ALLEGATO B)

Valutazione della qualità dell'aria ed elaborazione degli scenari per l'aggiornamento del Piano Regionale per la Qualità dell'Aria

Aggiornamento del Piano Regionale della Qualità dell'Aria

Lavoro svolto su incarico dell'ARPA Umbria nell'ambito del "Servizio per l'Aggiornamento del Piano Regionale della Qualità dell'Aria"
(Procedura N. 2564/M/17 - CIG: 7434203264 - RDO: 1914970)

TECHNE Consulting s.r.l
Via G. Ricci Curbastro 34, 00149 ROMA,
N. Iscr. Registro delle Imprese di Roma e
Codice Fiscale 07695040589 - P. IVA 01843121003

tel. +39 065580993 - 065580997; fax +39 065581848
e-mail: techne@techne-consulting.com
http://www.techne-consulting.com

CODICE PROGETTO	*CODICE DOCUMENTO*	*EDIZIONE/REVISIONE DEL MM/AA*
AUM.PA.18	RF	3/4 Luglio 2020
TITOLO PROGETTO ARPA Umbria - Servizio per l'Aggiornamento del Piano Regionale della Qualità dell'Aria (Procedura N. 2564/M/17 - CIG: 7434203264 - RDO: 1914970)		
TITOLO DOCUMENTO Aggiornamento del Piano Regionale della Qualità dell'Aria		
MOTIVO REVISIONE Revisione complessiva capitolo 3.2.1		

PREPARATO DA	*DATA*	*FIRMA*
Carlo Trozzi Enzo Piscitello Martina Cervella Rossana Barella	16/07/2020	*FIRMATO CON FIRME AUTOGRAFE*
APPROVATO DA Carlo Trozzi (DT)	*DATA* 16/07/2020	*FIRMA* *FIRMATO CON FIRMA AUTOGRAFA*

LISTA DISTRIBUZIONE

NUMERO COPIA	*DESTINATARIO*	ENTE APPARTENENZA
1	Dott. Paolo Stranieri	ARPA Umbria
2	Archivio informatizzato (PM)	TECHNE Consulting

INDICE

1 PREMESSA 12
2 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA ED ELABORAZIONE DI SCENARI EMISSIVI: METODOLOGIE 14
2.1 La valutazione della qualità dell'aria 14
2.1.1 Breve introduzione ai processi di generazione, trasporto e trasformazione degli inquinanti 16
2.1.1 Modello meteorologico WRF 22
2.1.2 Il modello di dispersione fotochimico Chimere 24
2.2 Valutazione degli indici legislativi e validazione del modello 27
2.2.1 Confronto dei risultati con gli standard legislativi 27
2.2.2 Valutazione dell'incertezza dei risultati della modellistica 30
2.3 La elaborazione di scenari emissivi 31
2.3.1 Il modello *Projection* di *E³Gov* 32
2.3.2 Metodologia di proiezione delle emissioni 33
2.3.3 Gli algoritmi di proiezione utilizzati dal modello 34
2.3.4 Codifica dei fattori di proiezione (driver) 35
3 LO SCENARIO ATTUALE 37
3.1 Analisi dei dati del monitoraggio della qualità dell'aria 37
3.2 Analisi dei dati dell'inventario delle emissioni 44
3.2.1 Analisi delle sorgenti principali (key sources) e delle categorie di sorgenti principali (key categories) 44
3.2.2 Disaggregazione delle emissioni su base spaziale e temporale 55
3.3 Calibrazione del modello 64
3.3.1 Valutazione degli indici legislativi 65
3.3.2 Valutazione degli altri indici statistici 66
3.3.3 Conclusioni sulla calibrazione 68
3.4 Valutazione modellistica della qualità dell'aria 68
3.4.1 I risultati della applicazione del modello 69
3.4.2 Sintesi regionale 86
4 SCENARIO TENDENZIALE REGIONALE 87
4.1 L'informazione di base per lo scenario tendenziale 87
4.1.1 Provvedimenti autorizzazione integrata ambientale (AIA) 88
4.1.2 Procedure nazionali 88
4.1.3 Provvedimenti autorizzazione integrata ambientale (AIA) regionale 89
4.2 Analisi della pianificazione regionale e nazionale di interesse del piano 91
4.2.1 La pianificazione energetica 92
4.2.2 Programmazione regionale in materia di trasporti stradali 95
4.2.3 Il Piano regionale delle attività estrattive e l'industria dei materiali da costruzione 98
4.2.4 Piano regionale dei rifiuti 98
4.2.5 Piano Zootecnico Regionale e Programma di sviluppo rurale 98
4.2.6 Lo sviluppo aeroportuale 100
4.2.7 Utilizzo dei solventi 101
4.3 Lo scenario emissivo 101
4.3.1 Risultati a livello regionale 101
4.3.2 I risultati relativi ai comuni principali 105
4.4 Valutazione modellistica della qualità dell'aria 114
4.4.1 I risultati della applicazione del modello 114
4.4.2 Sintesi regionale 132
5 SCENARIO DI PIANO CONCA TERNANA 133
5.1 Accordo di programma tra Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e Regione Umbria 133
5.2 Misure previste nello scenario 135
5.2.1 Limitazione della circolazione 135
5.2.2 Generatori di calore alimentati a biomassa e pellet per il riscaldamento domestico 135

5.2.3 Altri interventi di stimolo allo sviluppo della mobilità sostenibile ed al risparmio energetico nel settore civile 136
5.2.4 Combustione all'aperto del materiale vegetale 136
5.2.5 Impianti di combustione industriale e per la produzione di energia elettrica 136
5.2.6 Inteventi di supporto 136
5.3 Valutazione modellistica della qualità dell'aria 137
6 SCENARIO REGIONALE DI PIANO 139
6.1 Modellistica della qualità dell'aria in scenario di piano 139
6.1 Valutazione delle emissioni nello scenario di piano e confronto con scenario tendenziale 141
6.1.1 Comune di Perugia 141
6.2 Valutazione qualità dell'aria nello scenario di piano e confronto con scenario tendenziale 148
6.2.1 Area critica conca ternana (Terni e Narni) 148
6.2.2 Area critica Perugia e Marsciano 156
6.2.3 Area critica Foligno 164
6.2.4 Area critica Città di Castello 172
6.3 Conclusioni 180

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Principali specie chimiche e polveri trattate dal meccanismo chimico Melchior ... 27
Tabella 2 - Valori di riferimento per gli ossidi di azoto* ... 28
Tabella 3 - Valori di riferimento per le particelle con diametro inferiore a 10 µm (PM10) ... 28
Tabella 4 – Valore di riferimento per le particelle con diametro inferiore a 2,5 µm (PM2,5) ... 28
Tabella 5 – Valore di riferimento per il monossido di carbonio (CO) ... 28
Tabella 6 - Valori di riferimento per il biossido di zolfo ... 29
Tabella 7 – Valore di riferimento per il benzo(a)pirene (BaP) ... 29
Tabella 8 – Valore di riferimento per il benzene (C_6H_6) ... 29
Tabella 9 - Valori di riferimento per l'ozono ... 29
Tabella 10 – Valore di riferimento per il piombo (Pb) ... 29
Tabella 11 – Valore di riferimento per l'arsenico (As) ... 30
Tabella 12 – Valore di riferimento per il cadmio (Cd) ... 30
Tabella 13 – Valore di riferimento per il nichel (Ni) ... 30
Tabella 14 - Codifica settore della misura e dei relativi driver ... 35
Tabella 15 - Codifica carattere della misura e dei relativi driver ... 36
Tabella 16 – Stazioni di monitoraggio utilizzate per la valutazione ... 37
Tabella 17 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale PM_{10} ... 38
Tabella 18 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: superamenti media giornaliera PM_{10} ... 39
Tabella 19 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale $PM_{2,5}$ ... 40
Tabella 20 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale NO_2 ... 41
Tabella 21 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale B(a)P ... 42
Tabella 22 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale Nichel ... 42
Tabella 23 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: Superamenti soglia informazione O_3 ... 43
Tabella 24 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: Superamenti media mobile 8 ore O_3 ... 43
Tabella 25 - Sintesi regionale per le particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (dati 2015) ... 45
Tabella 26 - Sintesi regionale per le particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (2015) ... 45
Tabella 27 - Sintesi regionale per gli ossidi di azoto (dati 2015) ... 45
Tabella 28 - Sintesi regionale per il benzo(a)pirene (dati 2015) ... 46
Tabella 29 - Sintesi regionale per il nichel (dati 2015) ... 46
Tabella 30 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Perugia ... 48
Tabella 31 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Foligno ... 49
Tabella 32 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Città di Castello ... 49
Tabella 33 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Terni ... 50
Tabella 34 - Sorgenti principali per il Comune di Terni ... 51
Tabella 35 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Narni ... 52
Tabella 36 - Sorgenti principali per il Comune di Narni ... 53
Tabella 37 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Spoleto ... 53

Tabella 38 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Marsciano 54
Tabella 39 - Variabili utilizzate per la disaggregazione delle emissioni su reticolo 57
Tabella 40 - Variabili per la disaggregazione temporale..... 60
Tabella 41 – Risultati degli indici obiettivi di qualità per la modellazione..... 65
Tabella 42 – Indici statistici per la media oraria di NO_2 66
Tabella 43 – Indici statistici per la media oraria di O_3 67
Tabella 44 – Indici statistici per la media oraria di SO_2..... 67
Tabella 45 – Indici statistici per la media giornaliera di PM_{10}..... 67
Tabella 46 – Indici statistici per la media giornaliera di $PM_{2,5}$ 68
Tabella 47 – Driver di proiezione relativi ai provvedimenti di AIA statali rilasciati 89
Tabella 48 - Provvedimenti di AIA regionali..... 89
Tabella 49 – Driver di proiezione relativi ai provvedimenti di AIA regionali rilasciati 91
Tabella 50 – Previsioni di crescita della produzione per le FER termiche..... 93
Tabella 51 – Previsioni di traffico (milioni di passeggeri) aeroporto di Perugia 100
Tabella 52 – Emissioni 2015 della Thyssenkrupp Acciai Speciali Terni e nuove emissioni dal laminatoio autorizzato..... 132

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Visione generale del progetto 12
Figura 2 - Schema del sistema modellistico WRF - Chimere 15
Figura 3 - Diffusione di sostanze emesse da una sorgente puntuale 16
Figura 4 – Efficienza nella formazione di ozono a concentrazione costante di Composti Organici Volatili 18
Figura 5 – Concentrazioni di ozono (mg/Nm^3) in funzione degli Ossidi di Azoto e dei Composti Organici Volatili 19
Figura 6 - Trasformazione di SO_2 in aerosol..... 21
Figura 7 - Trasformazione di NO_x in aerosol..... 21
Figura 8 - Schema per la valutazione dell'evoluzione delle emissioni di inquinanti dell'aria 33
Figura 9 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale PM_{10} 38
Figura 10 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: superamenti media giornaliera PM_{10} 39
Figura 11 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale $PM_{2,5}$..... 40
Figura 12 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale NO_2..... 41
Figura 13 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale B(a)P 42
Figura 14 - Rete di rivamento della qualità dell'aria: media annuale Nichel 42
Figura 15 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: Superamenti soglia informazione O_3..... 43
Figura 16 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: Superamenti media mobile 8 ore O 43
Figura 17 – Domini geografici scelti per l'applicazione del modello WRF..... 55
Figura 18 – Mappa dell'uso del suolo (Fonte Corine Land Cover)..... 56
Figura 19 – Griglia utilizzata per la disaggregazione delle emissioni al fine del loro utilizzo nel modello Chimere su tutto il territorio regionale..... 58
Figura 20 – Dominio geografico scelto per la applicazione di CHIMERE per l'Europa centro-meridionale..... 61
Figura 21 – Media annuale di PM_{10} nel 2015 per l'Europa centro-meridionale 62
Figura 22 - Media annuale di $PM_{2.5}$ nel 2015 per l'Europa centro-meridionale 62
Figura 23 – Media annuale di NO2 nel 2015 per l'Europa centro-meridionale..... 63
Figura 24 - Media annuale di SO_2 nel 2015 per l'Europa centro-meridionale..... 63
Figura 25 – Media annuale di O_3 nel 2015 per l'Europa centro-meridionale..... 64
Figura 26 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2015..... 70
Figura 27 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere per l'anno 2015 con riferimento alle soglie legislative 71
Figura 28 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2015 72
Figura 29 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere per l'anno 2015 con riferimento alle soglie legislative 73
Figura 30 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} antropico valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2015 74

Figura 31 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} antropico valutate con il modello Chimere per l'anno 2015 con riferimento alle soglie legislative 75
Figura 32 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2015 76
Figura 33 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere per l'anno 2015 con riferimento alle soglie legislative 77
Figura 34 – Media annuale delle concentrazioni di ozono valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2015 78
Figura 35 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di zolfo (SO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2015 79
Figura 36 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite stabilite per la media oraria del biossido di azoto valutati con il modello Chimere per l'anno 2015 80
Figura 37 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite per la media giornaliera del PM_{10} valutati con il modello Chimere per l'anno 2015 81
Figura 38 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite per la media giornaliera del PM_{10} antropico valutati con il modello Chimere per l'anno 2015 82
Figura 39 – Stima dei superamenti del valore obiettivo per la media di otto ore dell'ozono valutati con il modello Chimere per l'anno 2015 83
Figura 40 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite per la media giornaliera degli ossidi di zolfo valutati con il modello Chimere per l'anno 2015 84
Figura 41 – Stima dei superamenti del valore limite per la media oraria degli ossidi di zolfo valutati con il modello Chimere per l'anno 2015 85
Figura 42 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_X) nello scenario tendenziale regionale 101
Figura 43 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale 102
Figura 44 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 2,5 micron ($PM_{2.5}$) nello scenario tendenziale regionale 102
Figura 45 –Andamento delle emissioni totali (Mg) di composti organici volatili non metanici (COVNM) nello scenario tendenziale regionale 103
Figura 46 –Andamento delle emissioni totali (kg) di benzo(a)pirene (BAP) nello scenario tendenziale regionale 103
Figura 47 – Andamento delle emissioni totali (kg) di nickel nello scenario tendenziale regionale 104
Figura 48 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Perugia 106
Figura 49 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Perugia 106
Figura 50 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Terni 107
Figura 51 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Terni 108
Figura 52 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Narni 109
Figura 53 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Narni 109
Figura 54 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Foligno 110
Figura 55 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Foligno 111
Figura 56 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Città di Castello 112
Figura 57 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Città di Castello 112
Figura 58 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Spoleto 113
Figura 59 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Spoleto 114

