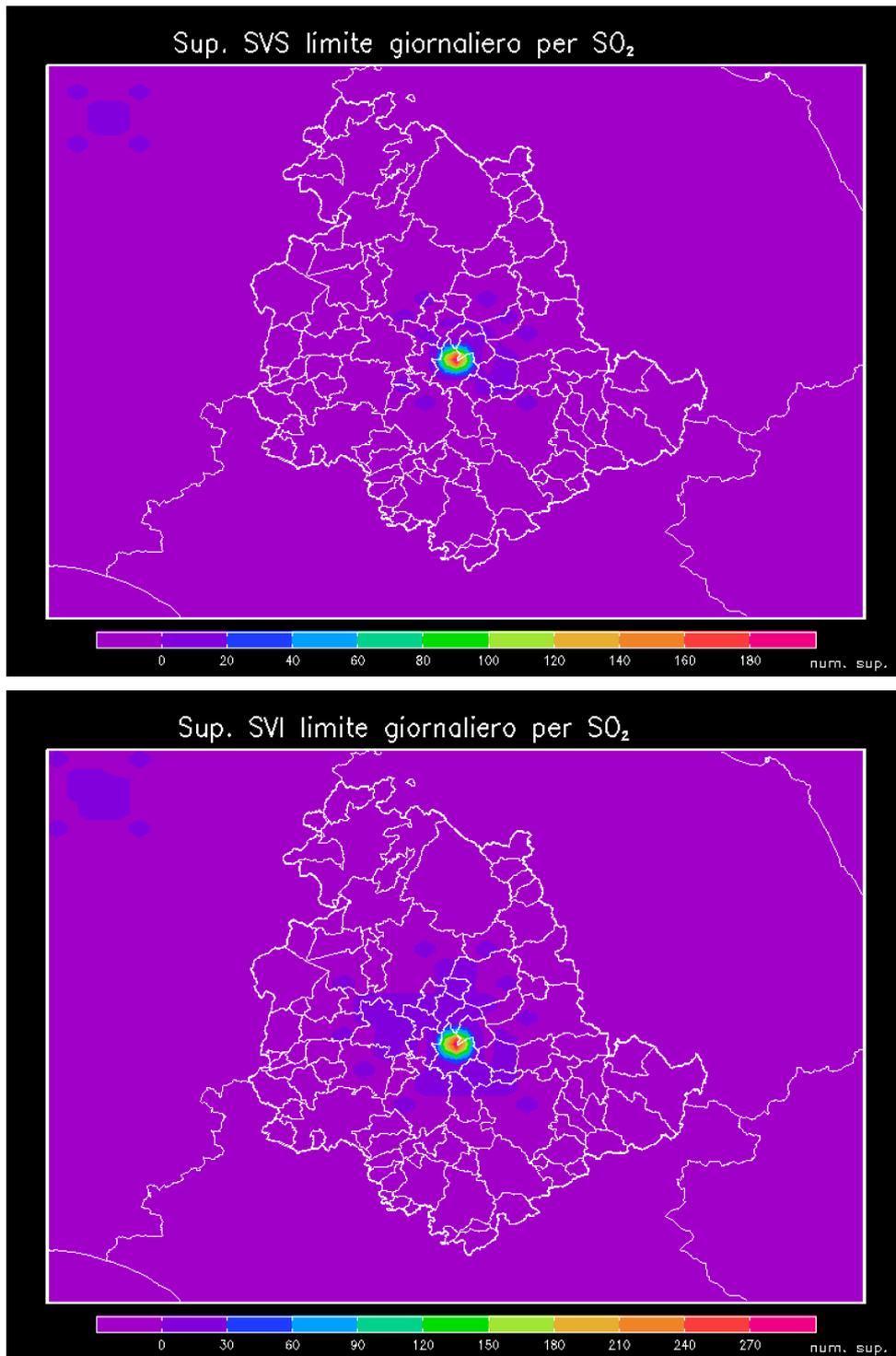


Figura 5.25: Numero superamenti della soglia di valutazione superiore (sopra) e inferiore (sotto) della media 24H per il SO₂

6. SCENARIO EMISSIVO BASE METALLI E IPA

Ad oggi non esistono standard modellistici per la valutazione delle concentrazioni al suolo per i metalli e idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Pertanto, come indicato anche dalla normativa, l'individuazione di zone si può basare, tra l'altro, sulle emissioni.

Nel presente capitolo viene, quindi, presentata un'analisi a scala comunale delle emissioni principali dei metalli e IPA.

Le analisi riportate sono state attuate a partire dai dati di emissioni per l'anno 2007 presenti nell'IRE, le elaborazioni dei dati emissivi su un grigliato di 1x1 km è stata realizzata con la collaborazione delle ditte Techne Consulting

Nelle figure da 6.1 a 6.6 sono mostrate le mappe delle emissioni annue per il 2007 relativi allo scenario emissivo base rielaborate su scala comunale.