Figura 60 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale 116
Figura 61 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale con riferimento alle soglie legislative 117
Figura 62 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale 118
Figura 63 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale con riferimento alle soglie legislative 119
Figura 64 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} antropico valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale 120
Figura 65 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} antropico valutate con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale con riferimento alle soglie legislative 121
Figura 66 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale 122
Figura 67 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale con riferimento alle soglie legislative 123
Figura 68 – Media annuale delle concentrazioni di ozono valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale 124
Figura 69 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di zolfo (SO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale 125
Figura 70 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite stabilite per la media oraria del biossido di azoto valutati con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale 126
Figura 71 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite per la media giornaliera del PM_{10} valutati con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale 127
Figura 72 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite per la media giornaliera del PM_{10} antropico valutati con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale 128
Figura 73 – Stima dei superamenti del valore obiettivo per la media di otto ore dell'ozono valutati con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale 129
Figura 74 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite per la media giornaliera degli ossidi di zolfo valutati con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale 130
Figura 75 – Stima dei superamenti del valore limite per la media oraria degli ossidi di zolfo valutati con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale 131
Figura 76 – Zona di salvaguardia ambientale della Conca Ternana 134
Figura 77 – Area critica della Conca Ternana 135
Figura 78 – Stima della riduzione percentuale nella media delle concentrazioni di PM_{10} valutate con il modello Chimere (µg/m3) per l'anno 2020 (Gennaio-Marzo) in Scenario Conca Ternana rispetto all'analogo periodo del 2015: misure sulla combustione legna nel domestico e sulla combustione dei residui agricoli 137
Figura 79 – Stima della riduzione percentuale nella media delle concentrazioni di PM_{10} valutate con il modello Chimere (µg/m3) per l'anno 2020 (Gennaio-Marzo) in Scenario Conca Ternana rispetto all'analogo periodo del 2015: misure sul traffico 138
Figura 80 – Aree di applicazione del modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario di Piano 140
Figura 81 – Maglie di territorio posto a una quota inferiore ai 300 m nelle Aree critiche 140
Figura 82 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Perugia 141
Figura 83 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Perugia 142
Figura 84 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Terni 143
Figura 85 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Terni 143
Figura 86 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Narni 144
Figura 87 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Narni 145
Figura 88 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Foligno 146

Figura 89 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Foligno 146
Figura 90 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Città di Castello 147
Figura 91 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Città di Castello 148
Figura 92 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica conca ternana 149
Figura 93 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana 150
Figura 94 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana..... 150
Figura 95 – Superamenti della media giornaliera delle concentrazioni di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica conca ternana 151
Figura 96 – Superamenti della media giornaliera di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana 151
Figura 97 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica conca ternana..... 152
Figura 98 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana 152
Figura 99 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana..... 153
Figura 100 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica conca ternana 153
Figura 101 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana..... 154
Figura 102 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto NO_2 valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana..... 154
Figura 103 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica conca ternana 155
Figura 104 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana 155
Figura 105 – Variazione nella media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana..... 156
Figura 106 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Perugia e Marsciano 157
Figura 107 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale l'area critica Perugia e Marsciano 158
Figura 108 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano..... 158
Figura 109 – Superamenti della media giornaliera delle concentrazioni di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Perugia e Marsciano 159
Figura 110 – Superamenti della media giornaliera di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano..... 159
Figura 111 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Perugia e Marsciano..... 160
Figura 112 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano..... 160
Figura 113 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano..... 161
Figura 114 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Perugia e Marsciano 161

Figura 115 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale l'area critica Perugia e Marsciano 162
Figura 116 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto NO_2 valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano 162
Figura 117 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Perugia e Marsciano 163
Figura 118 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano 163
Figura 119 – Variazione nella media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano 164
Figura 120 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Foligno 165
Figura 121 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno 166
Figura 122 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno 166
Figura 123 – Superamenti della media giornaliera delle concentrazioni di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Foligno 167
Figura 124 – Superamenti della media giornaliera di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno 167
Figura 125 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Foligno 168
Figura 126 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno 168
Figura 127 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno 169
Figura 128 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Foligno 169
Figura 129 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno 170
Figura 130 – Variazione nella media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto NO_2 valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno 170
Figura 131 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Foligno 171
Figura 132 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno 171
Figura 133 – Variazione nella media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno 172
Figura 134 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Città di Castello 173
Figura 135 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello 174
Figura 136 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello 174
Figura 137 – Superamenti della media giornaliera delle concentrazioni di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Città di Castello 175
Figura 138 – Superamenti della media giornaliera di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello 175
Figura 139 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Città di Castello 176

Figura 140 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere (µg/m^3) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello 176
Figura 141 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere (µg/m^3) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello 177
Figura 142 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere (µg/m^3) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Città di Castello 177
Figura 143 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere (µg/m^3) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello 178
Figura 144 – Variazione nella media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto NO_2 valutate con il modello Chimere (µg/m^3) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello 179
Figura 145 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere (µg/m^3) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Città di Castello 179
Figura 146 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere (µg/m^3) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello 180
Figura 147 – Variazione nella media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere (µg/m^3) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello 180

1 PREMESSA

Le attività necessarie all'aggiornamento del piano regionale della qualità dell'aria sono sinteticamente riassunte in Figura 1.

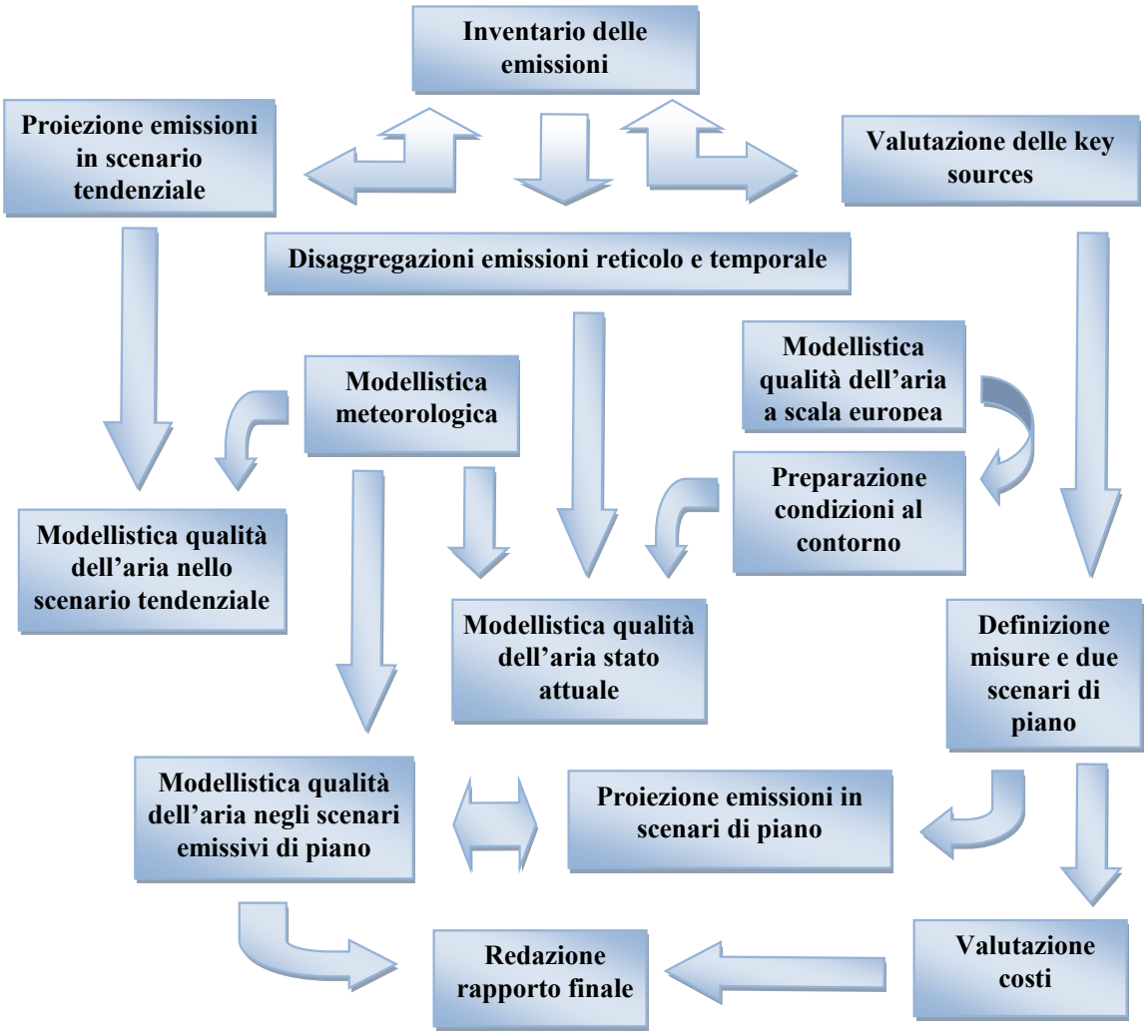

Figura 1 – Visione generale del progetto

L'ARPA Umbria si è dotata negli ultimi anni di un completo ed aggiornato inventario delle emissioni degli inquinanti dell'aria e di un relativo sistema informativo regionale (E2Gov) per la sua gestione. L'Inventario Regionale delle Emissioni (IRE) già compilato per gli anni 1999, 2004 e 2007, 2010 e 2013 è stato recentemente aggiornato per l'anno 2015.

Le attività del Servizio per l'aggiornamento del Piano Regionale per la tutela della qualità dell'aria seguendo lo schema di Figura 1 è stato realizzato con le seguenti azioni.

- Acquisizione della valutazione della qualità dell'aria effettuata da ARPA Umbria (paragrafo 3.1) sulla base dei dati del monitoraggio della qualità dell'aria;
- Analisi dei dati dell'inventario delle emissioni al fine di:
  - valutare le sorgenti e le categorie principali di emissione (key categories and sources) nel quadro della valutazione delle misure di piano (paragrafo 3.2);

  - disaggregare le emissioni su base spaziale e temporale per preparare l'input alla modellistica della qualità dell'aria (paragrafo 3.2.2);
- Valutazione della qualità dell'aria allo stato attuale sulla base della applicazione di modelli meteorologici e di qualità dell'aria (capitolo 3) che rispettino le caratteristiche indicate nell'appendice 3 del D. lgs 155/2010 sui dati dell'inventario 2015;
- Verifica della classificazione del territorio in zone per la valutazione della qualità dell'aria;
- Elaborazione degli scenari emissivi e di qualità dell'aria futuri mediante proiezioni delle emissioni di inquinanti dell'aria agli anni 2020, 2025 e 2030 e corrispondente valutazione modellistica della qualità dell'aria:
  - in scenario tendenziale, dopo un'accurata analisi dell'informazione disponibile sulle tendenze (capitolo 4);
  - in scenario di piano per la conca ternana (capitolo 5) ed in scenario di piano regionale (capitolo 6) dopo aver definito le relative misure.

Preliminarmente (capitolo 2), sono introdotte i modelli utilizzati e le metodologie seguite per la valutazione della qualità dell'aria su tutto il territorio regionale

Nella presente edizione (Ed.2) del rapporto non sono ancora inclusi i risultati dello scenario di piano regionale essendo in corso di definizione con la Regione le misure da intraprendere.

2 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA ED ELABORAZIONE DI SCENARI EMISSIVI: METODOLOGIE

2.1 La valutazione della qualità dell'aria

Per l'analisi della qualità dell'aria allo stato attuale e negli scenari emissivi è applicato su tutto il territorio regionale un modello per lo studio del trasporto, la dispersione e la trasformazione degli inquinanti primari in atmosfera. Si ottengono in questo modo informazioni anche sulle aree del territorio non coperte dalla rete di monitoraggio.

Il modello utilizzato è il modello euleriano numerico tridimensionale di dispersione e trasporto fotochimico Chimere applicato a tutto il territorio regionale, e agli inquinanti ossidi di azoto, ossidi di zolfo, monossido di carbonio, materiale particolato con diametro inferiore a 10 µm e a 2,5 µm (PM_{10} e $PM_{2,5}$), benzo(a)pirene, e ozono in riferimento all'anno 2014.

Per quanto riguarda le concentrazioni di $PM_{10,}$ il modello consente anche di distinguere il contributo antropico da quello naturale; il particolato totale risulta pertanto costituito da un particolato antropico, dovuto unicamente alle attività umane stimate nell'ambito dell'inventario regionale delle emissioni e da un particolato naturale, valutato direttamente dal modello e che include polveri da erosione del suolo, da sale marino e da altre sorgenti biogeniche. Erosione, risospensione e spray marino sono stimati con specifici algoritmi contenuti nel sistema che dipendono da alcuni parametri quali la velocità del vento, la velocità di frizione, l'umidità del terreno e l'uso del suolo.