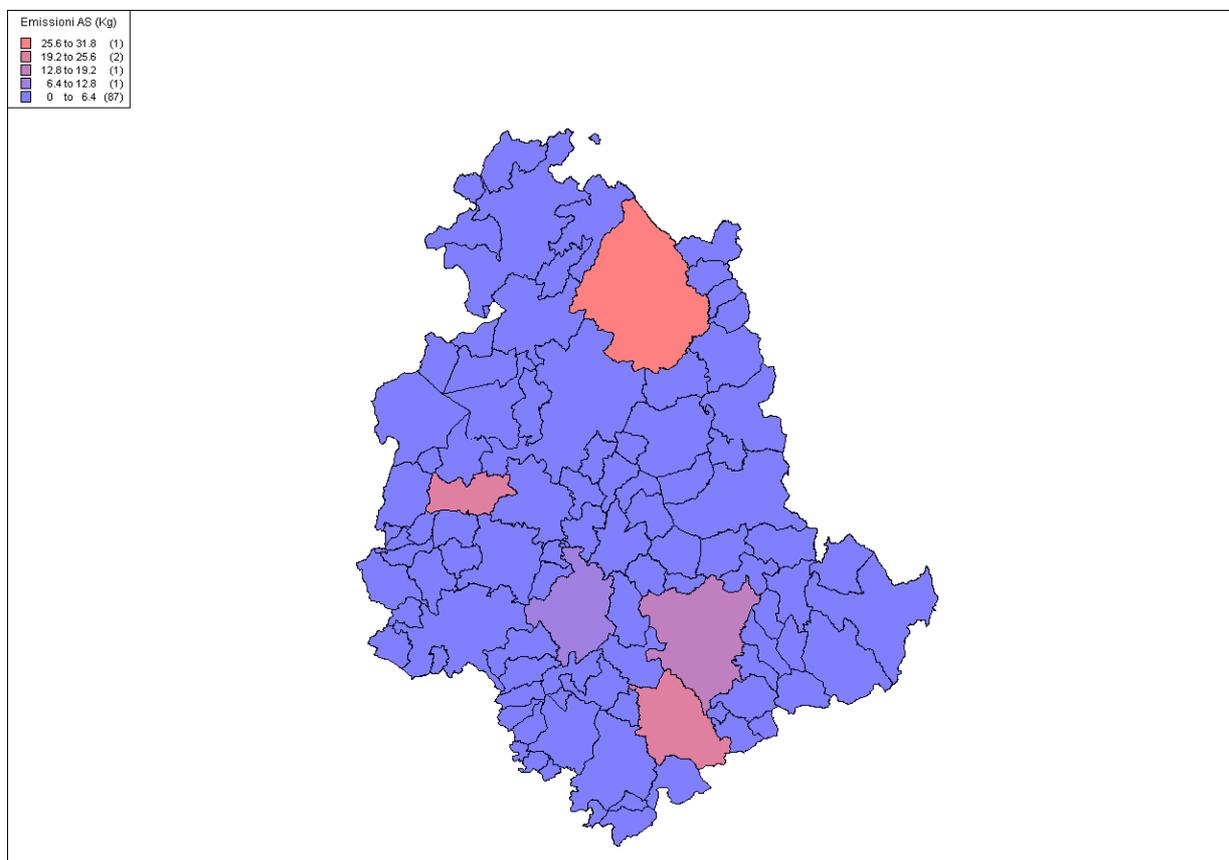


Figura 6.1: Emissioni di Arsenico Umbria

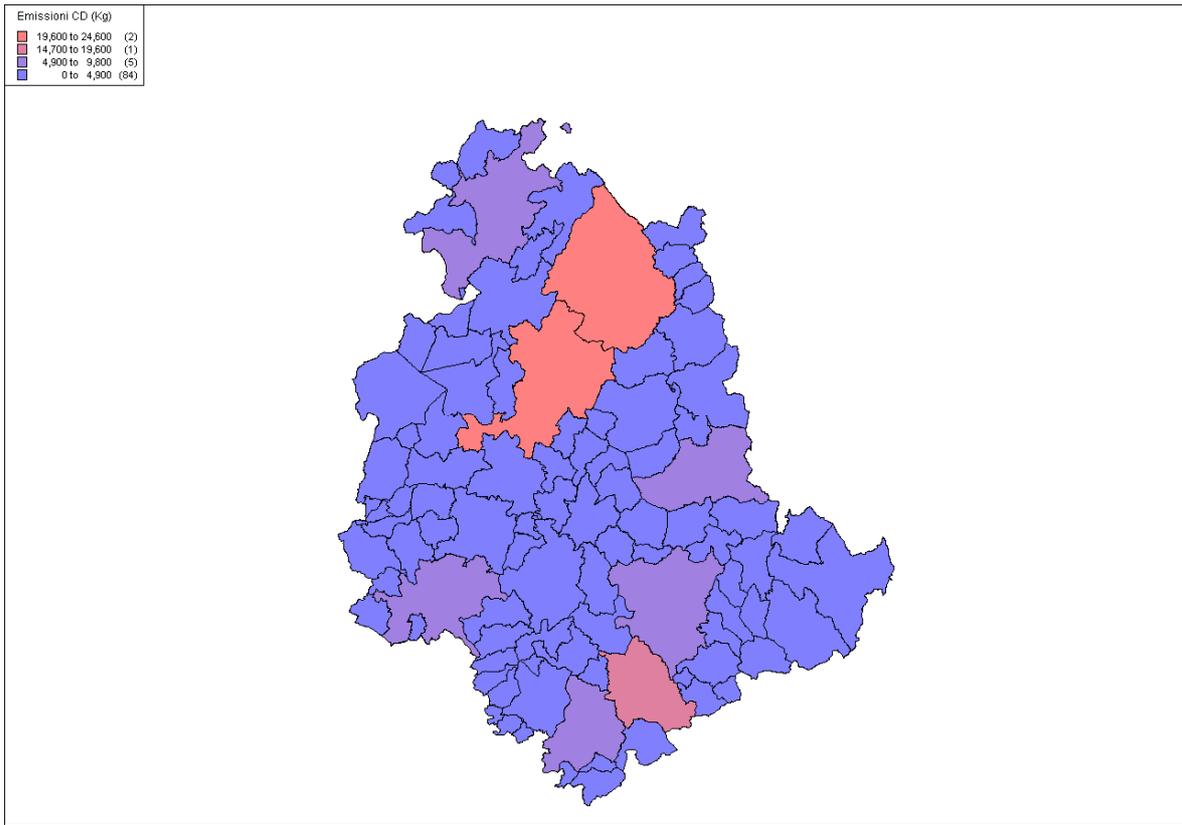


Figura 6.2: Emissioni di Cadmio Umbria

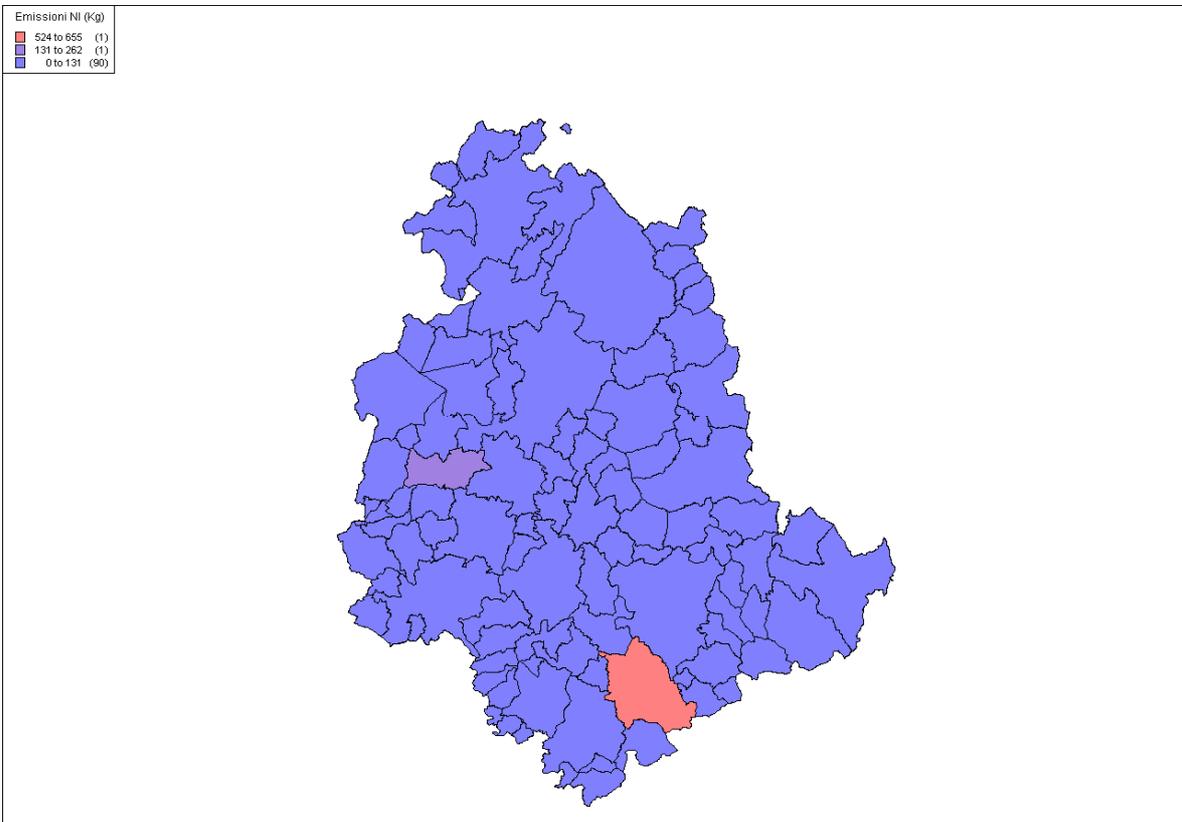


Figura 6.3: Emissioni di Nichel Umbria

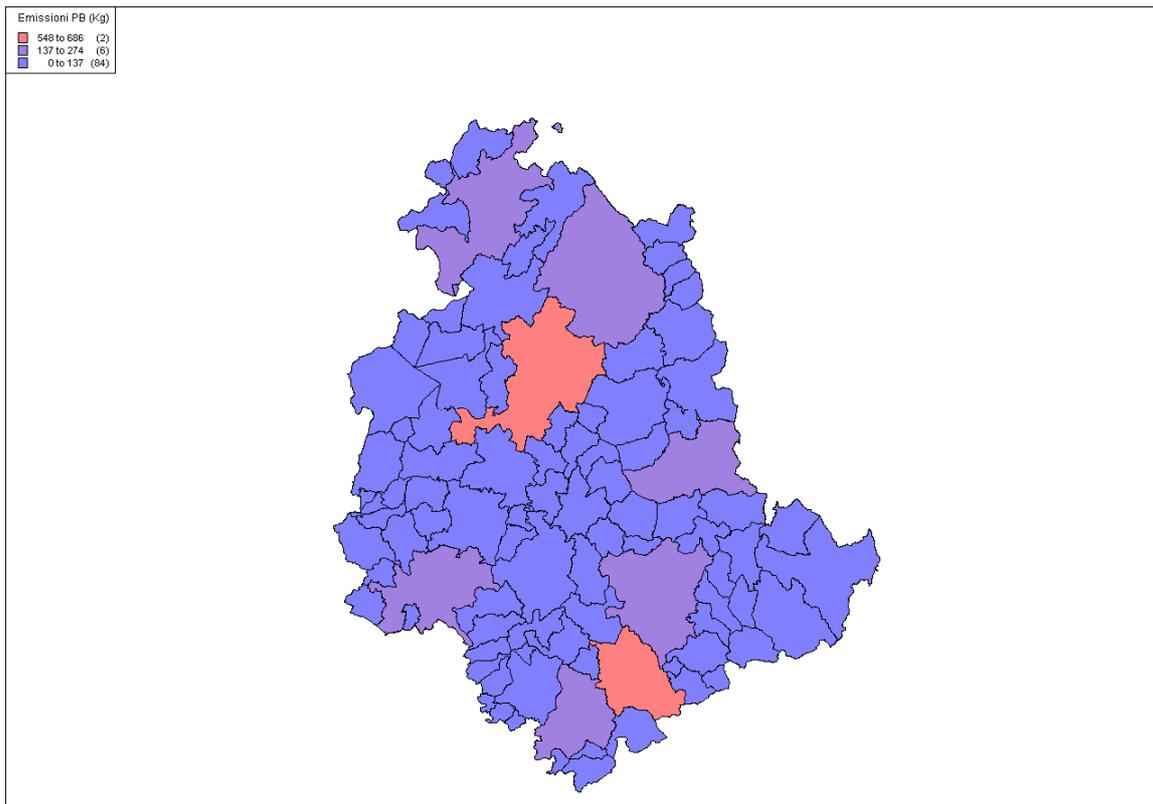


Figura 6.4: Emissioni di Piombo Umbria

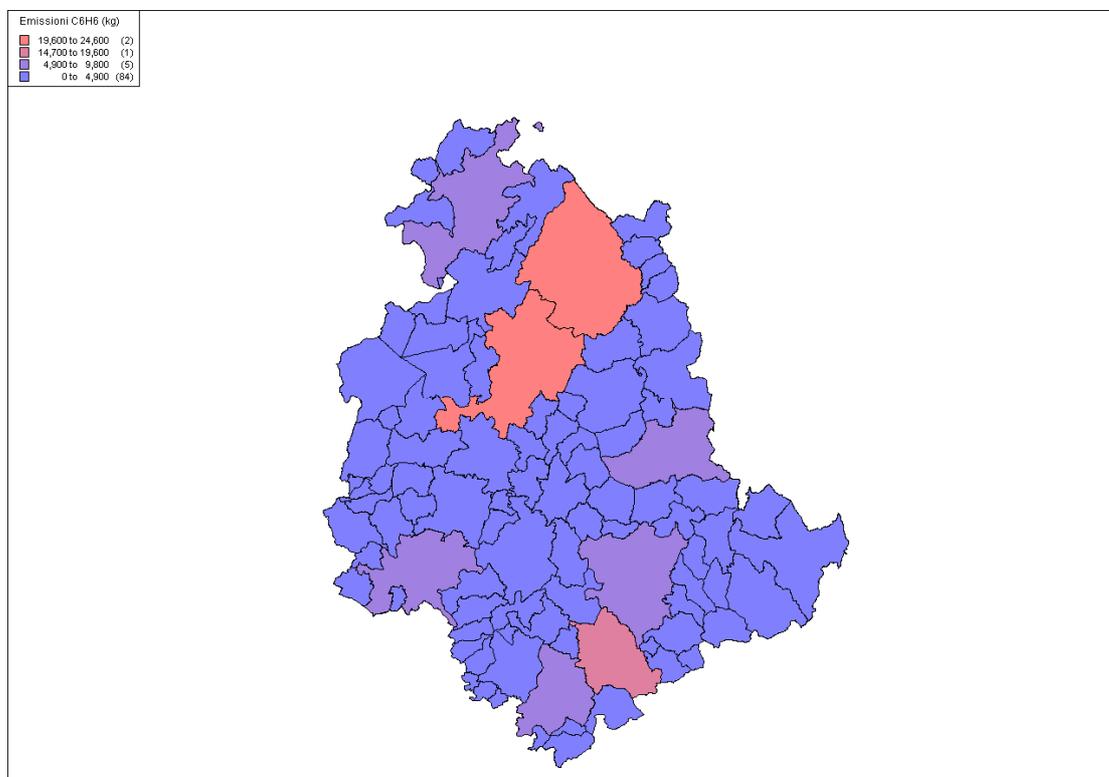


Figura 6.5: Emissioni di Benzene Umbria

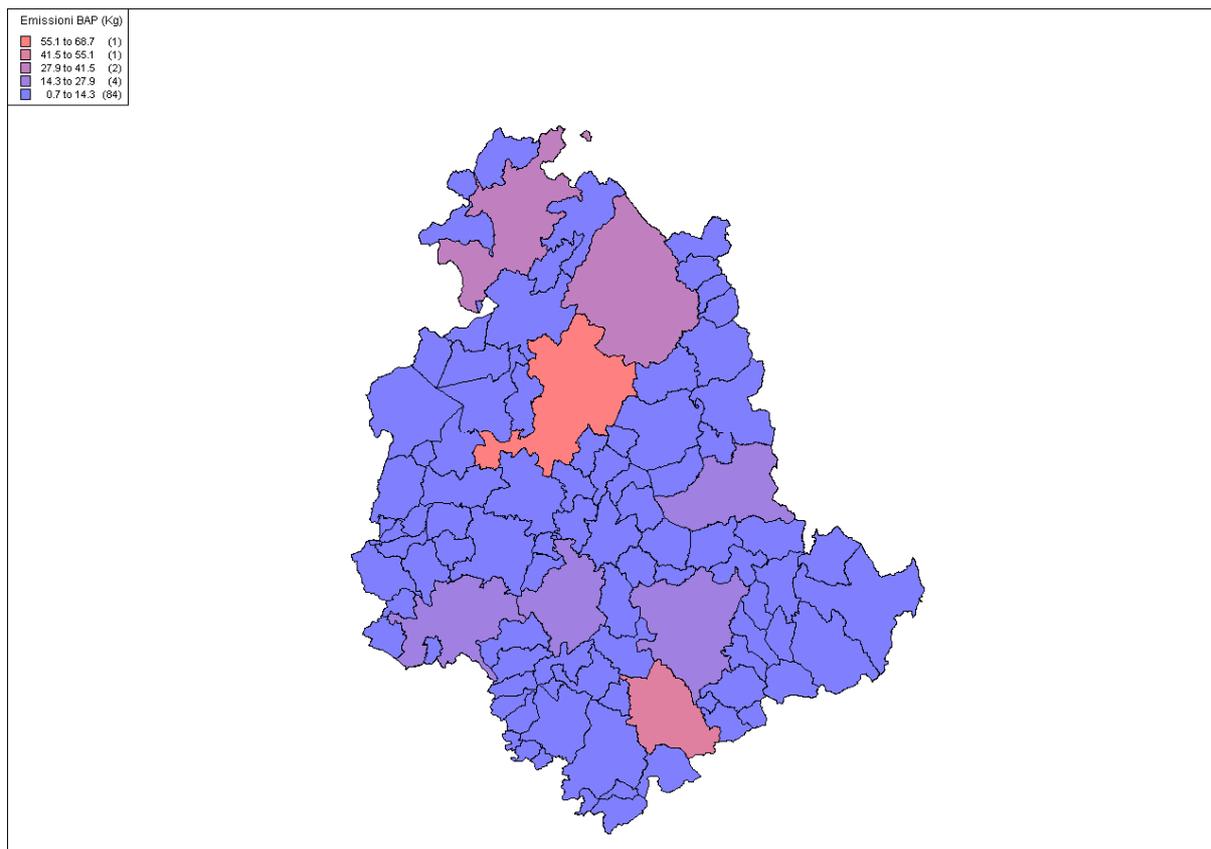


Figura 6.6: Emissioni di Benzo(a)pirene Umbria

Come si può osservare dalle immagini i comuni interessati dalle emissioni maggiori, relativamente alle emissioni totali regionali, sono i comuni con impatto antropico da forte urbanizzazione, da presenza delle principali infrastrutture di trasporto (sia regionali che nazionali) e da presenza di importati sorgenti industriali

7. INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE DI CUI ALL'ALLEGATO II E APPENDICE I DEL D.Lgs. 155/2010

In questo capitolo sono stati elaborati e presentati i valori di emissione dell'inventario, già presentati nei capitoli precedenti, al fine di elaborare una proposta di zonizzazione del territorio per la salute umana che tenga conto di queste pressioni. Come indicato nell'Appendice I del DLgs. 155/2010, il carico emissivo è uno dei possibili parametri utilizzabili per la zonizzazione; dato il suo inconfutabile legame con la qualità dell'aria si è scelto questo come caratteristica predominante per individuare le zone omogenee del territorio regionale.

Questo viene fatto per tutti gli inquinanti indicati dalla normativa nell'allegato II del d.lgs. 155/2010, ovvero biossido di zolfo, biossido di azoto, particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}), piombo, benzene, monossido di carbonio, arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene. Oltre a questi rimane l'ozono (O₃) il quale, essendo un inquinante secondario, ovvero che non viene direttamente emesso ma si forma in atmosfera a seguito di reazioni chimico-fisico con gli altri inquinanti già presenti in aria, deve essere analizzato in maniera differente.

Per realizzare tale suddivisione in zone omogenee per il carico emissivo, si è scelto di approfondire l'analisi delle emissioni di NO_x in quanto questo è l'inquinante maggiormente rappresentativo delle principali pressioni emissive antropiche che già avevano determinato la zonizzazione precedente (ovvero il traffico, il riscaldamento e le attività industriali) e che sono alla base dell'elaborazione di questa proposta.

Per avere un buon dettaglio spaziale che possa dare informazioni anche alle scale relative ai tanti piccoli comuni umbri, è stata usata la disaggregazione dell'IRE su di un reticolo a maglia quadrata di lato 1 km x 1km.

Analizzando la distribuzione statistica delle emissioni di queste celle, si pone il primo problema in quanto, così come mostrato negli indicatori della tabella 7.1 e dall'istogramma in figura 7.1 si ha a che fare con una distribuzione praticamente tutta schiacciata verso i valori inferiori, con un valor medio pari a 3,58 Mg/anno, e con poche altre celle che mostrano valori più alti della media di tre ordini di grandezza.

Quindi, la semplice analisi della distribuzione dei valori di emissione per l'individuazione di una soglia utile per selezionare le aree con caratteristiche omogenee relativamente alle pressioni antropiche, è poco indicativa in quanto fortemente perturbata da un esiguo numero di celle con grossi volumi emessi causato dalla presenza di sorgenti puntuali.

Nella figura 7.2 viene mostrata un'analogia distribuzione ma con una scala dei valori di emissione linearizzata tra 0 e 20 Mg/a: si vede come ancora il grande numero di celle con basse emissioni non permetta di valutare efficacemente la presenza di strutture di aggregazione dei dati ma, oltre a ciò, si nota come, all'estrema destra del grafico con valori di emissione maggiori a 20 Mg/a, inizino a vedersi le celle con le emissioni puntuali.

È stata fatta quindi un'ulteriore analisi statistica attraverso i valori percentili della distribuzione delle emissioni di NO_x. Questa è riportata in tabella 7.2 e graficata in figura 7.3. Anche da questa è evidente come la maggior parte delle celle abbia valori bassi con poche celle che contengono emissioni decisamente più elevate e questo è, di nuovo, dovuto alla grande estensione delle zone non antropizzate rispetto a quelle antropizzate.

Sempre da quest'ultimo grafico, si possono fare ulteriori considerazioni. Infatti, si vede come fino al 60°-70° percentile i valori di emissione non cambino sostanzialmente per poi avere un incremento deciso verso i valori più alti intorno al 90° - 95° percentile. Per questo, è stata fatta la scelta di usare il 95° percentile come soglia e graficare le celle con valori di emissione maggiori al rispettivo valore, ovvero superiori a 9.7 Mg/a.

Il risultato è mostrato in figura 7.4. È evidente come tale soglia individui le aree con le emissioni dei più grossi centri urbani e delle principali vie di collegamento stradali.

Tabella 7.1: Indicatori statistici dei valori di emissione di NO_x e PM₁₀

	NO_x Mg/a	PM₁₀ Mg/a
Massimo	4704,84	168,46
Minimo	0,00	0,00
Valor medio	3,58	0,65
Mediana	0,35	0,22
Deviazione standard	63,81	3,16

Tabella 7.2: Valori dei percentili di NO_x

Percentile	NO_x Mg/a	PM₁₀ Mg/a
0%	0.0	0.00
10%	0.0	0.04
20%	0.0	0.08
30%	0.1	0.13
40%	0.2	0.17
50%	0.3	0.22
60%	0.6	0.29
70%	0.9	0.38
80%	1.6	0.58
90%	4.5	1.18
95%	9.7	2.17
98%	22.9	4.67
100%	4703.8	168.46