Come dati di input di Chimere sono utilizzati i dati meteorologici provenienti dal modello meteorologico WRF e le emissioni degli inquinanti al 2015 ed in proiezione al 2020, 2025 e 2030 come ottenute dal modello di proiezione delle emissioni prendendo come base l'inventario delle emissioni del 2015.

Ai fini dell'applicazione della modellistica, è effettuata un'opportuna azione di elaborazione dei dati di emissioni contenuti nell'inventario delle sorgenti di emissione ed ottenuti in proiezione al fine di disaggregarli su base oraria e di prepararli alla speciazione nel modello Chimere.

Ogni studio modellistico di diffusione di inquinanti in atmosfera richiede essenzialmente due passaggi:

- La determinazione della meteorologia del periodo preso in considerazione, unitamente alle caratteristiche geomorfologiche del territorio considerato.
- La conoscenza dello scenario emissivo per il periodo e il territorio considerato, quindi l'applicazione del modello di dispersione e trasporto degli inquinanti.

Lo schema di funzionamento della suite modellistica utilizzata è riportato nella Figura 2.

I modelli prescelti, modello meteorologico WRF ed il modello chimico CHIMERE, rispettano le caratteristiche indicate nell'appendice 3 del D. lgs 155/201, sono di documentabile qualità scientifica e sono stati sottoposti ad uno o più tra i metodi di valutazione previsti dal paragrafo 1.2, appendice 3 del medesimo decreto, in condizioni analoghe o confrontabili con i casi in cui si intende applicarlo (in riferimento al tipo di inquinante ed alla risoluzione spaziale e temporale ed al tipo di orografia).

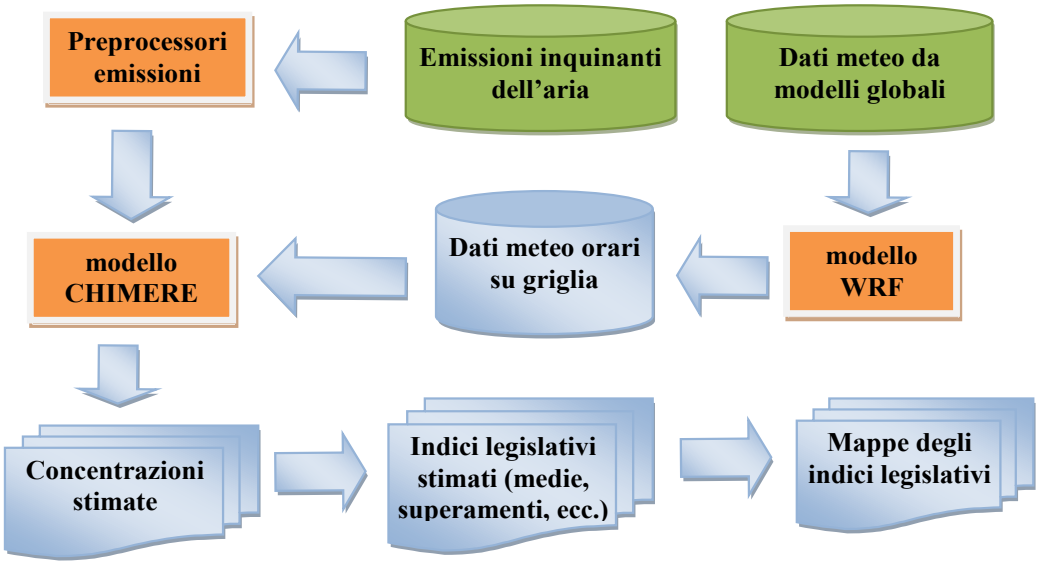

Figura 2 - Schema del sistema modellistico WRF - Chimere

Con riferimento alla applicazione modellistica:

- la risoluzione spaziale della valutazione a scala regionale è quella del grigliato 1 km x 1 km;
- la risoluzione temporale della valutazione è su base oraria per un intero anno;
- sono considerate tutte le sorgenti puntuali modellate come tali e tutte le sorgenti areali, lineari e diffuse rappresentate come emissioni su griglia 1 km x 1 km;
- sono presi in considerazione tutti gli inquinanti per i quali è necessaria la valutazione della qualità dell'aria (primari e secondari).

In generale, i modelli saranno utilizzati al fine di:

- Ottenere 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 ed 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 di emissioni alternativi rispetto al quadro attuale o passato.

Per una corretta applicazione modellistica sarà attivata una procedura rigorosa di confronto con le misure sperimentali, che consenta la verifica e la taratura del modello, attraverso una giusta rappresentazione della rete di monitoraggio e delle relative misure, e con una buona conoscenza delle emissioni delle sostanze inquinanti che influenzano la qualità dell'aria, sia in termini quantitativi che di distribuzione spaziale e temporale.

Le stime ottenute attraverso la modellistica saranno utilizzate per completare l'informazione fornita dalle misure fisse per la determinazione della distribuzione spaziale delle concentrazioni. La risultante mappatura degli inquinanti dell'aria in una determinata area sarà usata per le seguenti applicazioni:

- Valutare i superamenti dei valori limite dell'area e popolazione esposta; dare supporto per la definizione delle zone;
- Classificazione di un territorio in aree di omogenea qualità dell'aria;
- Progettazione e ottimizzazione della rete di rilevamento;

- Controllo dell'efficacia di misure di abbattimento previste.

2.1.1 Breve introduzione ai processi di generazione, trasporto e trasformazione degli inquinanti

Al fine di introdurre la struttura modellistica e gli indicatori utilizzati nel lavoro è utile premettere una breve descrizione semplificata dei processi che occorrono nell'atmosfera. Questa descrizione, lungi dal volersi sostituire alla trattazione accademica e scientifica, ha l'unico scopo di fornire alcuni strumenti interpretativi dei risultati che saranno forniti in questo rapporto soprattutto dal punto di vista concettuale e qualitativo.

2.1.1.1 Dispersione di inquinanti in atmosfera

Allo scopo di inquadrare il fenomeno della dispersione atmosferica nell'ambito dei suoi parametri più significativi, si espone di seguito il caso relativamente semplice di diffusione di sostanze immesse in atmosfera da una sorgente puntuale. La diffusione atmosferica è dominata da fenomeni avvettivi, quindi legati ai campi di vento e fenomeni turbolenti che rimescolano le masse d'aria e favoriscono la dispersione degli inquinanti lungo l'asse verticale, legati essenzialmente al gradiente termico e anemometrico, e quindi alla stabilità atmosferica. Senza scendere nei dettagli, ricordiamo che la stabilità è funzione del gradiente di vento in verticale e della radiazione solare, dipende quindi fortemente dal ciclo notte-giorno, dalla pressione atmosferica, dalla copertura nuvolosa. Per semplicità di calcolo da parte dei modelli, Pasquill e Gilford hanno diviso il range di stabilità atmosferica in 6 intervalli (classi) ed ognuna di queste classi, dalla più instabile alla più stabile, determina la diffusione nelle direzioni perpendicolari al vento. Per una prima comprensione del fenomeno[1], si può fare riferimento alla Figura 3.

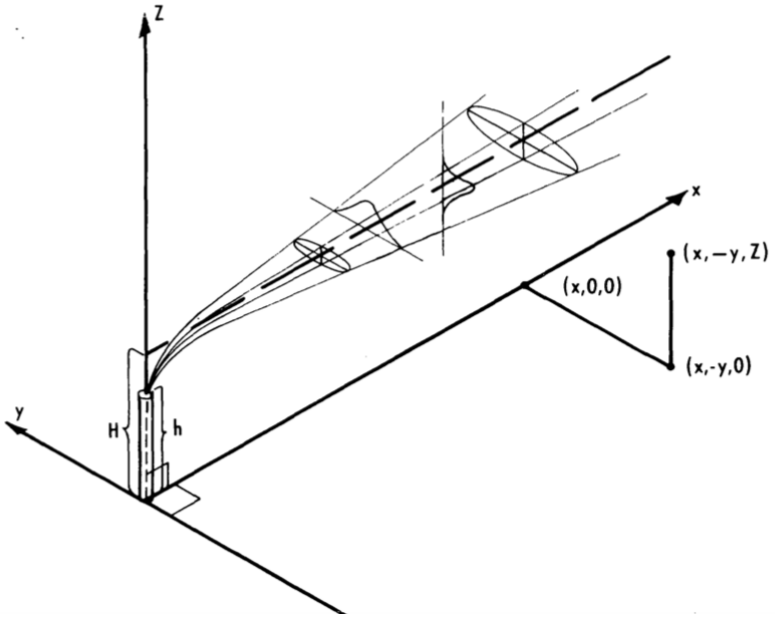

Figura 3 - Diffusione di sostanze emesse da una sorgente puntuale

Supponendo che il vento spiri lungo la direzione *x*, e che la concentrazione, man mano che ci si allontana dalla sorgente sia distribuita in modo gaussiano normale lungo gli assi *y* e *z*

[1] D. Bruce Turner, Workbook of atmospheric dispersion estimates, United States Environmental Protection Agency, 1972

(condizione plausibile anche se il pennacchio dovesse dividersi in più scie), la formula che ci dà la concentrazione *q(x,y,z)* in ogni punto è la seguente:

$$q(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi\bar{u}\sigma_y\sigma_z} e^{\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right)} e^{\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right)} e^{\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right)}$$

Dove *Q* è la quantità rilasciata dalla sorgente per unità di tempo, H è l'altezza media del pennacchio ed u è la velocità media del vento. Questa semplice formula, che non tiene conto di riflessioni da parte di terreno, strati atmosferici ed ostacoli vari, mette comunque in evidenza quali sono i parametri fondamentali per la diffusione di sostanze emesse da sorgenti puntuali.

Come accennato sopra, le quantità σ_y e σ_z sono funzioni della stabilità, per dare un esempio, si riportano di seguito le funzioni per la componente y della deviazione standard per la classe più stabile (F) e meno stabile (A)

$$\sigma_y^{(F)} = \frac{0{,}04\,x}{\sqrt{1+0{,}0001x}} \qquad \sigma_y^{(A)} = \frac{0{,}22\,x}{\sqrt{1+0{,}0001x}}$$

Come si può notare dai parametri, la dispersione lungo l'asse y, a parità di distanza percorsa lungo la direzione del vento, è maggiore in presenza di condizioni di atmosfera instabile e quindi di maggiore turbolenza. Il modello utilizzato sfrutta tipologie di calcolo più complesse di questa, ma i principi di base rimangono gli stessi.

2.1.1.2 La formazione dell'ozono

L'ozono nella stratosfera[2] si forma rapidamente quando la radiazione ultravioletta in arrivo spezza l'ossigeno molecolare (due atomi) in ossigeno atomico (un singolo atomo). In questo processo, l'ossigeno assorbe gran parte della radiazione ultravioletta e gli impedisce di raggiungere la superficie terrestre dove viviamo. Con una formula chimica semplificata,

$$O_2 + h\nu \rightarrow O + O$$

Quando poi un atomo di ossigeno libero eccitato elettricamente incontra una molecola di ossigeno può prodursi un legame per formare l'ozono.

$$O + O_2 \rightarrow O_3$$

Nella stratosfera la distruzione dell'ozono avviene tanto rapidamente quanto la sua generazione, perché la chimica è molto reattiva. La luce solare può facilmente dividere l'ozono in una molecola di ossigeno e un singolo atomo di ossigeno.

$$O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O$$

Quando un atomo di ossigeno elettronicamente eccitato incontra una molecola di ozono, possono combinarsi per formare due molecole di ossigeno.

$$O + O_3 \rightarrow O_2 + O_2$$

Il processo di generazione-distruzione dell'ozono nella stratosfera avviene rapidamente e costantemente, mantenendo uno strato di ozono.

Nella troposfera in prossimità della superficie terrestre, la generazione dell'ozono avviene attraverso la scissione delle molecole dalla luce del sole, come nella stratosfera. Tuttavia nella troposfera, è il biossido di azoto, e non l'ossigeno non molecolare, che fornisce la fonte primaria

[2] Testo ed immagini adattati da J. Allen, Chemistry in the sunlight, 27 January 2002
http://earthobservatory.nasa.gov/Features/ChemistrySunlight/printall.php

degli atomi di ossigeno necessari per la formazione di ozono. La luce solare divide il biossido di azoto in monossido di azoto e un atomo di ossigeno.

$$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O$$

Un singolo atomo di ossigeno si combina poi con una molecola di ossigeno per produrre ozono.

$$O + O_2 \rightarrow O_3$$

L'ozono poi reagisce facilmente con il monossido di azoto per produrre biossido di azoto e ossigeno.

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

Il processo descritto sopra ha come risultato nessun guadagno netto di ozono. Le concentrazioni che si manifestano nella troposfera sono dunque in quantità più elevate di quello che queste reazioni da sole spiegano.

In realtà la formazione di ozono nella troposfera richiede sia ossidi di azoto che Composti Organici Volatili. In una versione molto semplificata le reazioni di formazione dell'ozono troposferico sono:

$$NO_x + COV + h\nu \rightarrow O_3 + altri\ composti$$

La formula di cui sopra rappresenta diverse serie di reazioni complesse che comportano l'ossidazione dei Composti Organici Volatili nelle reazioni che coinvolgono anche gli Ossidi di Azoto. L'idrossidrile catalizza alcune delle reazioni principali, e decine di altre specie chimiche partecipano. Il risultato è l'ozono, il biossido di azoto (disponibile per ulteriore formazione di ozono), la rigenerazione dell'idrossidrile (disponibile per catalizzare più formazione di ozono), e alcune altre specie chimiche. Il rapporto specifico tra Ossidi di Azoto e Composti Organici Volatili determina l'efficienza del processo di formazione dell'ozono.