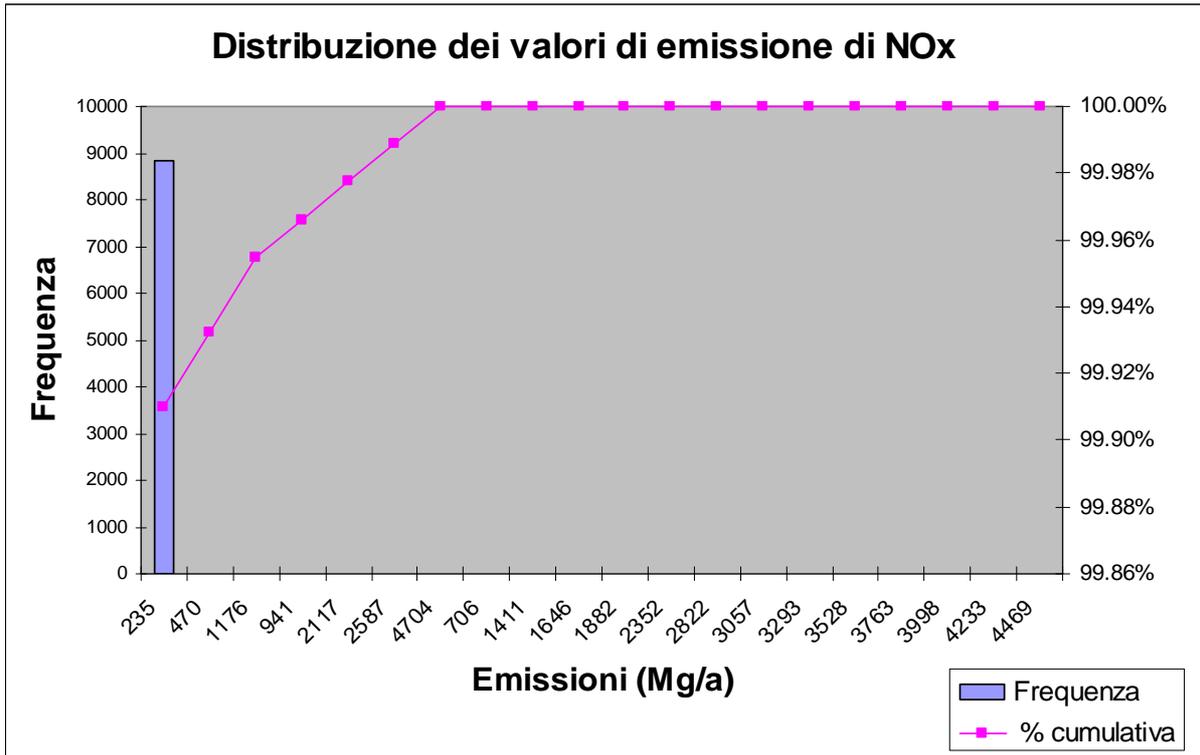


Figura 7.1: Distribuzione dei valori di emissione di NOx

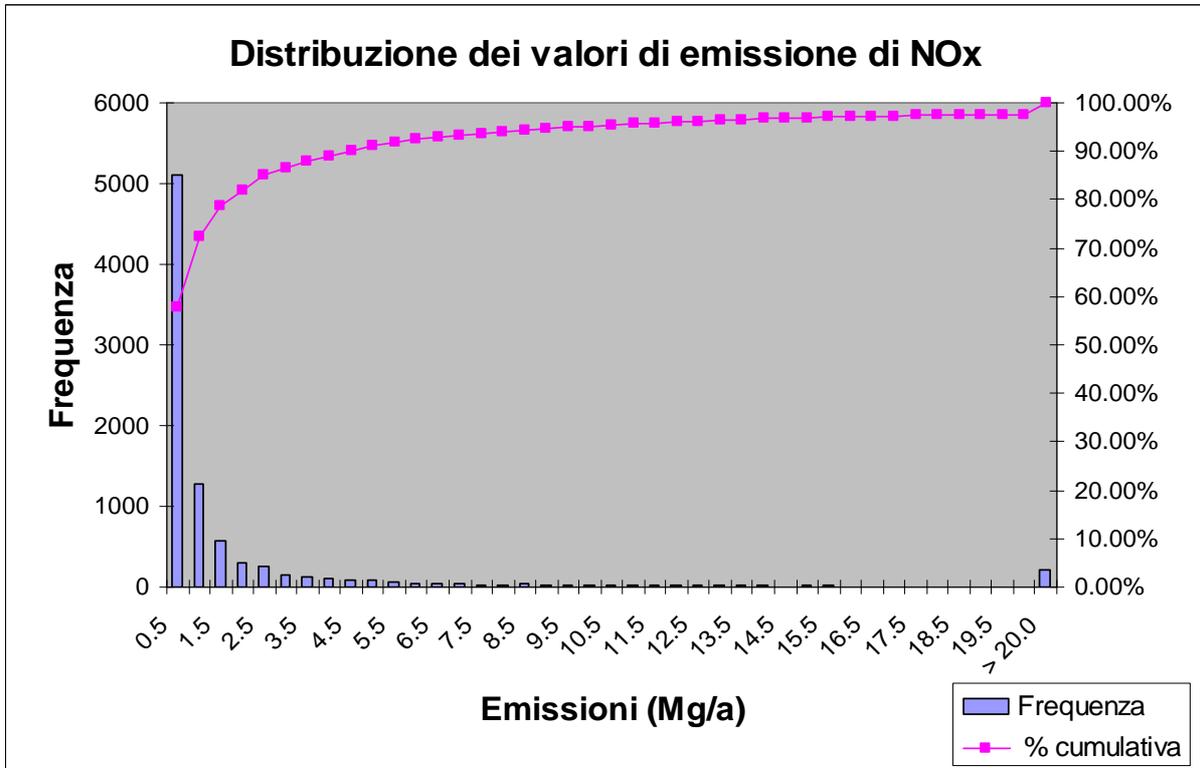


Figura 7.2: Distribuzione dei valori di emissione di NOx tra 0 e 20 Mg/a

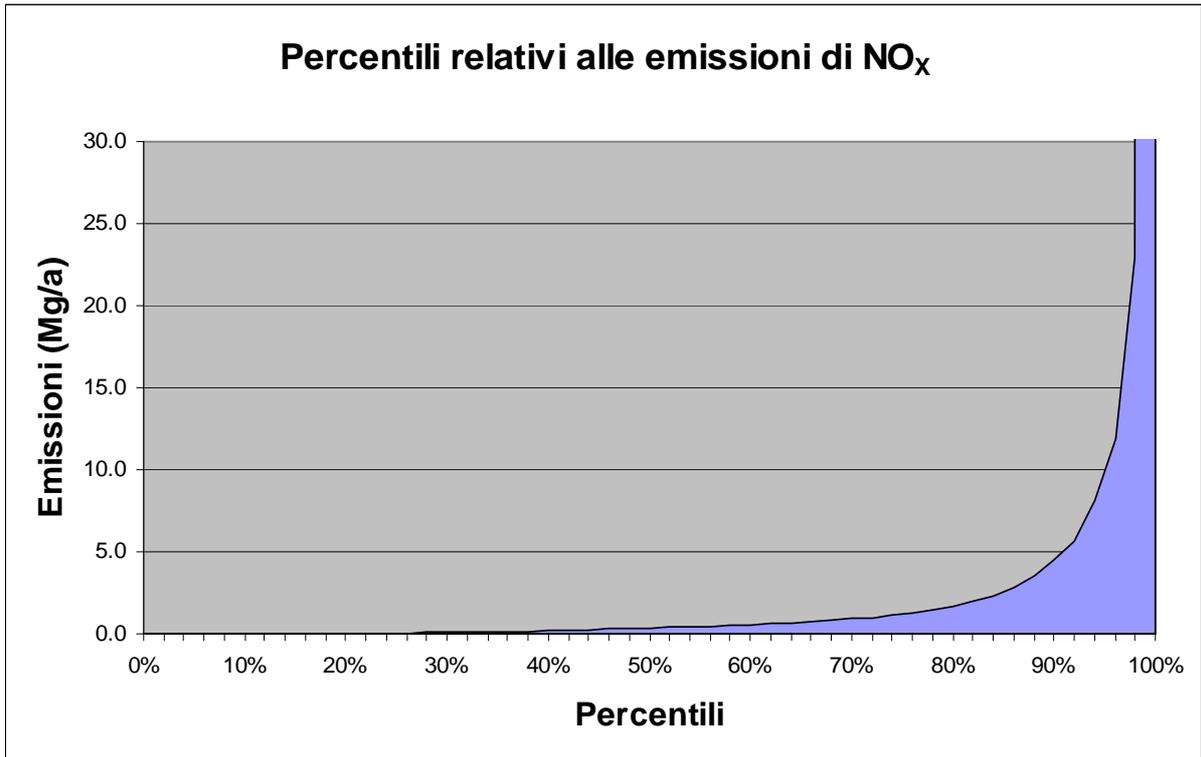


Figura 7.3: Percentili della distribuzione di valori d'emissione di NO_x

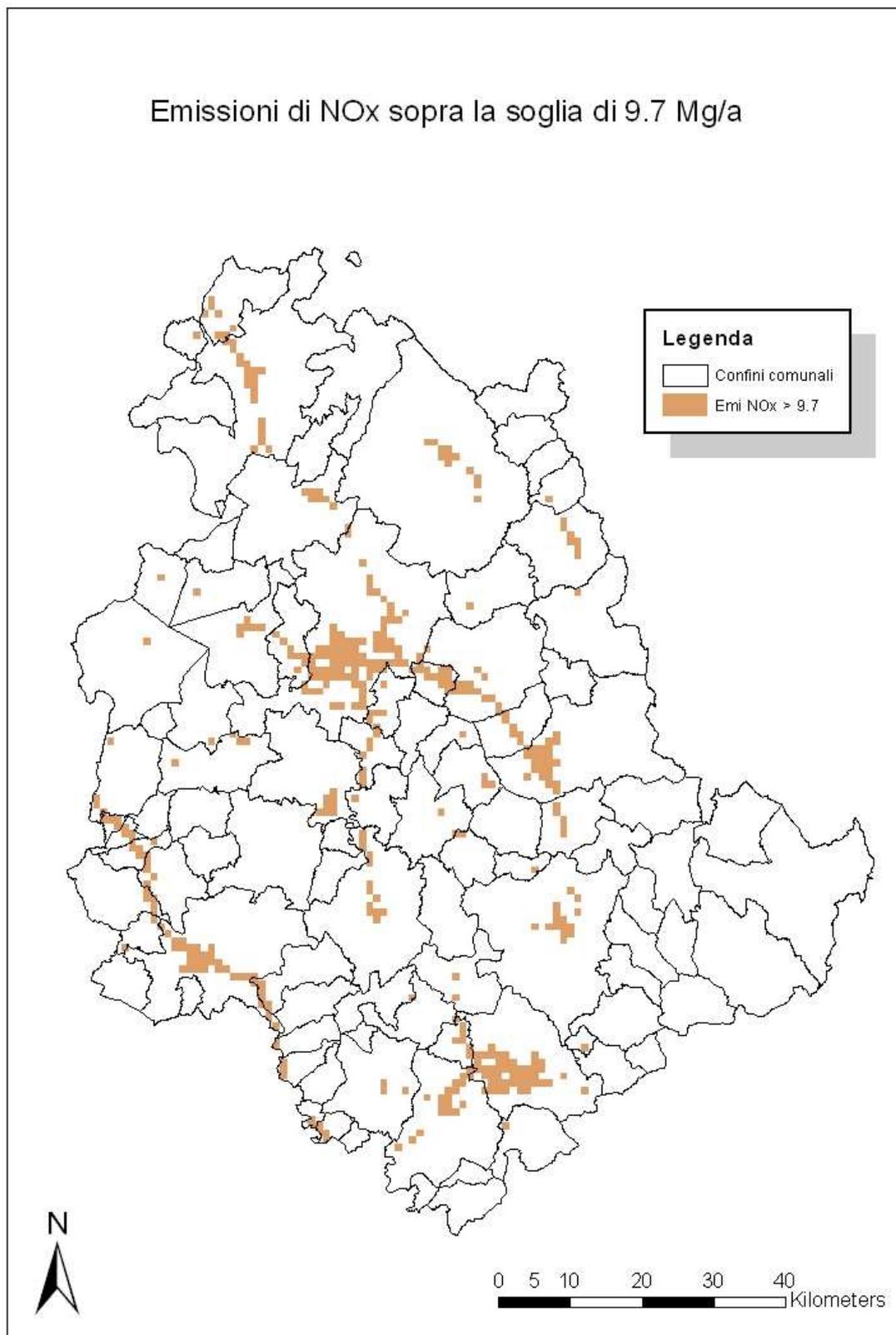


Figura 7.4: Celle con emissioni di NO_x superiori al 95° percentile (9.7 Mg/a)

Proposta nuove zone sulla base della pressione emissiva

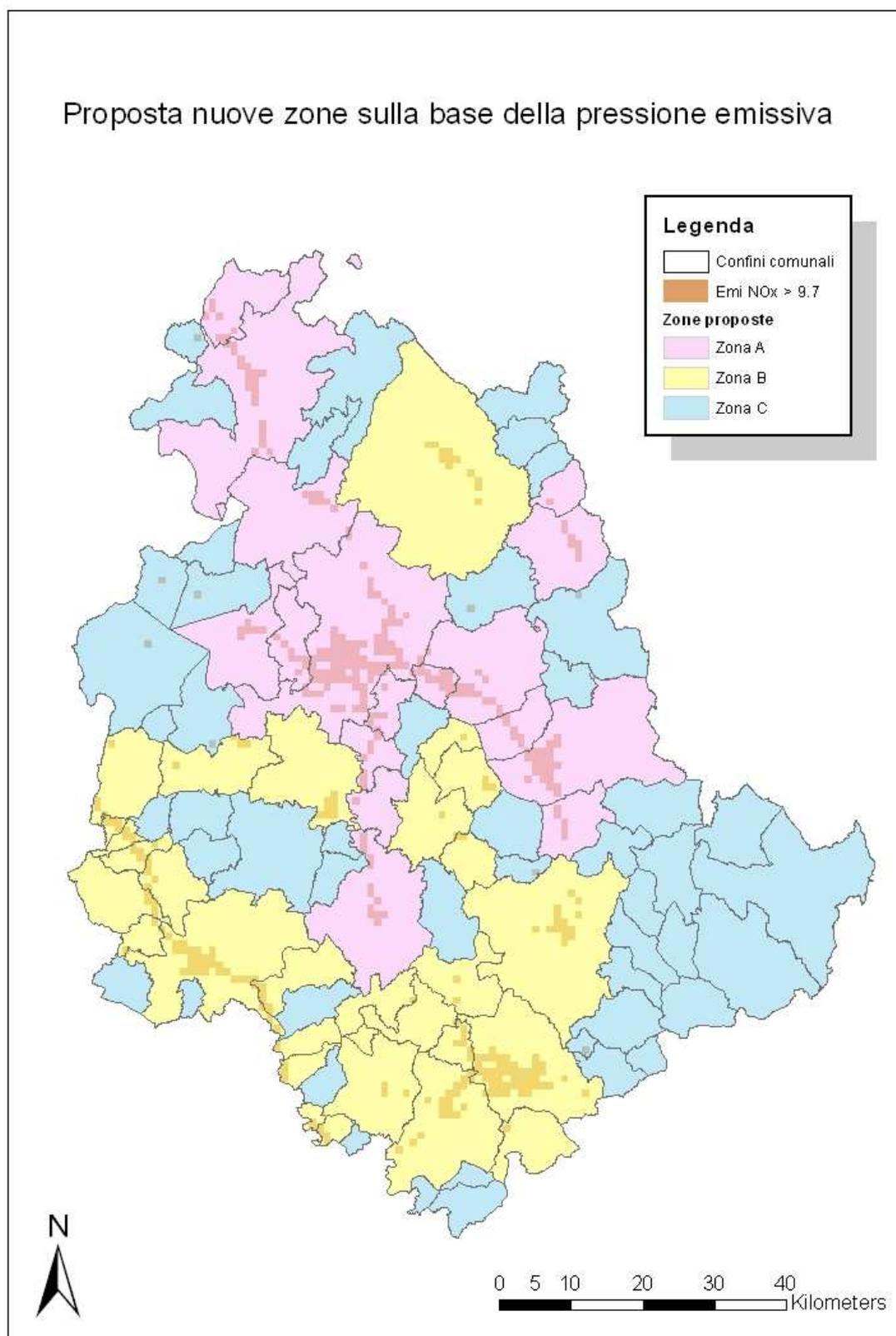


Figura 7.4: Proposta di nuova zonizzazione basata sull'analisi delle pressioni emissive

Tabella 7.3: Proposta di classificazione: comuni ricadenti nelle zone A e B.

Comune	Provincia	Cod. ISTAT	Zona
Assisi	PG	10054001	A
Bastia Umbra	PG	10054002	A
Città di Castello	PG	10054013	A
Collazzone	PG	10054014	A
Corciano	PG	10054015	A
Deruta	PG	10054017	A
Foligno	PG	10054018	A
Fossato di Vico	PG	10054019	A
Gualdo Tadino	PG	10054023	A
Magione	PG	10054026	A
Perugia	PG	10054039	A
San Giustino	PG	10054044	A
Spello	PG	10054050	A
Todi	PG	10054052	A
Torgiano	PG	10054053	A
Trevi	PG	10054054	A
Umbertide	PG	10054056	A
Acquasparta	TR	10055001	B
Allerona	TR	10055002	B
Alviano	TR	10055003	B
Amelia	TR	10055004	B
Attigliano	TR	10055006	B
Avigliano	TR	10055033	B
Baschi	TR	10055007	B
Bevagna	PG	10054004	B
Cannara	PG	10054006	B
Castel Viscardo	TR	10055010	B
Città della Pieve	PG	10054012	B
Fabro	TR	10055011	B
Ficulle	TR	10055013	B
Giano dell'Umbria	PG	10054021	B
Giove	TR	10055014	B
Gualdo Cattaneo	PG	10054022	B
Guarda	TR	10055015	B
Gubbio	PG	10054024	B
Marsciano	PG	10054027	B
Montecastrilli	TR	10055017	B
Narni	TR	10055022	B
Orvieto	TR	10055023	B
Piegara	PG	10054040	B
San Gemini	TR	10055029	B
Spoletto	PG	10054051	B
Stroncone	TR	10055031	B
Terni	TR	10055032	B

Quindi, la scelta del 95° percentile risulta essere adatta per poter selezionare le principali aree con maggiori pressioni antropiche rispetto ad una distribuzione caratteristica regionale di aree collinari e montane molto estese con bassa antropizzazione e isole fortemente urbanizzate, prevalentemente in pianure e nelle vallate, e con presenza di attività industriale e grosse infrastrutture di trasporto su strada nazionali e regionali.

A questo punto, al fine di effettuare una scelta operativa di raggruppamento dei comuni in zone omogenee dal punto di vista delle pressioni emissive, sono stati selezionati tutti i comuni nei quali fossero presenti più di una cella con un valore di emissione di NO_x superiore al 95° percentile, ovvero maggiore a 9.7 Mg/a. È stato quindi fatto un confronto con le emissioni di PM₁₀ trattate con analogo criterio e tutti i comuni selezionati con la metodologia precedentemente descritta risultano avere analoghe alte emissioni di PM₁₀.

Partendo da questa analisi si è scelto di fare riferimento come unità territoriale minima ai confini amministrativi. I comuni selezionati sono stati divisi in più zone a seconda delle tipologie di sorgenti di emissione principali contenute nel limite del comune. In particolare è stata individuata una prima zona (zona A) con emissioni provenienti principalmente dalle attività antropiche urbane come il riscaldamento o il traffico su strade regionali. Una seconda zona (zona B) con le emissioni principali dovute a grosse industrie o stabilimenti oppure dovute ad arterie di comunicazione di competenza nazionale, in particolare il tratto autostradale. Infine, una terza zona (zona C) caratterizzata da comuni con basso impatto antropico presente sul proprio territorio. Nella figura 7.4 sono mostrate queste aree mentre nella tabella 7.3 è riportato l'elenco dei comuni ricadenti nelle sole zone A e B (tutti i comuni non presenti in questa tabella, appartengono alla zona C).

Basandoci sulla scelta delle zone effettuata con i criteri appena esposti, occorre ora, secondo la normativa, classificare tali aree secondo i valori che gli inquinanti da considerare hanno assunto confrontati con le rispettive soglie di valutazione.

Per far questo, sono stati raccolti e aggregati tutti i risultati dei monitoraggi dell'attuale Rete Regionale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria che presenta centraline in alcuni dei comuni della regione. Nelle tabelle da 7.4 a 7.6 sono riportati i risultati di questi monitoraggi; le valutazioni, ove non indicato esplicitamente, sono state fatte su dati di cinque anni dal 2005 al 2009.

Tabella 7.4: Analisi dei monitoraggi nei comuni di Perugia e Torgiano.

Inquinante	Comune di Perugia			Comune di Torgiano (i dati sono del 2008-2009 e per il PM10 del solo 2009)		
	< SVI	SVI < x < SVS	> SVS	< SVI	SVI < x < SVS	> SVS
PM ₁₀			X ^{(1) e (2)}	X ⁽¹⁾	X ⁽²⁾	
PM _{2,5}			X	n.d.	n.d.	n.d.
NO ₂			X ^{(1) e (3)}	X ^{(1) e (3)}		
SO ₂	X			n.d.	n.d.	n.d.
CO		X		n.d.	n.d.	n.d.
Benzene			X	X		
Piombo	X			n.d.	n.d.	n.d.
Arsenico	X			n.d.	n.d.	n.d.
Cadmio	X			n.d.	n.d.	n.d.
Nichel	X			n.d.	n.d.	n.d.
Benzo(a)pirene		X		n.d.	n.d.	n.d.

Tabella 7.5: Analisi dei monitoraggio nei comuni di Spoleto e Foligno.

Inquinante	Comune di Spoleto			Comune di Foligno (i dati sono del 2008-2009 e per il Metalli e B(a)P del solo 2009)		
	< SVI	SVI < x < SVS	> SVS	< SVI	SVI < x < SVS	> SVS
PM ₁₀		X ⁽¹⁾	X ⁽²⁾			X ^{(1) e (2)}
PM _{2,5}		X		n.d.	n.d.	n.d.
NO ₂		X ⁽³⁾	X ⁽¹⁾	X ^{(1) e (3)}		
SO ₂	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CO	X			X		
Benzene	X			X		
Piombo	n.d.	n.d.	n.d.	X		
Arsenico	n.d.	n.d.	n.d.	X		
Cadmio	n.d.	n.d.	n.d.	X		
Nichel	n.d.	n.d.	n.d.	X		
Benzo(a)pirene	n.d.	n.d.	n.d.			X

Tabella 7.6: Analisi dei monitoraggio nel comune di Gubbio.

Inquinante	Comune di Gubbio (i dati sono del 2008-2009 e per il Metalli e B(a)P del solo 2009)		
	< SVI	SVI < x < SVS	> SVS
PM ₁₀			X ^{(1) e (2)}
PM _{2,5}	n.d.	n.d.	n.d.
NO ₂	X ^{(1) e (3)}		
SO ₂	n.d.	n.d.	n.d.
CO	X		
Benzene	X		
Piombo	X		
Arsenico	X		
Cadmio	X		
Nichel	X		
Benzo(a)pirene		X	

(1) in riferimento alla media annua

(2) in riferimento alla media 24H

(3) in riferimento alla media 1H

Tabella 7.7: Analisi dei monitoraggio nei comuni di Terni e Narni.

Inquinante	Comune di Terni			Comune di Narni		
	< SVI	SVI < x < SVS	> SVS	< SVI	SVI < x < SVS	> SVS
PM ₁₀			X ^{(1) e (2)}			X ^{(1) e (2)}
PM _{2,5}			X	n.d.	n.d.	n.d.
NO ₂		X ⁽³⁾	X ⁽¹⁾	X ⁽³⁾	X ⁽¹⁾	
SO ₂	X			n.d.	n.d.	n.d.
CO		X		n.d.	n.d.	n.d.
Benzene		X		X		
Piombo	X			n.d.	n.d.	n.d.
Arsenico	X			n.d.	n.d.	n.d.
Cadmio	X			n.d.	n.d.	n.d.
Nichel			X	n.d.	n.d.	n.d.
Benzo(a)pirene			X	n.d.	n.d.	n.d.

(1) in riferimento alla media annua - (2) in riferimento alla media 24H - (3) in riferimento alla media 1H

Con questi monitoraggi è possibile individuare le criticità presenti all'interno delle zone A e B rispetto ai vari inquinanti considerati nell'allegato II del D.Lgs. 155/2010. La rimanente zona C è composta da comuni nei quali non ci sono importanti emissioni di origine antropica, con il supporto delle simulazioni di modellistica mostrate nei capitoli precedenti, si possono ipotizzare alcune aree di criticità legate alle concentrazioni al suolo prodotte prevalentemente dalle piccole aree urbanizzate ma anche dalle possibili ricadute di sorgenti presenti nei comuni limitrofi.

Si vede come i comuni di Perugia e Terni siano quelli con le condizioni peggiori nelle rispettive zone e che, perciò, determinano la classificazione dell'intera zona anche secondo le indicazioni metodologiche che il MATTM ha comunicato alle Regioni.

Nella tabella 7.8 è riportata, infine, la sintesi delle criticità e, quindi, la classificazione delle tre zone rispetto agli inquinanti previsti dalla normativa; per la zona C le valutazioni sulle concentrazioni al suolo si basano esclusivamente sulle valutazioni modellistiche e pertanto non sono disponibili dati sui metalli e IPA.

Tabella 7.8: Tabella riassuntiva della classificazione delle tre zone per inquinante di cui all'allegato V del d.lgs. 155/2010

	Zona A	Zona B	Zona C
PM ₁₀	> SVS	> SVS	SVI < x < SVS
PM _{2,5}	> SVS	> SVS	> SVS
NO ₂	> SVS	> SVS	SVI < x < SVS
SO ₂	< SVI	< SVI	< SVI
CO	SVI < x < SVS	SVI < x < SVS	< SVI
Benzene		SVI < x < SVS	
Piombo	< SVI	< SVI	
Arsenico	< SVI	< SVI	
Cadmio	< SVI	< SVI	
Nichel	< SVI	> SVS	
Benzo(a)pirene	> SVS	> SVS	

Per quanto riguarda il biossido di zolfo le stazioni della Rete regionale evidenziano valori inferiori alla soglia di valutazione inferiore. Sul territorio regionale è presente un impianto di produzione di energia elettrica alimentato a carbone, va sottolineato che nei pressi dell'impianto sono presenti alcuni sistemi di monitoraggio fissi gestiti dal gestore dell'impianto stesso; analizzando i dati di monitoraggio di quattro anni (2005, 2008, 2009 e 2010) si è osservato che generalmente sono tutti inferiori alle soglie; una di queste stazioni però, pur rimanendo sotto la soglia di valutazione inferiore (tre anni su quattro lo sono), presenta un anno con superamenti del limite, della soglia inferiore e anche superiore.

La suddivisione in zone omogenee e la relativa classificazione per quanto riguarda l'inquinante ozono necessita di un discorso a parte. Questo, come già detto, è un inquinante che non ha emissioni dirette ma si forma direttamente in atmosfera reagendo con gli altri inquinanti dispersi e in presenza di irraggiamento solare. Non avendo emissioni dirette non è possibile quindi procedere con la stessa metodologia usata per gli altri inquinanti.

Per poter comunque valutare le zone dove quest'inquinante ha una maggior incidenza, viene in aiuto il modello di simulazione descritto nei paragrafi precedenti. Infatti, questo è esattamente lo strumento più idoneo per fare valutazioni di larga scala dei possibili valori di ozono presenti al suolo nel territorio e, quindi, derivare i valori che gli indici di legge assumono in un anno tipico.

Dall'analisi dei dati già mostrati nel capitolo 5 si deduce che l'intero territorio può essere inteso come un'unica zona dove viene superato l'obiettivo a lungo termine per l'ozono di cui all'allegato VII del D.Lgs. 155/2010.

Tabella 7.8: Tabella riassuntiva della zonizzazione e classificazione per l'ozono di cui all'allegato VII del D.Lgs. 155/2010.

	Zona Unica (intero territorio regionale)
Ozono	>Obiettivo a Lungo Termine

Nella tabella 7.9, come per gli altri inquinanti, si riportano i risultati dei monitoraggi effettuati con le stazioni fisse della qualità dell'aria afferenti alla rete regionale. Anche in questo caso, ove non specificato, i dati sono relativi al monitoraggio dal 2005 al 2009 e sono confrontati con l'obiettivo a lungo termine (OBL) ma anche con il valore bersaglio (VB).

Tabella 7.7: Analisi dei monitoraggi di ozono nei comuni di Perugia, Torgiano, Gubbio, Terni e Narni.

Soglie ozono per la salute umana			
Comune	< OBL	OBL < x < VB	> VB
Perugia			X
Torgiano (i dati sono del 2008-2009)			X
Gubbio (i dati sono del 2008-2009)	X		
Terni			X
Narni			X

Si osserva che il territorio regionale presenta delle aree in cui viene superato il valore bersaglio.