L'efficienza nella formazione di Ozono prima aumenta e poi diminuisce di nuovo all'aumentare del rapporto tra ossidi di azoto e composti organici volatili in un grafico idealizzato come quello mostrato in Figura 4 (fonte US NOOA) in cui volutamente non sono riportate unità di misura. Emissioni più alte di Ossidi di azoto risultano in una produzione di Ozono meno efficiente.

Figura 4 – Efficienza nella formazione di ozono a concentrazione costante di Composti Organici Volatili

La Figura 5 riporta le concentrazioni di ozono come funzione delle emissioni di Ossidi di Azoto e Composti Organici Volatili[3]. Nella figura, mostrata a fini qualitativi ed in cui non sono

[3] Immagine e testo adattati da Daniel J. Jacob, Introduction to Atmospheric Chemistry, Princeton University Press, 1999.

riportate le unità di misura delle emissioni, la linea spessa separa i cosiddetti regimi NO_x-limitato (in alto a sinistra) e COV-limitato (in basso a destra).

Con riferimento alla figura, nel caso limite di basse concentrazioni di Ossidi di Azoto la generazione di Ozono varia linearmente con le concentrazioni di Ossidi di Azoto ma è praticamente indipendente dalle concentrazioni di Composti Organici Volatili. Questa situazione è detta regime NOx-limitato perché la produzione di ozono è limitata dalla fornitura di Ossidi di Azoto. In questa situazione un aumento delle emissioni di Composti Organici Volatili non modifica la concentrazione di Ozono.

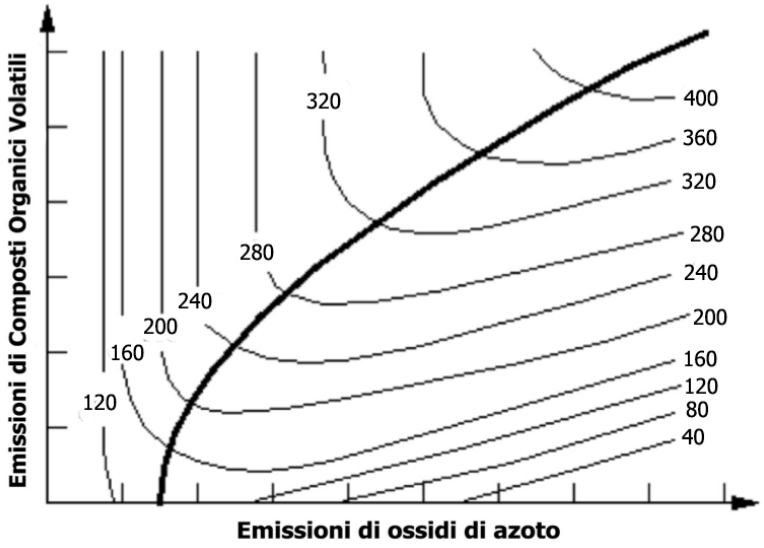

Figura 5 – Concentrazioni di ozono (mg/Nm^3) in funzione degli Ossidi di Azoto e dei Composti Organici Volatili

Consideriamo ora l'altro caso limite in cui la concentrazione di Ossidi di Azoto sono alte e la generazione di ozono aumenta in modo lineare con le concentrazioni di Composti Organici Volatili, ma varia in modo inversamente proporzionale alla concentrazione di Ossidi di Azoto. Questo caso è chiamato il regime COV-limitato perché il tasso di produzione di ozono è limitato dalla fornitura di Ossidi di Azoto. La dipendenza della produzione di Ozono da Ossidi di Azoto e Composti Organici Volatili è molto diversa tra i due regimi.

La linea spessa sulla figura separa i due regimi. A sinistra della linea è il regime NO_x-limitato: le concentrazioni Ozono aumentano all'aumentare degli Ossidi di Azoto e sono insensibili ai Composti Organici Volatili. A destra della linea è il regime di COV-limitato: le concentrazioni di Ozono aumentano con l'aumento dei Composti Organici Volatili e diminuiscono con l'aumento degli Ossidi di Azoto. La dipendenza non lineare dell'Ozono dalle emissioni dei precursori è evidente.

Nel regime NO_x-limitato, il controllo delle emissioni di Composti Organici Volatili non è di alcun beneficio per diminuire l'Ozono. Nel regime COV-limitato, il controllo delle emissioni di Ossidi di Azoto causano un aumento di Ozono.

2.1.1.3 La produzione di aerosol da inquinanti primari

Composti sotto forma di aerosol si formano da molecole in fase gassosa di ossidi di azoto ed ossidi di zolfo, tramite reazioni che coinvolgono radicali liberi e che avvengono in forma gassosa, acquosa, ed eterogenea. Tali composti assumono proprietà chimico-fisiche tipiche

delle particelle sospese e sono quindi trattate dai modelli allo stesso modo delle particelle sospese .

Un ruolo fondamentale nella produzione di questi aerosol è costituito dall'ozono e dal vapore acqueo naturalmente presenti in atmosfera (o indotti da inquinamento); il primo fondamentale passo nella produzione di particelle è dato dalla formazione di acido solforico e di acido nitrico, secondo le seguenti reazioni:

$$O_3 + h\nu \rightarrow O + O_2$$
$$O + H_2O \rightarrow 2OH$$

E dunque per quanto riguarda l'acido solforico:

$$SO_2 + OH + M \rightarrow HSO_3 + M$$
$$HSO_3 + O_2 \rightarrow HO_2 + SO_3$$
$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

dove M è in genere una molecola di azoto.

Per l'acido nitrico si distinguono due reazioni che coinvolgono due diversi radicali, a seconda della presenza o meno di luce solare (quindi strettamente legata al ciclo giorno-notte). Il ciclo diurno sfrutta l'abbondanza del radicale OH prodotto dalla prima reazione:

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$
$$NO_2 + OH + M \rightarrow HNO_3 + M$$

mentre di notte il principale radicale utile alla reazione è l'NO_3:

$$NO_2 + O_3 \rightarrow NO_3 + O_2$$
$$NO_2 + NO_3 \rightarrow N_2O_5$$
$$N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$$

I successivi passaggi che portano questi composti ad assumere la forma di aerosol, sono ben delineati dagli schemi seguenti, che trasformano SO_2 in fase gassosa in SO_4^{2-} in fase solida (Figura 6), e NO_x gassosi in NO_3 in fase solida (Figura 7).

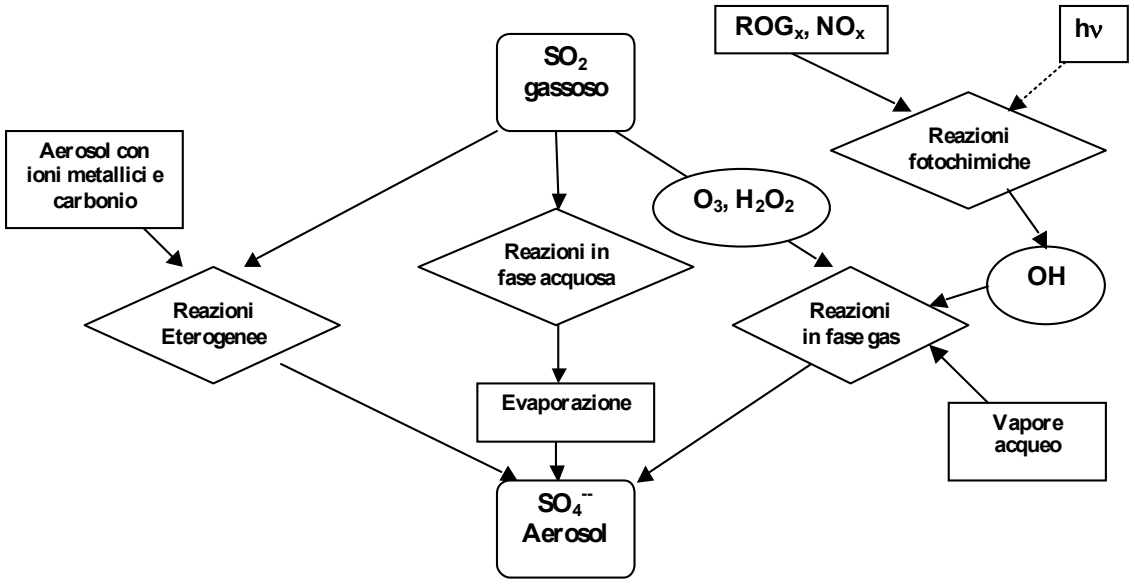

Figura 6 - Trasformazione di SO_2 in aerosol

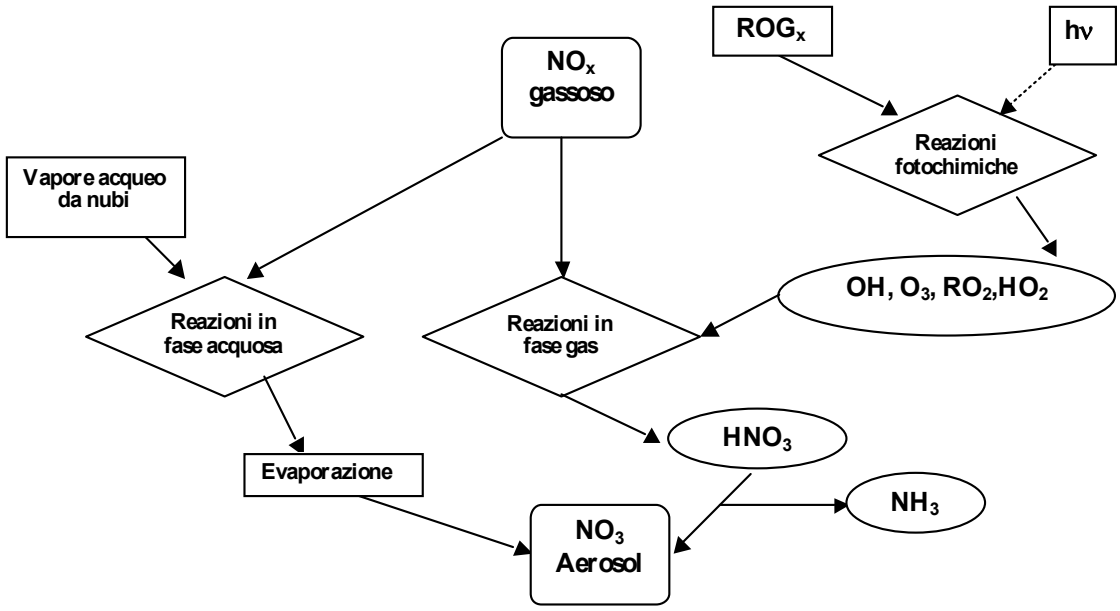

Figura 7 - Trasformazione di NO_x in aerosol

2.1.1.4 Deposizione secca ed umida

I processi di deposizione al suolo di sostanze inquinanti sono tra i principali fenomeni che contribuiscono a ridurre le concentrazioni in aria, unitamente a processi di trasporto verso le zone superiori della troposfera che però hanno un peso minore sul bilancio delle concentrazioni effettivamente misurate ad altezze inferiori ai 10 m.

Concettualmente la deposizione secca ed umida avviene in modo differente per i gas e le particelle; per i gas, i tre principali motivi di deposizione secca sono legati al gradiente verticale di concentrazione, che spinge le molecole verso il suolo e quindi fa sì che alcune di queste vengano effettivamente assorbite nei primi millimetri di spessore del terreno, altre invece vengono intrappolate nello strato laminare (alto pochi centimetri) dell'atmosfera a diretto contatto col suolo, altre invece reagiscono chimicamente con le molecole presenti sulla

superficie. La deposizione secca dei gas inoltre avviene anche grazie all'ingestione di questi da parte delle superfici foliate. Si definisce per la deposizione secca dei gas una quantità v_g detta velocità di deposizione definita come:

$$v_g = \frac{F_g}{C(z_r)}$$

Dove F_g è il flusso verso la superficie e C la concentrazione all'altezza z dell'inquinante. Quantità più comoda da trattare e da distribuire tra le varie cause è l'inverso di questa velocità, definito resistenza di trasferimento r_g. Questa quantità permette di trattare la deposizione secca dei gas alla stregua dei circuiti elettrici con resistenze in serie o parallelo date dai vari fattori di trasferimento fra aria, terreno e fogliame.

Per quanto riguarda la deposizione umida dei gas, tornando alle trasformazioni citate nel paragrafo 2.1.1.3 gli aerosol di azoto e zolfo, così come l'acido solforico sono portati al suolo da piogge e neve. Infatti questi composti sono dapprima inglobati nelle nubi, dove spesso avvengono le reazioni di riduzione citate, per poi venire depositati all'interno di gocce d'acqua o fiocchi di neve (è il fenomeno delle piogge acide, per quanto riguarda l'acido solforico ad esempio).

Per le particelle sospese con diametro inferiore ai 10 micron, il discorso è differente in quanto queste sono dotate di massa non trascurabile nel calcolo di effetti dovuti alla gravità terrestre. Infatti una buona percentuale di queste particelle viene depositata per sedimentazione. Detta σ_p la densità della particella, r il suo raggio, σ_a la densità dell'aria e ν il coefficiente di viscosità cinematica, la velocità di deposizione delle particelle al suolo (che è ovviamente una velocità terminale) è data da:

$$V_s = \frac{2\sigma_P g r^2}{9\sigma_a \nu}$$

Inoltre le polveri vengono depositate anche a causa delle collisioni con particelle meno dense, ma in numero maggiore, ad esempio quelle dei gas; di conseguenza anche il moto browniano gioca un ruolo fondamentale nella deposizione. Altro fenomeno di deposizione secca di particelle si ha ovviamente quando queste sono racchiuse all'interno di un volume d'aria che per azione del vento impatta su superfici più o meno regolari.