8. CONCLUSIONI

Nel presente lavoro sono stati esposti i principali e più complessi elementi tecnici che costituiscono la base per poter elaborare la proposta amministrativa di zonizzazione del territorio regionale che è la base della realizzazione dell'aggiornamento del Piano Regionale della Qualità dell'Aria.

Il documento presenta anche una proposta di zonizzazione e la successiva classificazione delle zone. Al fine di elaborare una proposta di zonizzazione del territorio per la salute umana, come indicato nell'Appendice I del D.Lgs. 155/2010, si è utilizzato il carico emissivo. Questo è uno dei possibili parametri utilizzabili per la zonizzazione; dato il suo inconfutabile legame con la qualità dell'aria si è scelto questo come caratteristica predominante per individuare le zone omogenee del territorio regionale. Da tale studio si sono evidenziate tre zone denominate A, B e C con differenti caratteristiche del carico emissivo: zona A con emissioni provenienti principalmente dalle attività antropiche urbane come il riscaldamento o il traffico su strade regionali; zona B con le emissioni principali dovute a grosse industrie o stabilimenti oppure dovute ad arterie di comunicazione di competenza nazionale, in particolare il tratto autostradale; zona C caratterizzata da comuni con basso impatto antropico presente sul proprio territorio.

Per quanto riguarda l'ozono, essendo un inquinante totalmente secondario, la zonizzazione è stata fatta sulla base delle concentrazioni al suolo evidenziando un'unica zona omogenea per tutto il territorio regionale.

La classificazione delle zone, invece, è stata fatta sulla base delle misure degli inquinati effettuate mediante le stazioni fisse di monitoraggio della qualità dell'aria appartenenti alla rete regionale così come individuata dal vigente Piano regionale di mantenimento e risanamento della qualità dell'aria. Per le zone non coperte dal monitoraggio si è fatto uso delle concentrazioni al suolo valutate con il modello fisico-chimico Chimere.

Si è evidenziato che le zone, classificate sulla base della situazione peggiore, sono critiche per molti degli inquinanti indicati dalla normativa. Ovviamente all'interno delle zone andranno poi individuate le aree critiche.

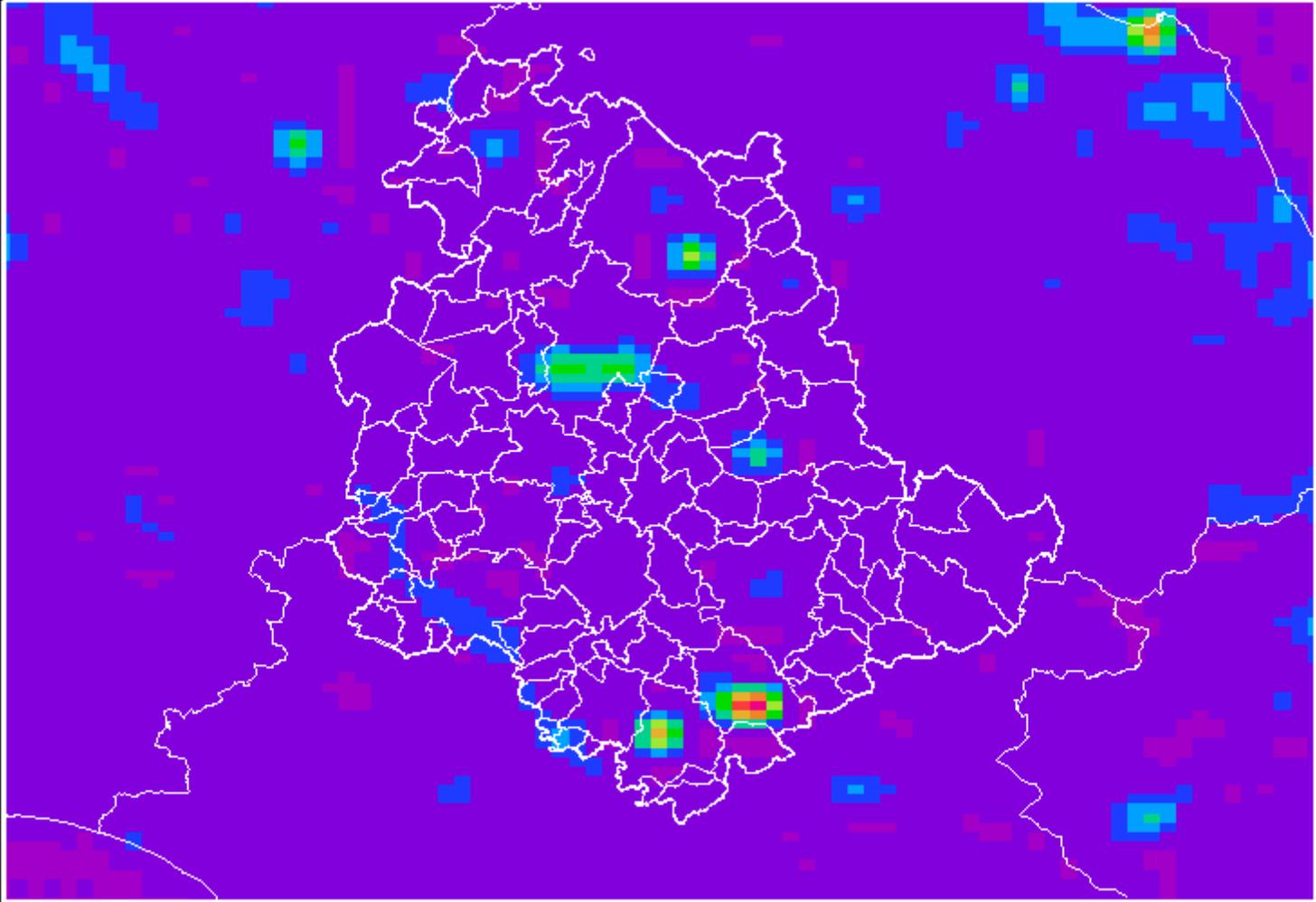
Come tutti i documenti tecnici che si basano su strumenti in continua evoluzione, si possono già prevedere i futuri sviluppi di questi lavori. Tra questi, il miglioramento principale riguarda la modellistica e, in particolare, l'adattamento del modulo di elaborazione diagnostica dei dati meteo in input per sfruttare i file provenienti dalla banca dati LAMA realizzata e gestita dal servizio idro-meteo-clima dell'Arpa Emilia Romagna permettendo l'elaborazione di scenari di concentrazione relativi a diversi e più recenti anni meteorologici. Questo è, inoltre, fondamentale per l'individuazione delle aree critiche, la valutazione degli scenari futuri di qualità dell'aria e dell'efficacia delle misure adottate e da adottare per il miglioramento della qualità dell'aria stessa nonché per la realizzazione del progetto di adeguamento della rete di misura (ex art 5 Dlgs:155/2010).

Infine si ricorda che per quanto riguarda la zonizzazione con riferimento alla vegetazione e agli ecosistemi, la normativa non è chiara sulla sua applicazione indicando la necessità che le Regioni individuino zone sovraregionali. A tal proposito nel corso dell'incontro interregionale tra le regioni del centro Italia, tenutosi nel mese di gennaio 2011, è stato proposto che le Regioni facciano un quesito al Ministero per chiarire l'applicazione della norma.

APPENDICE

Di seguito sono presentate mappe di emissioni analoghe a quelle mostrate nel capitolo 4 ma con le emissioni annue assegnate alle singole maglie, 5x5 km, così come sono utilizzate dal modello.

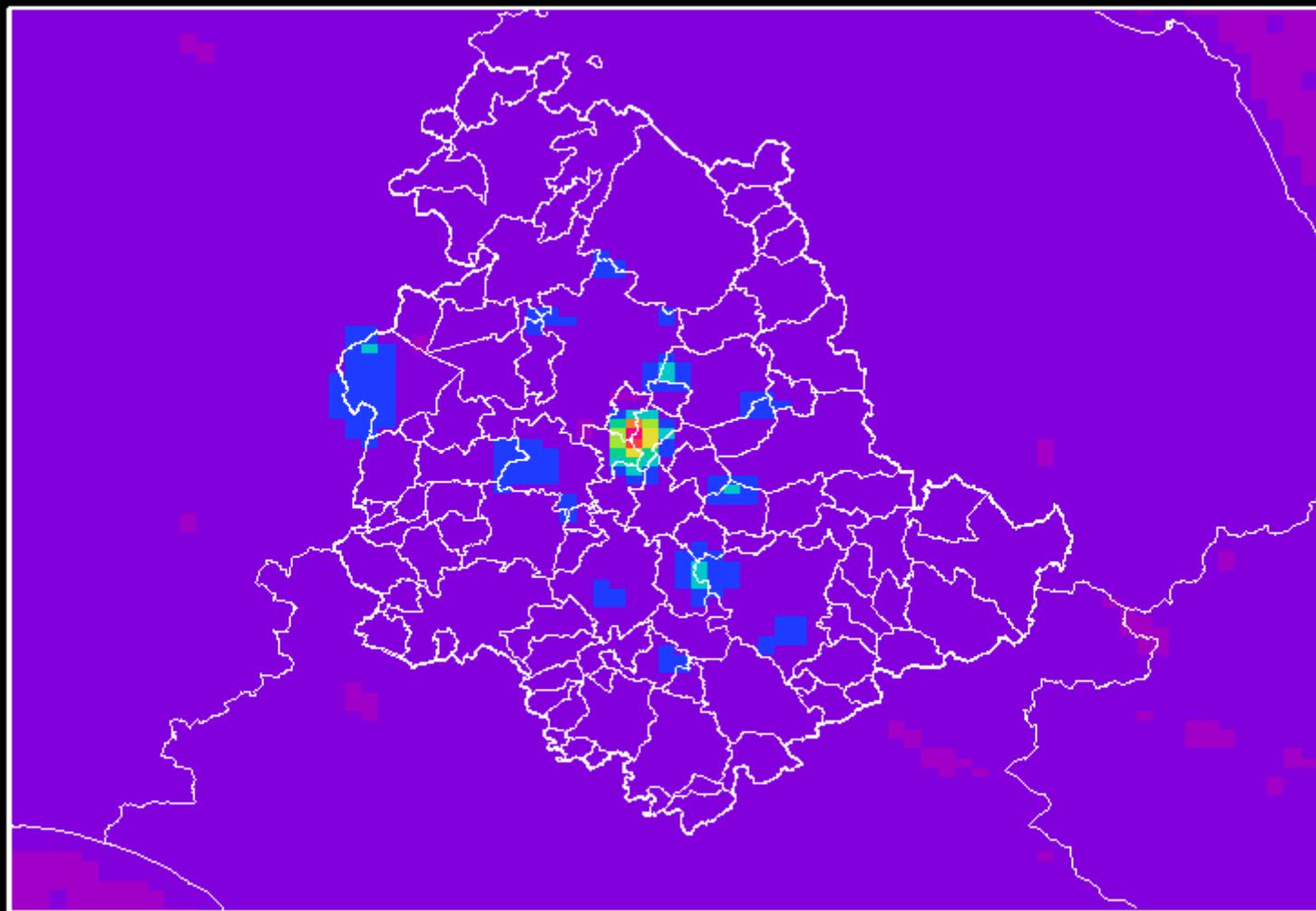
Emissioni di CO – Scenario Base



GrADS: COLA/IGES

kg/h

Emissioni di NH₃ – Scenario Base

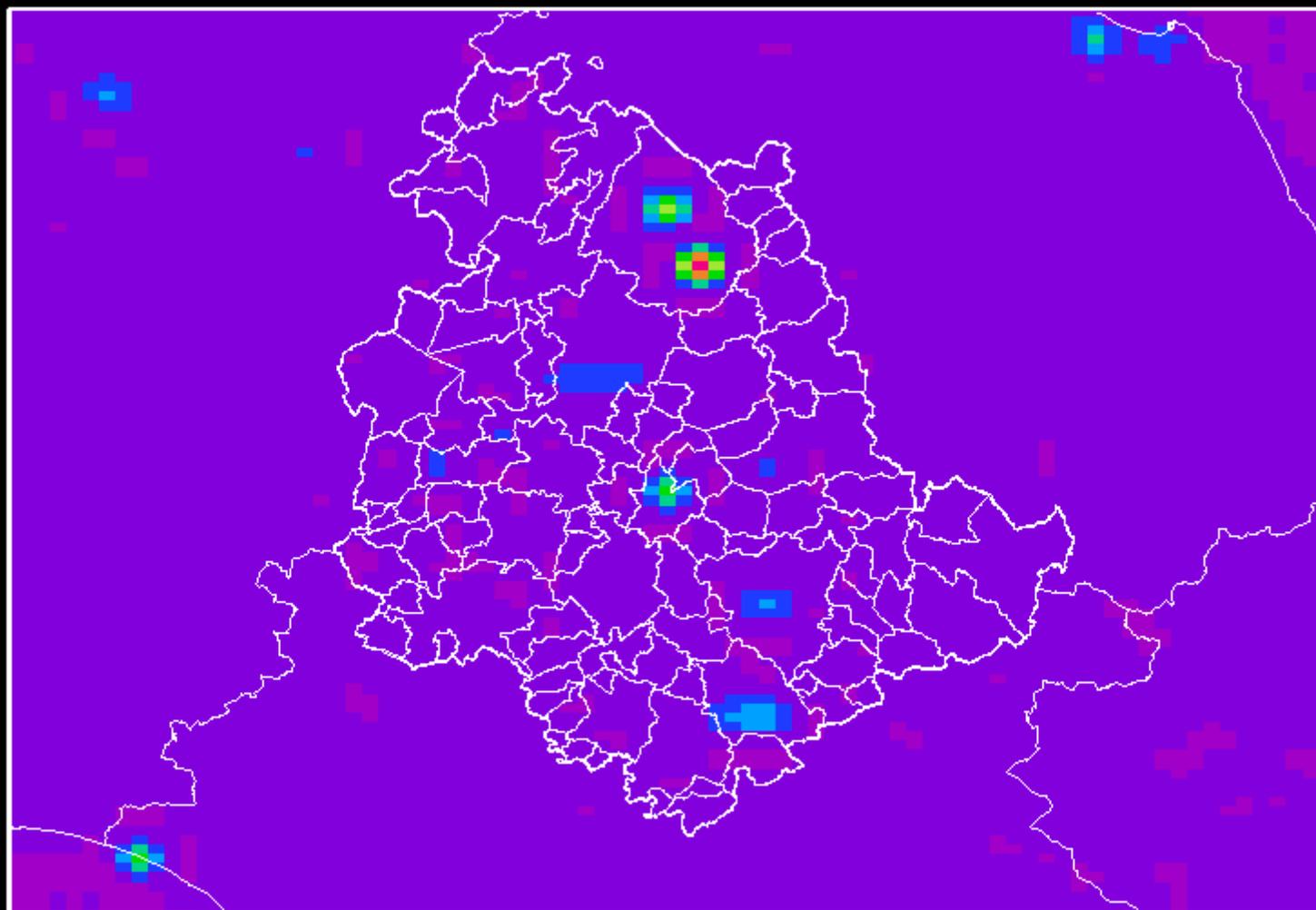


0 5 10 15 20 25 30 35 40

kg/h

GrADS: COLA/IGES

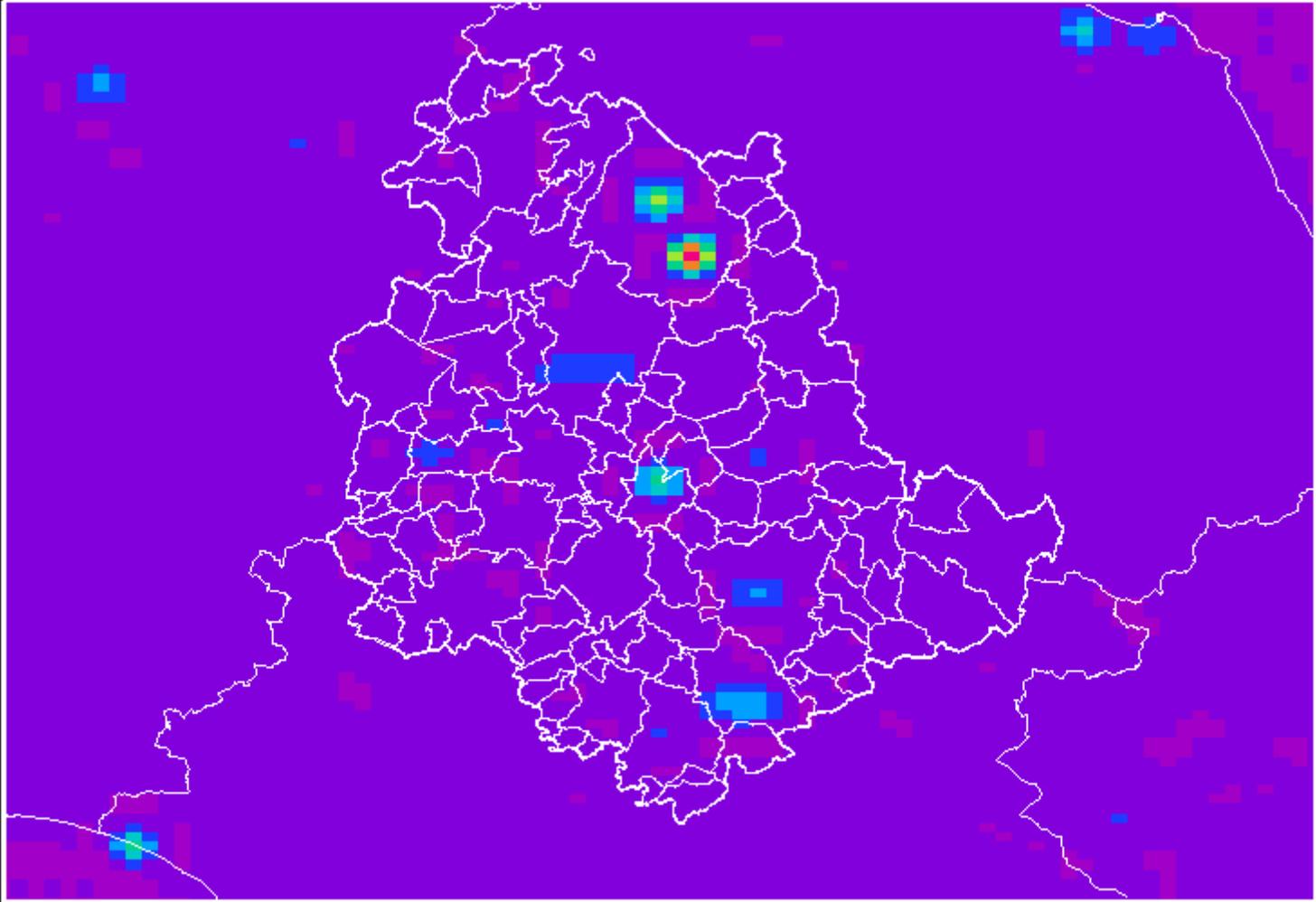
Emissioni di NO₂ – Scenario Base



GrADS: COLA/IGES

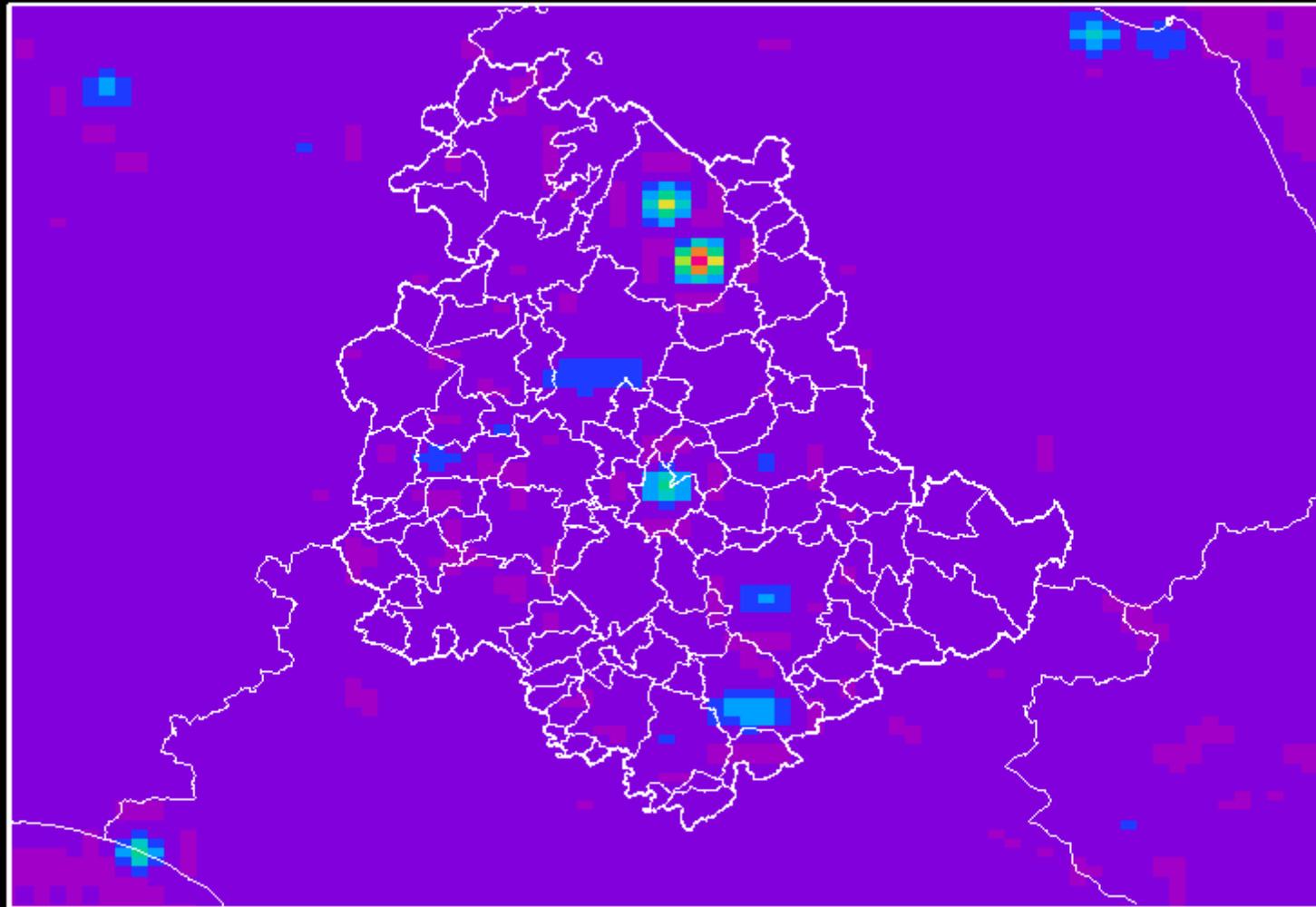
kg/h

Emissioni di NO – Scenario Base



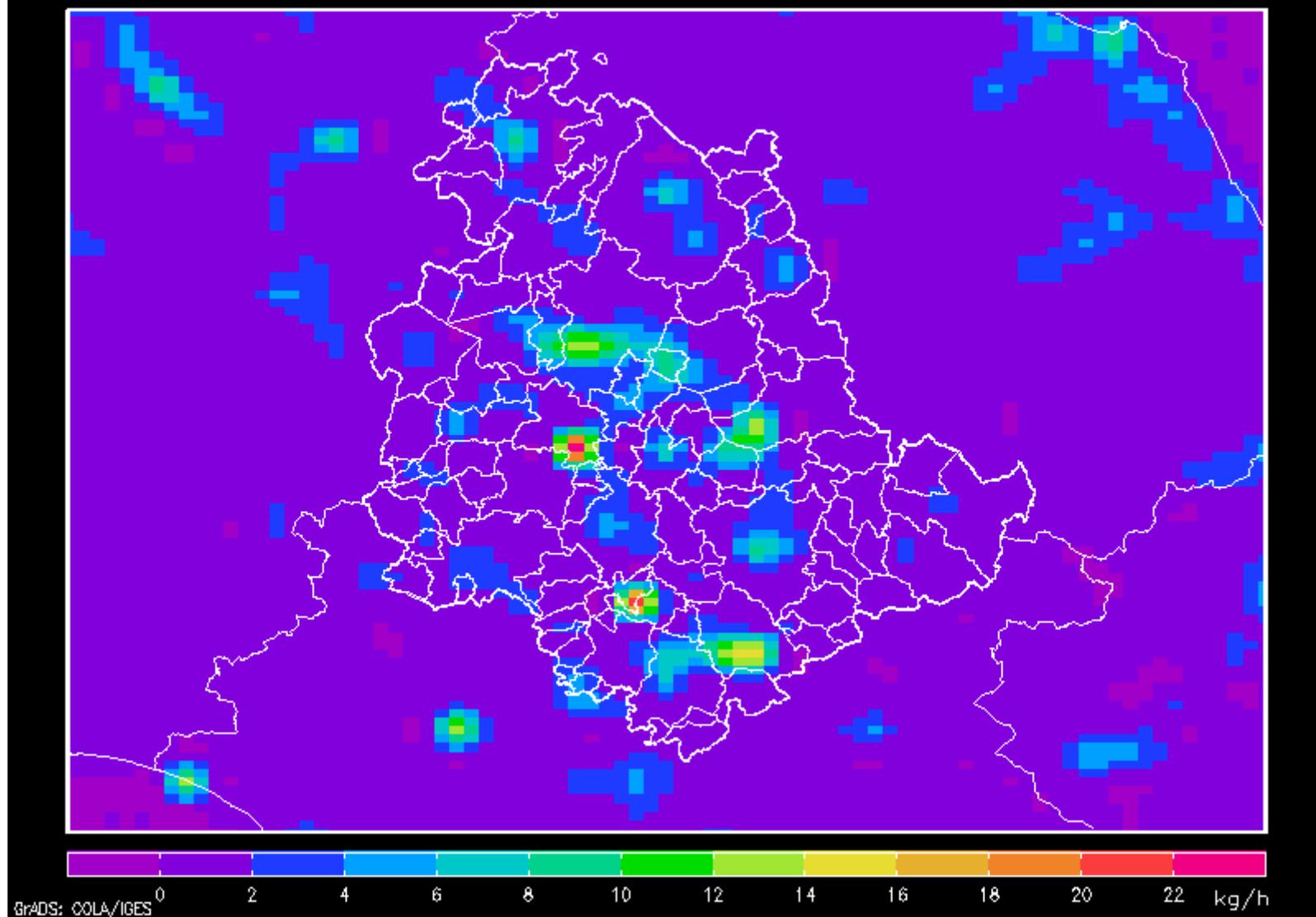
GrADS: COLA/IGES

Emissioni di NO_x – Scenario Base

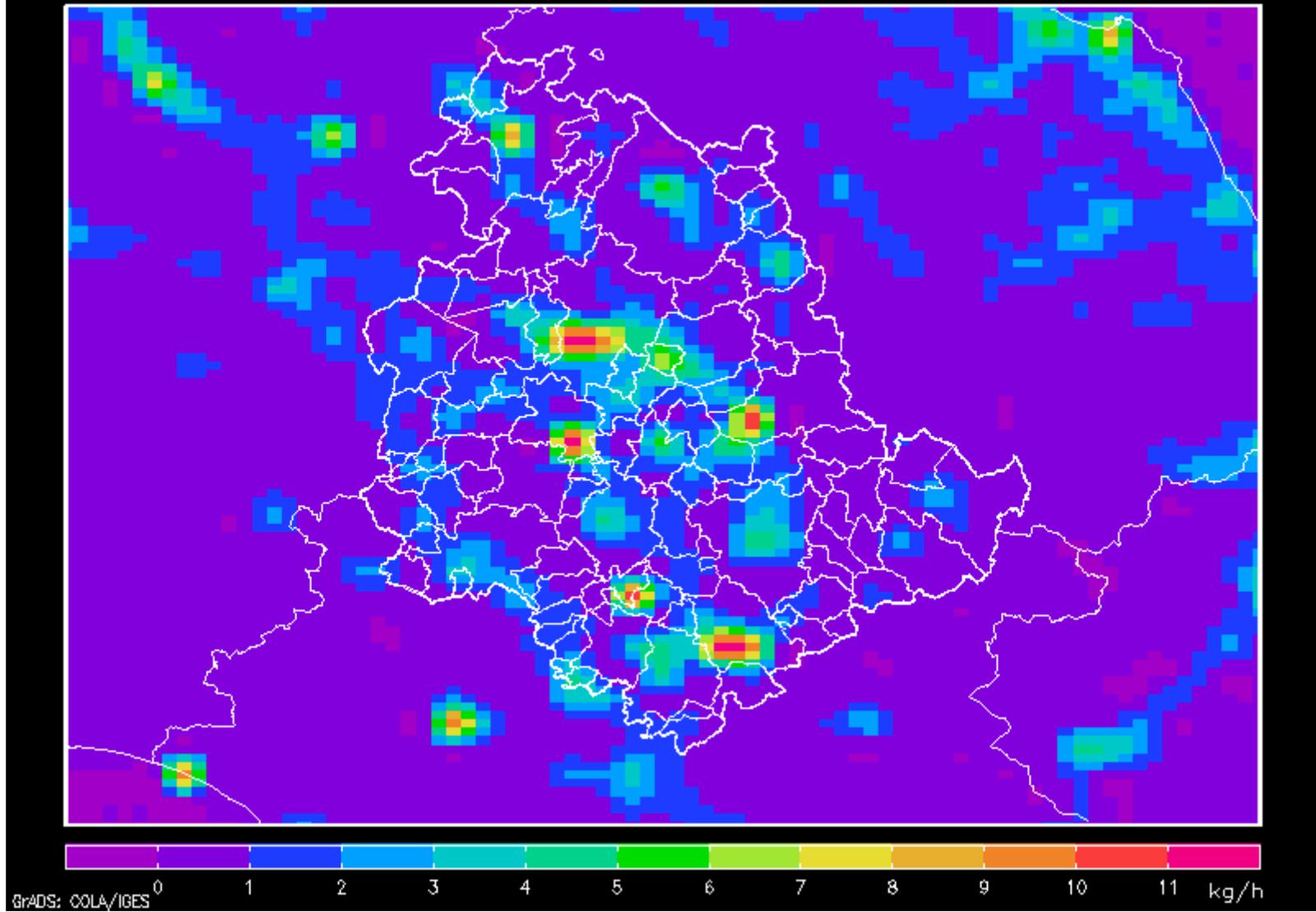