La deposizione umida delle particelle è dovuta invece sostanzialmente al fenomeno per il quale esse fungono da nuclei di condensazione per le molecole di acqua contenute in una nube, venendo quindi precipitate sotto forma di pioggia o neve.

2.1.1 Modello meteorologico WRF

Il modello Weather Research and Forecasting (WRF)[4] è un modello atmosferico progettato, come indica il nome, sia per la ricerca che per la previsione meteorologica numerica. Sebbene sia ufficialmente supportato dall'US National Center for Atmospheric Research (NCAR), WRF è diventato un vero modello globale grazie al suo sviluppo a lungo termine attraverso gli interessi e i contributi di una larga base di utenti a livello mondiale. Da questi, WRF si è sviluppato fino a fornire capacità speciali per una serie di applicazioni di previsione planetari, come la chimica dell'aria, l'idrologia, gli incendi boschivi, gli uragani e il clima regionale. Il

[4] Jordan G. Powers, Joseph B. Klemp, William C. Skamarock, Christopher A. Davis, Jimy Dudhia, David O. Gill, Janice L. Coen, and David J. Gochis, The Weather Research and Forecasting Model: Overview, System Efforts, and Future Directions,

quadro di riferimento software di WRF ha facilitato tali estensioni e supporta un calcolo efficiente e massivamente parallelo su un'ampia gamma di piattaforme di elaborazione.

WRF realizza simulazioni atmosferiche. Il processo ha due fasi, la prima fase configura i domini del modello, acquisisce i dati di input e prepara le condizioni iniziali la seconda fase esegue il modello di previsione.

I componenti del modello di previsione operano all'interno del framework del software WRF, che gestisce le comunicazioni di input/output e del calcolo parallelo. WRF è scritto principalmente in Fortran, può essere compilato con un ampio numero di compilatori e funziona prevalentemente su piattaforme con sistemi operativi UNIX, dai laptop ai supercomputer.

il sistema di modellazione WRF comprende questi importanti programmi:

- il sistema di preelaborazione WRF (WPS)
- il sistema per la data assimilation WRF-DA
- il risolutore ARW
- strumenti di post-elaborazione e visualizzazione

Le simulazioni WRF iniziano con il WRF Preprocessing System (WPS) che racchiude una serie di funzioni di utilità. La WPS in primo luogo carica le informazioni geografiche (ad esempio, topografia, uso del territorio), per impostare i domini del modello dell'utente. Successivamente, carica, riformatta e interpola ai domini dell'utente, i necessari dati atmosferici "first-guess" (ad es. un'analisi globale o una previsione del modello). Infine, i campi di input vengono posizionati sui livelli verticali del modello e vengono generate le condizioni al contorno laterali. WRF è quindi pronto per essere eseguito. L'esecuzione del modello è effettuata dalla componente di previsione che contiene il solver dinamico e pacchetti di fisica per i processi atmosferici (ad esempio microfisica, radiazione, strato limite planetario).

Per il suo design come strumento di ricerca, WRF può anche essere configurato per condurre simulazioni idealizzate. Questa capacità consente agli utenti di studiare i processi in un'impostazione semplificata (ad esempio, riferendosi ad un singolo sondaggio o ad una topografia idealizzata) variando i parametri e le condizioni iniziali mentre si utilizza una fisica limitata. Attualmente, il WRF offre 12 scenari idealizzati, tra cui onde barocline, convezione supercellulare, bassa topografia, flussi di grandi correnti e cicloni tropicali. Inoltre, i singoli utenti possono facilmente costruire altre configurazioni idealizzate.

WRF può anche essere eseguito come un modello globale su una griglia di latitudine e longitudine. A livello globale, WRF è stato originariamente costruito per studiare le atmosfere planetarie, ed è stato successivamente utilizzato per le previsioni terrestri, la chimica e le applicazioni climatiche.

Con le configurazioni sia realistiche sia idealizzate, il WRF è stato ampiamente utilizzato per la ricerca. Poiché il WRF è fondamentalmente un modello a mesoscala, le applicazioni di ricerca del WRF nel corso degli anni hanno trattato la gamma degli argomenti della meteorologia a mesoscala: processi sinottici e a mesoscala associati a cicloni extratropicali, fronti e getti; eventi meteorologici e fenomeni a mesoscala; convezione organizzata; e gli uragani. Negli ultimi anni l'uso del WRF per la ricerca sul clima regionale è cresciuto e, in questo, la forza di WRF sta nella risoluzione dei processi atmosferici e di superficie terrestre su scala ridotta meglio dei modelli globali tradizionalmente usati per le proiezioni climatiche.

Il WRF Data Assimilation System (WRFDA) è il principale sistema di assimilazione dati per WRF. Presenta approcci variazionali tridimensionali e quadridimensionali, nonché un

approccio ibrido variazionale-ensemble. Queste tecniche possono assimilare una vasta gamma di tipi di osservazione diretta e indiretta, dai tradizionali dati in superficie e negli strati superiori dell'atmosfera a misurazioni satellitari. Il WRFDA può attualmente importare osservazioni dai dati convenzionali di superficie e di strati superiori dell'atmosfera, radar e precipitazioni, acquisitori satellitari e connessi a terra, radianti satellitari

Oltre al WRFDA, il sistema di analisi di Interpolazione statistica Gridpoint e il Testbed di Assimilazione dati sono funzionalità di assimilazione dei dati che possono essere utilizzate per preparare le condizioni iniziali del WRF.

Il risolutore ARW è il componente chiave del sistema di modellazione, che è composto da diversi programmi di inizializzazione per simulazioni idealizzate e di dati reali e dal programma di integrazione numerica. ARW è un modello con le seguenti caratteristiche principali:

- completamente comprimibile, non idrostatico (con opzione idrostatica);
- coordinate che seguono il terreno;
- schema di integrazione temporale Runge-Kutta del 3° ordine;
- possibilità di utilizzo di domini nidificati;
- possibilità di scelta di condizioni al contorno laterali adatte per simulazioni realistiche e idealizzate (assegnate, periodiche, aperte, simmetriche, nidificate),
- schema di avvezione di alto livello,
- opzioni fisiche complete per rappresentare la radiazione atmosferica, lo strato superficiale e limite ed i processi di nuvolosità e precipitazioni.

Previsto per la previsione meteorologica numerica, il WRF è utilizzato a livello operativo in centri pubblici e privati di tutto il mondo. La configurabilità dei domini ad alta risoluzione, la varietà di possibili dati di input e la flessibilità computazionale (in particolare nelle impostazioni di risorse limitate), insieme alla capacità di sfruttare i progressi del modello da una comunità di ricerca globale, lo hanno reso particolarmente interessante per le previsioni in tempo reale .

2.1.2 Il modello di dispersione fotochimico Chimere

Chimere è un modello euleriano numerico tridimensionale di dispersione e trasporto fotochimico sviluppato dall'Istituto Pierre Simon Laplace, il LISA del CNRS e dall'INERIS francese (è stato usato nella sua versione 2016)[5].

Chimere è stato progettato per svolgere previsioni quotidiane di O_3, 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.

Chimere riproduce i principali fenomeni che riguardano gli inquinanti atmosferici: emissione, diffusione, trasporto, reazioni chimiche, deposizioni.

Le principali caratteristiche ed applicazioni sono:

- previsioni quotidiane di ozono, polveri ed altri inquinanti;
- analisi di scenari emissivi (simulazioni di lungo termine);
- il meccanismo chimico MELCHIOR utilizzato dal modello è adattato dall'originale meccanismo EMEP;

[5] Menut L. et al., Institut Pierre-Simon Laplace (C.N.R.S.), INERIS, LISA (C.N.R.S.), Documentation of the chemistry-transport model Chimere [version chimere 2016]

- include meccanismi di attenuazione della fotolisi provocata da pioggia o umidità relativa;
- la turbolenza dello strato limite planetario è rappresentata come diffusione (Troen e Mahrt, 1986, BLM);
- il vento verticale è simulato attraverso uno schema di bilanciamento di massa con approccio bottom-up;
- deposizione secca ed umida di tutte le sostanze considerate;
- l'equilibrio termodinamico degli aerosol è ottenuto tramite il modello ISORROPIA;
- varie reazioni in fase acquosa considerate dal modello;
- formazione e trasporto del particolato secondario.

Chimere gestisce la simulazione attraverso la fase di inizializzazione, la fase computazionale e la fase di terminazione.

Nella prima fase sono aperti i file di ingresso ed uscita e si inizializzano gli operatori dei vari moduli. Nella fase computazionale, in base alle indicazioni del file di controllo Chimere.par, che specifica molte delle caratteristiche di ingresso ed uscita della simulazione, sono acquisiti e processati i dati di emissione, i dati meteorologici e le condizioni al bordo e sono risolte le equazioni che governano la diffusione orizzontale e verticale, la deposizione secca e la chimica, sono effettuate le medie temporali e i campi di concentrazione e dei flussi di massa orari sono scritti sui file di uscita. Nell'ultima fase tutti i file di dati sono chiusi.

Relativamente ai dataset necessari si riportano i seguenti dettagli:

- le emissioni antropogeniche sono estratte direttamente dall'inventario di emissioni con riferimento all'anno base (2015) o proiettate all'anno di riferimento della previsione tramite il modello **Projection** di **E²Gov** di Techne Consulting descritto al paragrafo 2.3.1;
- le emissioni biogeniche sono fornite gratuitamente dal database online del modello MEGAN; MEGAN è un sistema di modellazione per la stima delle emissioni di gas e aerosol da ecosistemi terrestri in atmosfera; il modello Chimere è ottimizzato per l'uso di emissioni biogeniche dal modello MEGAN;
- i campi meteorologici necessari al modello Chimere sono ricavati dall'output della modellistica meteorologica, nello specifico dall'output del modello WRF (paragrafo 2.1.1);
- le categorie di uso suolo provengono direttamente dal database online ed in forma gratuita GlobCover, che prevede 22 diverse classi di uso suolo su scala globale con risoluzione pari a 300 metri. Anche in questo caso il modello Chimere è ottimizzato ed interfacciato con il dataset GlobCover;
- le condizioni a contorno necessarie al modello Chimere derivano da simulazioni dello stesso modello Chimere adattato per un dominio di scala continentale con una risoluzione di mezzo grado, in modo da coprire uno spazio esteso intorno al territorio regionale. Tali simulazioni sono disponibili on line presso il sito degli sviluppatori del modello (Ineris);
- i dati di trasporto transfrontaliero di polveri sahariane in ingresso al modello Chimere sono calcolati all'interno del modello stesso tramite il preprocessore diagdust.

L'estrazione e la preparazione delle emissioni antropogeniche per il modello segue i passi fondamentali di seguito riportati:

- le emissioni di COVNM, NO_x, SO_x, CO, PM_{10}, $PM_{2,5}$, NH_3, BaP, BbF, BkF e CH_4 vengono speciate secondo profili di speciazione interni al modello Chimere e

successivamente aggregate in specie chimiche prodotto; i profili di speciazione e di aggregazione tengono conto del dettaglio di macrosettore (e relative attività produttive);

- le suddette emissioni di specie chimiche prodotto sono quindi assegnate alle maglie del reticolo di calcolo tramite disaggregazione geografica delle sorgenti diffuse, lineari e puntuali, producendo quindi emissioni annue per ogni specie considerata e per ogni cella del reticolo; a questo livello le emissioni sono ancora suddivise per attività; i valori di proxy geografica necessari alla disaggregazione sono immagazzinati nel database dell'inventario delle emissioni;
- successivamente si procede alla disaggregazione temporale delle emissioni; tramite opportuni profili temporali, presenti nel database dell'inventario delle emissioni ed assegnati opportunamente alle singole attività produttive, si ottiene per ogni maglia e per ogni attività produttiva in essa presente la specifica emissione su base mensile, quindi per giorno della settimana, quindi oraria sulle 24 ore;
- le emissioni orarie vengono quindi sommate all'interno della cella raggruppando per macrosettore per ottenere il totale di emissione oraria per ogni maglia, ora e ogni specie prodotto;
- vengono infine creati i file su base mensile, contenenti i valori di emissione per ogni specie prodotto con il dettaglio orario e per giorno della settimana.

Come già detto, un modello fotochimico è in grado di trattare le complesse e numerose reazioni chimiche di reazione e fotodissociazione su cui si basa la formazione degli inquinanti secondari. Il modello Chimere si basa sul meccanismo chimico Melchior che tratta le principali specie chimiche e polveri riportate in Tabella 1.

A causa dell'impossibilità di implementare un numero troppo grande di reazioni coinvolgenti diverse centinaia di specie, i modelli fotochimici devono necessariamente utilizzare un meccanismo chimico di condensazione ovvero un meccanismo semplificato in cui le singole specie inquinanti sono raggruppate in specie-gruppo (lumped-species) con differenti criteri.

Il meccanismo chimico in fase gassosa utilizzato per le simulazioni è il meccanismo chimico ridotto MELCHIOR2. Questo meccanismo permette di ridurre il tempo di calcolo in quanto opera con 44 specie e circa 120 reazioni ed è stato derivato dal meccanismo chimico completo MELCHIOR.

Il modulo utilizzato per gli aerosol è stato appositamente sviluppato per Chimere utilizzando un modello a classi dimensionali basato sull'equilibrio termodinamico calcolato mediante il modello ISORROPIA. Nella presente simulazione si è utilizzato il modo standard che tratta 6 classi granulometriche (limiti a: 40µm, 10µm, 2.5µm, 0.6µm, 150nm, 40nm, 10nm) e 7 specie chimiche (primario, solfati, nitrati, ammonio, secondario organico, dust, sale marino), per un totale di 42 variabili prognostiche. Il modello valuta inoltre le polveri disciolte nell'acqua delle nubi (5 specie chimiche) e l'acqua associata agli aerosol (per ciascuna classe granulometrica). Le specie primario, dust e sale non partecipano alle reazioni chimiche. Gli aerosol emessi sono tutti inclusi nella specie "primario" (nitrati, solfati, ammonio e secondario organico sono quindi interamente secondari). Erosione, risospensione e spray marino sono stimati con semplici algoritmi che dipendono da: velocità del vento, friction velocity, umidità del terreno e uso del suolo.

La risospensione è indipendente dalla deposizione (agisce in sostanza come un'ulteriore erosione del suolo).

Tabella 1 – Principali specie chimiche e polveri trattate dal meccanismo chimico Melchior

Specie chimica	Nome
O_3	Ozone
NO_2	Nitrogen Dioxide
NO	Nitrogen Monoxide
PAN	Peroxy-Acetyl-Nitrate
HNO_3	NitricAcid
SO_2	Sulphur Dioxide
CO	Carbon Monoxide
CH_4	Methane
C_2H_6	Ethane
NC_4H_{10}	Butane
C_2H_4	Ethene
C_3H_6	Propene
OXYL	o-Xylene
C_5H_8	Isoprene
APINEN	Alpha-Pinene
HCHO	Formaldehyde
CH_3CHO	Acetaldehyde
GLYOX	Glyoxal
MGLYOX	Methyl-Glyoxal
CH_3COE	Methyl-Ethyl Ketone
PPM_1	Particolato primario
P_1HNO_3	Particolato secondario nitrato
P_1h_2so4	Particolato secondario solfato
P_1nh_3	Particolato secondario ammonio 0.1-0.4 µm
P_1soa	Particolato secondario organico
P_1dust	Particolato dust

2.2 Valutazione degli indici legislativi e validazione del modello

Al fine di valutare le prestazioni del modello utilizzato saranno calcolati degli opportuni indici sia di carattere legislativo che di tipo statistico. Più precisamente, la serie oraria misurata dalle stazioni di monitoraggio presenti sul territorio sarà confrontata con la serie oraria in uscita dal modello per la cella del dominio contenente la stazione.

2.2.1 Confronto dei risultati con gli standard legislativi

I risultati dei modelli, per gli inquinanti per i quali il modello fornisce i valori di concentrazione, e quelli del monitoraggio sono confrontati con gli indici legislativi (D. Lgs. 155/2010) sia relativi alla protezione della salute e degli ecosistemi sia quelli relativi alle norme per il monitoraggio (le cosiddette soglie di valutazione inferiore e superiore). Di seguito sono riportati i valori di riferimento fissati dal D. Lgs. 155/2010 per biossido di zolfo (Tabella 6), ossidi di azoto (Tabella 2), particelle sospese con diametro inferiore a 10 µm (Tabella 3), e a 2,5 µm $PM_{2,5}$ (Tabella 4), monossido di carbonio (Tabella 5), benzo(a)pirene (Tabella 7), benzene (Tabella 8), ozono (Tabella 9), piombo (Tabella 10), arsenico (Tabella 11), cadmio (Tabella 12) e nichel (Tabella 13).

Tabella 2 - Valori di riferimento per gli ossidi di azoto*

Tipo	Scopo	Parametro	Soglia	Note
Valore limite	Protezione salute	Media oraria	200 µg/m^3	da non superare più di 18 volte in un anno
		Media annuale	40 µg/m^3	
Livello critico	Protezione vegetazione	Media annuale	30 µg/m^3 NO_x	
Soglia di allarme	Protezione salute	Media oraria	400 µg/m^3	il superamento della soglia deve verificarsi su 3 ore consecutive
Soglia di valutazione superiore	Protezione salute	Media oraria	140 µg/m^3	(70% del valore limite) da non superare più di 18 volte in un anno
		Media annuale	32 µg/m^3	(80% del valore limite)
	Protezione vegetazione	Media annuale	24 µg/m^3	(80% del livello critico)
Soglia di valutazione inferiore	Protezione salute	Media oraria	100 µg/m^3	(50% del valore limite) da non superare più di 18 volte in un anno
		Media annuale	26 µg/m^3	(65% del valore limite)
	Protezione vegetazione	Media annuale	19,5 µg/m^3	(65% del livello critico)

* inteso come biossido di azoto (NO_2) ai fini della protezione della salute umana e come ossidi di azoto (NO_x) ai fini della protezione della vegetazione

Tabella 3 - Valori di riferimento per le particelle con diametro inferiore a 10 µm (PM10)

Tipo	Scopo	Parametro	Soglia	Note
Valore limite	Protezione salute	Media giornaliera	50 µg/m^3	da non superare più di 35 volte in un anno
		Media annuale	40 µg/m^3	
Soglia di valutazione superiore	Protezione salute	Media giornaliera	35 µg/m^3	(70% del valore limite) da non superare più di 35 volte in un anno
		Media annuale	28 µg/m3	(70% del valore limite)
Soglia di valutazione inferiore	Protezione salute	Media giornaliera	25 µg/m^3	(50% del valore limite) da non superare più di 35 volte in un anno
		Media annuale	20 µg/m^3	(50% del valore limite)

Tabella 4 – Valore di riferimento per le particelle con diametro inferiore a 2,5 µm (PM2,5)

Tipo	Scopo	Parametro	Soglia	Note
Valore limite	Protezione salute	Media annuale	25 µg/m^3	In vigore dal 1° gennaio 2015
Soglia di valutazione superiore	Protezione salute	Media annuale	17 µg/m^3	(70% del valore limite)
Soglia di valutazione inferiore	Protezione salute	Media annuale	12 µg/m^3	(50% del valore limite)

Tabella 5 – Valore di riferimento per il monossido di carbonio (CO)

Tipo	Scopo	Parametro	Soglia	Note
Valore limite	Protezione salute	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m^3	
Soglia di valutazione superiore	Protezione salute	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	7 mg/m^3	(70% del valore limite)
Soglia di valutazione inferiore	Protezione salute	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	5 mg/m^3	(50% del valore limite)

Tabella 6 - Valori di riferimento per il biossido di zolfo

Tipo	Scopo	Parametro	Soglia	Note
Valore limite	Protezione salute	Media oraria	350 µg/m^3	da non superare più di 24 volte in un anno
		Media giornaliera	125 µg/m^3	da non superare più di 3 volte in un anno
Livello critico	Protezione vegetazione	Media annuale	20 µg/m^3	
		Media invernale (1° ottobre-31 marzo)	20 µg/m^3	
Soglia di allarme	Protezione salute	Media oraria	500 µg/m^3	il superamento della soglia deve verificarsi su 3 ore consecutive
Soglia di valutazione superiore	Protezione salute	Media giornaliera	75 µg/m^3	(60% del valore limite) da non superare più di 3 volte in un anno
	Protezione vegetazione	Media invernale (1° ottobre – 31 marzo)	12 µg/m^3	(60% del livello critico)
Soglia di valutazione inferiore	Protezione salute	Media giornaliera	50 µg/m^3	(40% del valore limite) da non superare più di 3 volte in un anno
	Protezione vegetazione	Media invernale (1° ottobre – 31 marzo)	8 µg/m^3	(40% del livello critico)

Tabella 7 – Valore di riferimento per il benzo(a)pirene (BaP)

Tipo	Scopo	Parametro	Soglia	Note
Valore limite	Protezione salute	Media annuale	1 ng/m^3	
Soglia di valutazione superiore	Protezione salute	Media annuale	0,6 ng/m^3	(60% del valore limite)
Soglia di valutazione inferiore	Protezione salute	Media annuale	0,4 ng/m^3	(40% del valore limite)

Tabella 8 – Valore di riferimento per il benzene (C_6H_6)

Tipo	Scopo	Parametro	Soglia	Note
Valore limite	Protezione salute	Media annuale	5 µg/m^3	
Soglia di valutazione superiore	Protezione salute	Media annuale	3,5 µg/m^3	(60% del valore limite)
Soglia di valutazione inferiore	Protezione salute	Media annuale	2 µg/m^3	(40% del valore limite)

Tabella 9 - Valori di riferimento per l'ozono

Tipo	Scopo	Parametro	Soglia	Note
Valore obiettivo	Protezione salute	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m^3	da non superare più di 25 volte in un anno (media su tre anni)
Valore obiettivo a lungo termine	Protezione salute	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m^3	
Soglia di allarme	Protezione salute	Media oraria	240 µg/m^3	il superamento della soglia deve verificarsi su 3 ore consecutive
Soglia di informazione	Protezione salute	Media oraria	180 µg/m^3	

Tabella 10 – Valore di riferimento per il piombo (Pb)

Tipo	Scopo	Parametro	Soglia	Note
Valore limite	Protezione salute	Media annuale	0,5 µg/m^3	
Soglia di valutazione superiore	Protezione salute	Media annuale	0,35 µg/m^3	(70% del valore limite)
Soglia di valutazione inferiore	Protezione salute	Media annuale	0,25 µg/m^3	(50% del valore limite)

Tabella 11 – Valore di riferimento per l'arsenico (As)

Tipo	Scopo	Parametro	Soglia	Note
Valore limite	Protezione salute	Media annuale	6 ng/m^3	
Soglia di valutazione superiore	Protezione salute	Media annuale	3,6 ng/m^3	(60% del valore limite)
Soglia di valutazione inferiore	Protezione salute	Media annuale	2,4 ng/m^3	(40% del valore limite)

Tabella 12 – Valore di riferimento per il cadmio (Cd)

Tipo	Scopo	Parametro	Soglia	Note
Valore limite	Protezione salute	Media annuale	5 ng/m^3	
Soglia di valutazione superiore	Protezione salute	Media annuale	3 ng/m^3	(60% del valore limite)
Soglia di valutazione inferiore	Protezione salute	Media annuale	2 ng/m^3	(40% del valore limite)

Tabella 13 – Valore di riferimento per il nichel (Ni)

Tipo	Scopo	Parametro	Soglia	Note
Valore limite	Protezione salute	Media annuale	20 ng/m^3	
Soglia di valutazione superiore	Protezione salute	Media annuale	14 ng/m^3	(70% del valore limite)
Soglia di valutazione inferiore	Protezione salute	Media annuale	10 ng/m^3	(50% del valore limite)

2.2.2 Valutazione dell'incertezza dei risultati della modellistica

2.2.2.1 Indice legislativo

In particolare per la valutazione della bontà dell'applicazione modellistica è applicato l'indice MER così come indicato nel D. Lgs. 155/2010 e di seguito descritto.

Per ciascun punto in relazione al quale si confrontino dati ottenuti dalle stazioni di misurazione con quelli ottenuti dalle simulazioni, si definisce l'errore relativo (ER) come:

$$ER = \frac{|O_{VL} - M_{VL}|}{VL}$$

dove O_{vl} è la concentrazione misurata più vicina al valore limite (o al valore obiettivo) e M_{vl} è la corrispondente concentrazione fornita dal modello nella distribuzione quantile-quantile (distribuzione in cui valore misurato e valore simulato sono abbinati ordinando tutte le concentrazioni misurate e simulate in ordine crescente).

Il massimo valore di ER trovato utilizzando il 90% delle stazioni di misurazione presenti nel dominio di calcolo del modello è il Massimo Errore Relativo (MER) e corrisponde all'incertezza della tecnica di modellizzazione definita al paragrafo 1, punto 6, dell'allegato I del suddetto Decreto Legislativo.

Una volta scelte le stazioni di misura rappresentative del territorio su cui si esegue la modellistica, l'indice MER deve assumere valori inferiori ad una soglia stabilita a seconda del tipo di inquinante e del periodo temporale su cui si esegue la media. Nello specifico, seguendo quanto riportato nella Tabella 1 dell'Allegato 1 del Decreto in oggetto, l'indice MER per la media oraria di NO_2 deve assumere al massimo il valore 0.5 (o 50%), per la media annuale di NO_2 il massimo valore di MER ammesso è di 0.3 (30%). Non è stata tuttora definita la soglia per il MER della media giornaliera di PM_{10}, per quanto questo valore sia stato comunque considerato e presentato in questo studio, come riportato più avanti.

2.2.2.2 ***Altri indici statistici***

La letteratura inerente ai modelli di dispersione propone diversi indici statistici, ciascuno dei quali sottintende metodiche di analisi mirate alla valutazione delle prestazioni relativamente a diversi aspetti. Detti C_S e C_M rispettivamente i valori di concentrazione simulata dal modello e la concentrazione misurata dalla centralina ora per ora, e σ_S e σ_M le deviazioni standard della serie simulata e misurata, gli indici sono i seguenti:

- Errore quadratico medio normalizzato (NMSE):

$$NMSE = \frac{\overline{(C_S - C_M)^2}}{\overline{C_S} * \overline{C_M}}$$

- "Gross error normalizzato" (NGRER) (non tiene conto del segno dello scarto fra concentrazioni simulate e misurate):

$$NGRER = \frac{\overline{|C_S - C_M|}}{\overline{C_M}}$$

- "Fractional bias":

$$FB = 2 * \frac{\overline{C_S} - \overline{C_M}}{\overline{C_S} + \overline{C_M}}$$

  (il valore di FB varia perciò fra –2 e +2 ed ha un valore ottimale pari a zero);
- Varianza "frazionale", a partire dalle varianze dei dati simulati e misurati, nel modo seguente:

$$FS = 2 * \frac{\sigma_S^2 - \sigma_M^2}{\sigma_S^2 + \sigma_M^2}$$

  il valore di FS varia, ovviamente, fra –2 e +2 ed ha un valore ottimale di zero).