GrADS: COLA/IGES

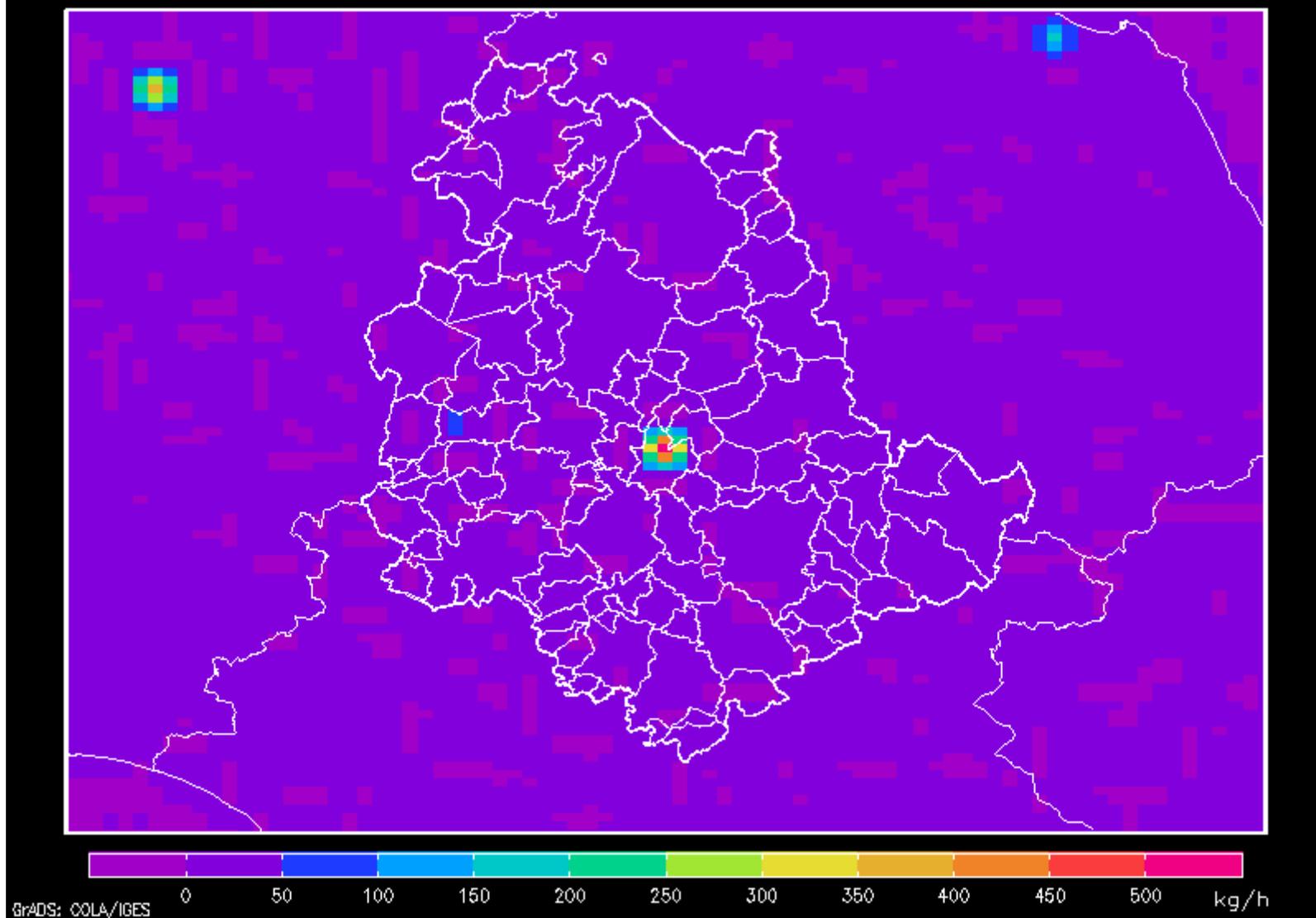
Emissioni di PM_{10} – Scenario Base



Emissioni di PM_{2.5} – Scenario Base



Emissioni di SO₂ – Scenario Base



ALLEGATO

Nel CD Rom allegato sono contenute:

- immagini della mappa della proposta di zonizzazione
- l'immagine della mappa di emissioni di NO_x sopra il 95° percentile
- cartella denominata shapefiles contenete i file formato shape delle emissioni di tutti gli inquinanti indicati nel presente lavoro totali e per macrosettori, il file della proposta della zonizzazione