L'indice NMSE può venire ulteriormente suddiviso in una parte dovuta all'errore sistematico $NMSE_s$ ed una dovuta all'errore casuale $NMSE_r$, rispettivamente:

$$NMSE_S = \frac{4*FB^2}{4-FB^2} \qquad NMSE_r = NMSE - NMSE_s$$

Si è dimostrato che l'insieme di questi indici fornisce una buona valutazione delle prestazioni complessive di un modello.

2.3 La elaborazione di scenari emissivi

Di fondamentale importanza per la redazione del piano di tutela della qualità dell'aria sono le attività legate alla definizione degli scenari emissivi ed in primo luogo dello scenario emissivo di riferimento. Il D. lgs 155/2010 all'articolo 22 comma 4 prevede, infatti, che lo Stato, le regioni e le province autonome elaborino i rispettivi scenari energetici e dei livelli delle attività produttive, con proiezione agli anni in riferimento ai quali lo Stato provvede a scalare l'inventario nazionale su base provinciale e, sulla base di questi, elaborano i rispettivi scenari emissivi.

Gli scenari energetici e dei livelli delle attività produttive si riferiscono alle principali attività produttive responsabili di emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera, ai più importanti fattori che determinano la crescita economica dei principali settori, come l'energia, l'industria, i trasporti, il riscaldamento civile, l'agricoltura, e che determinano i consumi energetici e le emissioni in atmosfera, individuati nell'appendice IV, parte II. L'ISPRA elabora lo scenario energetico e dei livelli delle attività produttive nazionale e provvede a scalarlo su base regionale e, sulla base di tale scenario, l'ENEA elabora, secondo la metodologia a tali fini sviluppata a livello comunitario, lo scenario emissivo nazionale.

Le regioni e le province autonome armonizzano i propri scenari con le rispettive disaggregazioni su base regionale dello scenario nazionale sulla base degli indirizzi espressi dal Coordinamento di cui all'articolo 20 del D. lgs 155/2010. Le regioni e le province autonome assicurano la coerenza tra gli scenari elaborati e gli strumenti di pianificazione e programmazione previsti in altri settori, quali, per esempio, l'energia, i trasporti, l'agricoltura.

Le attività proposte sono finalizzate a soddisfare quanto richiesto della legislazione con l'elaborazione di due tipologie di scenari:

- lo scenario tendenziale (o di riferimento), ovvero quello scenario che simula l'applicazione delle misure già in atto a livello internazionale, nazionale e regionale o perché conseguenti a nuove normative (ad esempio nuove norme sulle emissioni degli autoveicoli, nuove norme sul contenuto di solventi nei prodotti) o perché contenute in atti di pianificazione (piani nazionali, piani regionali, piani comunali);
- gli scenari di piano, ovvero quegli scenari contenenti interventi supplementari specifici di piani e misure per la gestione della qualità dell'aria.

2.3.1 Il modello *Projection* di *E³Gov*

La valutazione delle emissioni in scenari futuri è effettuata tramite il modello ***Projection*** di ***E³Gov*** di Techne Consulting . In Figura 8 è riportato lo schema operativo seguito per la costruzione degli scenari.

La proiezione avviene mediante la definizione di scenari (dei dati di base o socioeconomici, tecnologici ed emissivi). Ogni scenario coinvolge uno scenario socioeconomico, che agisce su una selezione di variabili e uno scenario tecnologico, che agisce sui fattori di emissione di una selezione di attività ed inquinanti.

La valutazione prende le mosse dalla costituzione dello "scenario di riferimento" che, dal punto di vista della qualità dell'aria questo è lo scenario riferito al termine di cui all'articolo 22, comma 4 del D. Lgs. 155/2010, elaborato sulla base delle norme e dei provvedimenti vigenti a livello europeo, nazionale, regionale, provinciale e comunale aventi rilievo in materia di inquinamento atmosferico. Lo scenario di riferimento deve essere predisposto per ognuno degli inquinanti per i quali vengono posti valori limite alle concentrazioni nelle modalità indicate dall'articolo 22, comma 4, del D. Lgs. 155/2010.

Lo scenario di riferimento è lo scenario base con cui sono confrontati gli scenari alternativi (o di piano) al fine della determinazione dei possibili interventi che minimizzano i costi una volta stabiliti gli obiettivi energetici e di risanamento della qualità dell'aria.

Tale scenario è elaborato sulla base dell'analisi dell'andamento tendenziale dei principali indicatori delle attività responsabili delle emissioni e/o dei consumi energetici, nonché sulla base degli effetti delle misure sulla limitazione o controllo delle emissioni e/o consumi che

derivano dal quadro delle norme e dei provvedimenti vigenti a livello europeo, nazionale, regionale, provinciale e comunale.

Una volta costituito lo scenario emissivo sarà costituito uno scenario di riferimento della qualità dell'aria. Esso è elaborato attraverso l'utilizzo del modello di dispersione e trasformazione in atmosfera degli inquinanti introdotto al paragrafo 2.1.2, e fornisce informazioni sull'andamento tendenziale della qualità dell'aria alla data prevista per il raggiungimento dei valori limite.

Ad ogni scenario sono associati i fattori di proiezione (o driver) definiti in precedenza e che possono essere relativi a tutto il territorio oppure a selezionate zone statistiche o strutture (linee, aree, punti). Ad i fattori di proiezione sono associati, dove rilevante, i relativi costi.

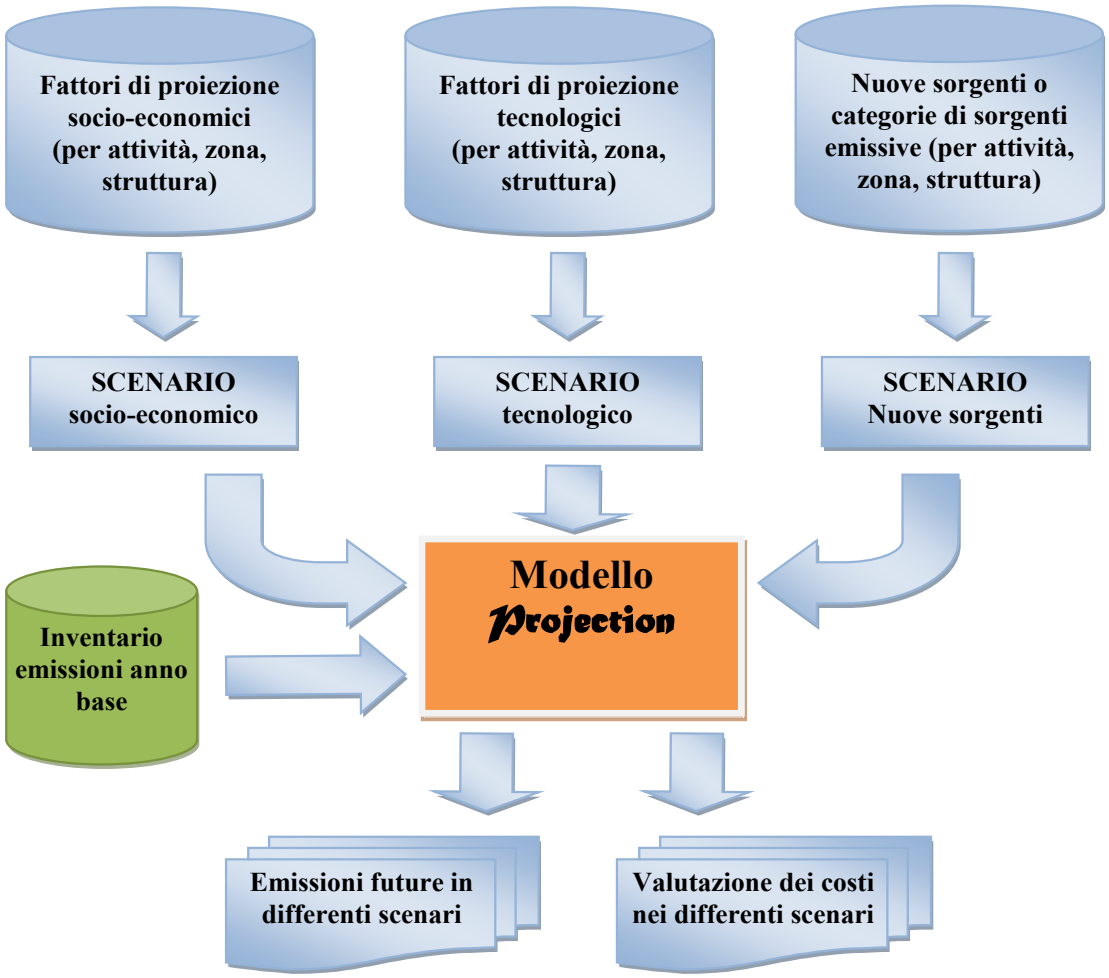

Figura 8 - Schema per la valutazione dell'evoluzione delle emissioni di inquinanti dell'aria

A titolo di esempio, per quanto riguarda la proiezione dei dati di base possono essere valutati:

- l'andamento della domanda di energia;
- l'andamento delle produzioni industriali;
- l'andamento del parco veicoli immatricolati, delle percorrenze medie e dei consumi;
- l'andamento di determinanti di tipo domestico.

Nel seguito la metodologia è descritta nel dettaglio.

2.3.2 Metodologia di proiezione delle emissioni

Ai fini della valutazione dell'evoluzione delle emissioni di inquinanti dell'aria sarà utilizzato il modello **Projection** di **E'Gov** che contiene una specifica metodologia e relativi strumenti per la proiezione.

La metodologia è suddivisa tra le differenti sorgenti di emissione: dalle sorgenti diffuse o dalle strutture.

Le emissioni dalle sorgenti statistiche (diffuse) agli anni successivi (k) in una certa zona (n) dovuti ad una certa attività (i) sono stimate a partire dalle emissioni all'anno base (0) ed opportuni fattori per la proiezione (driver) dell'indicatore di attività (a_{ik}), opportuni fattori per la proiezione (driver) dei fattori di emissione (f_{ijk}) dello specifico inquinante (j), opportuni fattori per la proiezione (driver) dell'attività specifici della zona (a^z_{jkn}), opportuni fattori per la proiezione (driver) dei fattori di emissione dello specifico inquinante (j) specifici della zona (f^l_{ijkn}) ed infine, nel caso di nuovi contributi assoluti, emissioni assolute addizionali all'anno k per zona (E^z_{ijkn}) e per l'intera regione ridistribuite su zona dalla disaggregazione dei determinanti così come definita all'interno del software **E²Gov** (E^{tz}_{ijkn}):

$$E_{ijkn} = E_{ij0}\, a_{ik}\, f_{ijk}\, a^z_{jkn}\, f^z_{ijkn} + E^z_{ijkn} + E^{tz}_{ijkn}$$

Le emissioni per le strutture ed unità agli anni successivi (k) di una certa struttura/unità (n) che esercita l'attività (i) sono stimate a partire dalle emissioni all'anno base (0) ed opportuni fattori per la proiezione (driver) dell'indicatore di attività (a_{ik}), opportuni fattori per la proiezione (driver) dei fattori di emissione (f_{ijk}) dello specifico inquinante (j), opportuni fattori per la proiezione (driver) dell'attività specifici dell'unità(a^l_{jkn}), opportuni fattori per la proiezione (driver) dei fattori di emissione dello specifico inquinante (j) specifici della struttura/unità (f^l_{ijkn}) ed infine, nel caso di nuove strutture/unità, emissioni assolute addizionali all'anno k (E^s_{ijkn}):

$$E_{ijkn} = E_{ij0}\, a_{ik}\, f_{ijk}\, a^l_{jkn}\, f^l_{ijkn} + E^s_{ijkn}$$

I fattori di proiezione (driver) dell'indicatore di attività e dei fattori di emissione possono essere comuni a più attività, strutture ed unità; ad esempio il fattore popolazione può essere utilizzato per proiettare il consumo di vernice in usi domestici così come i consumi di combustibili nel domestico ed il tenore di zolfo nel gasolio può essere utilizzato per la proiezione dei fattori degli ossidi di zolfo sia nell'industria che nel terziario. Inoltre, l'introduzione di un sistema di abbattimento del PM può essere comune ad un'attività (ad esempio centrali termoelettriche) ed ad una o più unità di un'altra attività (ad esempio cementifici).

Le nuove emissioni assolute di singole nuove unità delle strutture e nuove strutture/unità sono utilizzati per modellare l'introduzione di nuove unità di impianti esistenti o di unità di nuovi impianti o di nuove infrastrutture di trasporto. Sia le nuove strutture/unità che le nuove unità vanno preliminarmente definite nelle rispettive anagrafiche. Le nuove emissioni assolute diffuse a livello di zona possono essere utilizzate per modellare nuove attività diffuse a livello di zona, inoltre, come accennato sopra, il modello ridistribuisce eventuali emissioni addizionali definite a livello regionale sulle singole zone, utilizzando la disaggregazione delle variabili determinanti definita a livello di inventario delle emissioni nel software **E²Gov**.

2.3.3 Gli algoritmi di proiezione utilizzati dal modello

Il sistema di calcolo del modello, permette di ottenere valori di variabili determinanti ed emissioni per 15 anni consecutivi all'anno base definito dall'utente. Nella maggior parte dei casi non si hanno a disposizione da documenti ufficiali dei valori specifici di ogni fattore di proiezione (driver) per ognuno dei 15 anni di cui sopra; a titolo di esempio è possibile ricavare

da fonti ufficiali la previsione di crescita della popolazione su base annuale, mentre lo stesso non vale per le previsioni di consumi energetici per le quali si hanno valori solo per alcuni anni futuri.

È possibile quindi scegliere, per ognuno dei fattori di proiezione (driver) definiti, il metodo di interpolazione dei valori numerici che si occuperà di assegnare valori anche per gli anni per cui non si dispone di dati ufficiali. Nel modello sono definiti un metodo di interpolazione a gradini ed un metodo di interpolazione

Il metodo di interpolazione a gradini (step) mantiene inalterato il valore del fattore di proiezione (driver) tra due anni per cui si hanno valori ufficiali.

L'interpolazione lineare effettua una regressione lineare tramite il metodo dei minimi quadrati sui valori inseriti dall'utente, assegnando al fattore di proiezione (driver), per i 15 anni, i valori interpolati che ricadono sulla retta di regressione.

2.3.4 Codifica dei fattori di proiezione (driver)

Il presente paragrafo contiene la formalizzazione dei fattori di proiezione descritti nei paragrafi precedenti relativamente alle differenti attività. Nella codifica dei fattori sarà seguita la stessa codifica prevista per le misure di piano nell'Appendice VII (Questionario sui piani di qualità del D. lgs 155/2010.

I codici fanno riferimento al formato previsto dalla decisione della Commissione europea 2004/224/CE del 20 febbraio 2004. Per l'individuazione dei codici delle misure di cui ai moduli 5 e 7 di tale decisione si utilizza la

I codici delle misure sono del tipo Ixx_MSY_NN, dove: 'xx' rappresenta il codice Istat della regione, la lettera successiva (M) il macrosettore della misura, il numero successivo (S) il settore della stessa (Tabella 14), la lettera successiva il carattere della misura (Tabella 15) ed un numero progressivo di due cifre preceduto da '_' che individua il numero progressivo della misura.

Tabella 14 - Codifica settore della misura e dei relativi driver

Macrosettore		Settore	
Cod.	Descrizione	Cod.	Descrizione
M	Mobilità	0	
		1	Trasporto persone privato
		2	Trasporto persone pubblico
		3	Trasporto merci
		4	Trasporto per unità di servizio (rifiuti, pulizia strade, etc.)
		5	Altro
P	Attività produttive	0	
		1	Impianti produzione energia
		2	Impianti industriali
		3	Impianti attività artigianali
		4	Impianti attività di servizio
		5	Attività agricole
		6	Allevamenti
		7	Altro

D	Attività domestico/ commerciali	0
E	Altro	0

Tabella 15 - Codifica carattere della misura e dei relativi driver

Cod.	Descrizione
T	Tecnica
F	Economico fiscale
I	Informazione educazione
E	Altro

I driver dello scenario tendenziale sono caratterizzati dal prefisso ST_ apposto al codice della misura, i driver dello scenario di piano della Conca Ternana dal prefisso P1_, i driver dello scenario di piano regionale dal prefisso P2_

3 LO SCENARIO ATTUALE

3.1 Analisi dei dati del monitoraggio della qualità dell'aria

Preliminarmente sono state analizzate le serie storiche del monitoraggio della qualità dell'aria redatte da ARPA Umbria per gli anni dal 2010 al 2018[6] per le stazioni della rete regionale della qualità dell'aria come delineata dal Programma di valutazione della qualità dell'aria del 2015[7] (Tabella 16).

Tabella 16 – Stazioni di monitoraggio utilizzate per la valutazione

Località	Nome Stazione	Tipo staz. (°)	SO_2	PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	NO_2	CO	C_6H_6	Pb Ni Cd As	B(a)P
Perugia	Fontivegge	UT		*	*		*	*	*		*
Perugia	Ponte San Giovanni	UT		*	*		*				
Foligno	Porta Romana	UT		*	*		*	*	*		*
Terni	Carrara	UT		*	*		*	*	*		
Terni	Le Grazie	UTI		*	*		*		*	*	*
Perugia	Parco Cortonese	UF	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Gubbio	Piazza 40 martiri	UF		*	*	*	*			*	*
Città di Castello	C. Castello	UF		*	*		*				*
Spoleto	Piazza Vittoria	UF		*	*		*	*	*		
Terni	Borgo Rivo	UF		*	*	*	*			*	*
Amelia	Amelia	UF		*	*		*		*		
Magione	Magione	SF		*	*	*	*				
Narni	Narni Scalo	SF		*	*	*	*	*	*		
Orvieto	Ciconia	S/F		*	*	*	*		*		
Torgiano	Brufa	R/F		*	*	*	*				
Giano dell'Umbria	M Martani	RF		*	*						
Gubbio	Ghigiano	SI	*	*	*		*				
Gubbio	Semonte Alta(**)	SI	*	*	*		*				
Gubbio	Via L. Da Vinci	SI	*	*	*		*				*
Gubbio	Padule	SI	*	*	*		*				
Spoleto	S. Martino in Trignano	SI		*	*					*	*

(°) UT Urbana/Traffico; UF Urbana/Fondo; SF Suburbana/Fondo; SI, Suburbana/Industriale; UTI, Urbana/Traffico/Industriale; RF, Rurale/Fondo

Nelle tabelle seguenti è riportata l'analisi per gli inquinanti che presentano problematiche con riferimento ai limiti riportati nel paragrafo 2.2.1. Per la media annuale il verde indica un valore inferiore alla soglia di valutazione inferiore, il giallo un valore tra le soglie inferiore e superiore, l'arancione un valore tra la soglia di valutazione superiore ed il valore limite ed il rosso un valore superiore al valore limite; per i superamenti della media giornaliera il verde indica un valore inferiore ed il rosso un valore superiore al valore limite. Per la media massima giornaliera calcolata su 8 ore dell'ozono il colore rosso indica il superamento del valore obiettivo per la protezione della salute ed il giallo il superamento del valore obiettivo a lungo termine.

[6] ARPA Umbria, Valutazione della qualità dell'aria in Umbria Anno 2018, Relazione tecnica Luglio 2019
[7] ARPA Umbria, Relazione per il Programma di valutazione della qualità dell'aria. Anno 2015

Tabella 17 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale PM_{10}

	PM_{10} Media annua µg/m^3								
Nome Stazione	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Perugia Parco Cortonese	19	23	23	21	21	28	25	25	25
Perugia Fontivegge		29	24	20	20	22	20	19	20
Perugia Ponte San Giovanni	24	28	25	23	23	26	24	20	20
Foligno Porta Romana	27	32	29	27	26	27	26	21	25
Terni Le Grazie	27	26	28	23	24	32	35	34	31
Terni Borgo Rivo	24	26	29	29	27	31	33	33	30
Terni Carrara	28	31	30	31	27	32	34	32	30
Gubbio Piazza 40 martiri	17	25	20	21	18	24	22	21	20
Città di Castello				24	24	26	24	23	25
Spoleto Piazza Vittoria	22	24	23	19	19	20	18	16	17
Torgiano Brufa		21	19	17	16	21	19	16	16
Amelia					21	19	18	17	18
Magione				21	21	23	21	20	20
Narni Scalo	27	26	28	23	24	27	29	34	30
Orvieto Ciconia					18	19	18	17	17
Monti Martani			11	9	10	11	9	11	11
Gubbio Ghigiano	19	22	18	15	17	18	16	16	17
Gubbio Semonte Alta				14	14	16	14	15	13
Gubbio Via L. Da Vinci	19	22	20	18	18	20	17	17	18
Gubbio Padule	19	22	18	15	17	18	17	16	17
Spoleto S. Martino in Trignano			26	24	24	32	29	27	27
LIM	40	40	40	40	40	40	40	40	40
SVS	28	28	28	28	28	28	28	28	28
SVI	20	20	20	20	20	20	20	20	20

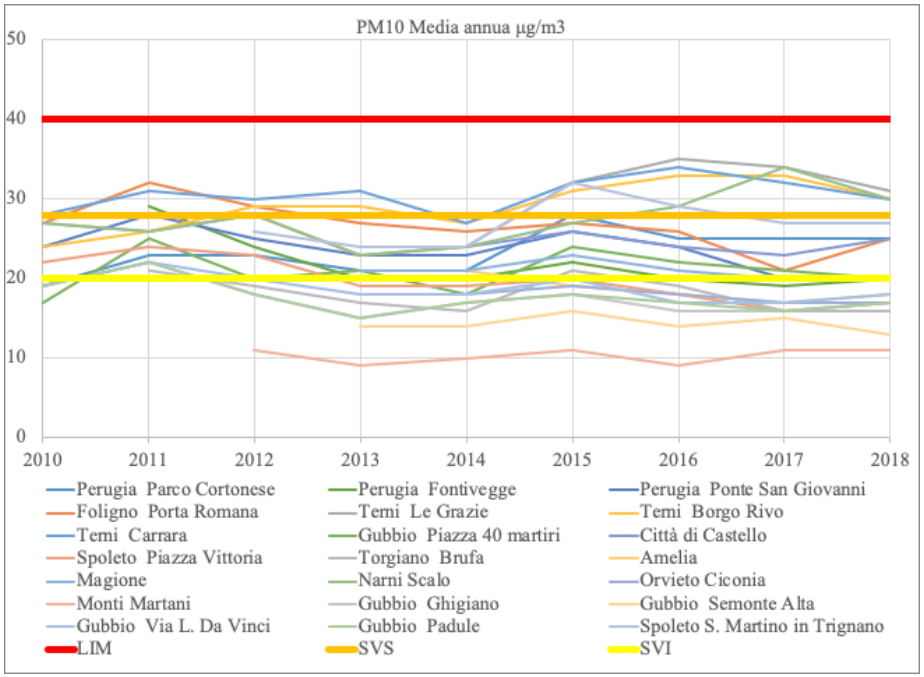

Figura 9 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale PM_{10}

Tabella 18 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: superamenti media giornaliera PM_{10}

	PM_{10} Numero superamenti								
Nome Stazione	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Perugia Parco Cortonese	5	22	12	20	12	34	21	8	13
Perugia Fontivegge	27	38	22	19	14	24	16	7	9
Perugia Ponte San Giovanni	18	43	27	28	21	36	23	16	9
Foligno Porta Romana	29	50	35	38	39	37	38	15	25
Terni Le Grazie	26	69	74	63	57	69	59	48	49
Terni Borgo Rivo	24	26	29	29	39	62	50	43	39
Terni Carrara	8	21	16	50	32	51	51	28	32
Gubbio Piazza 40 martiri	17	25	20	21	18	15	14	11	13
Città di Castello				35	17	26	32	23	25
Spoleto Piazza Vittoria	10	10	15	14	7	8	10	0	2
Torgiano Brufa	0	14	1	5	3	21	11	0	0
Amelia					0	0	0	0	0
Magione				13	8	15	12	8	1
Narni Scalo					22	38	41	43	29
Orvieto Ciconia					2	0	0	0	0
Monti Martani			0	0	2	0	1	0	2
Gubbio Ghigiano	1	5	0	0	2	1	0	0	0
Gubbio Semonte Alta					4	0	1	0	0
Gubbio Via L. Da Vinci	3	12	7	10	6	5	4	3	5
Gubbio Padule	3	8	4	5	2	3	4	3	0
Spoleto S. Martino in Trignano			22	23	23	37	38	16	14
LIM	35	35	35	35	35	35	35	35	35

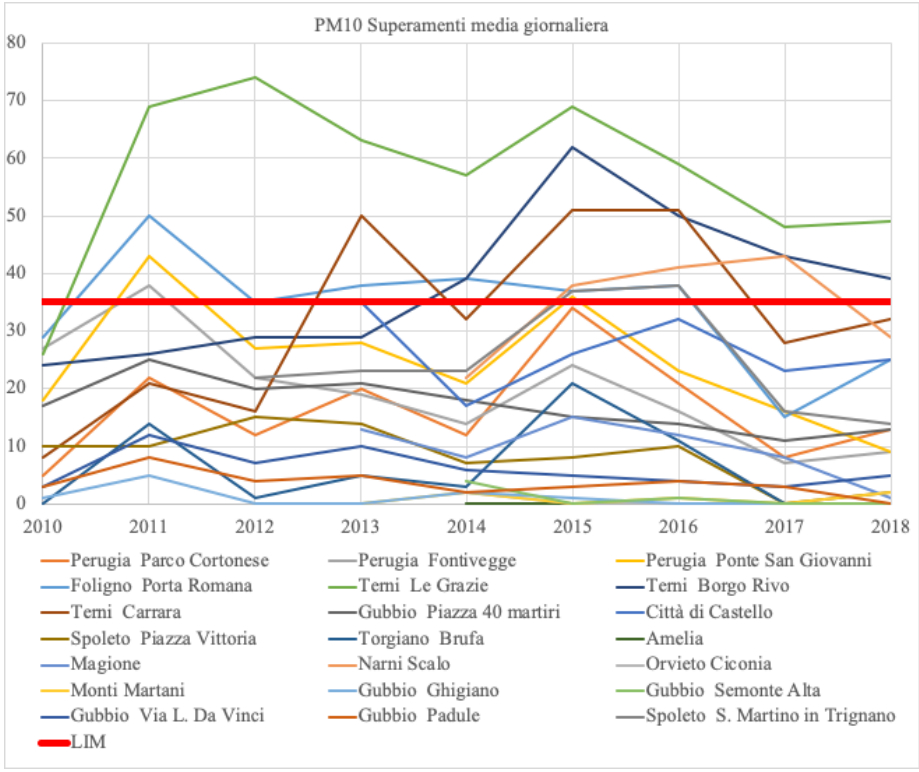

Figura 10 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: superamenti media giornaliera PM_{10}

Tabella 19 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale $PM_{2,5}$

	$PM_{2,5}$ Media annua µg/m^3								
Nome Stazione	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Perugia Parco Cortonese	13	15	15	14	14	20	17	17	17
Perugia Fontivegge		15	14	14	14	15	14	12	12
Perugia Ponte San Giovanni	15	17	13	15	15	16	13	12	13
Foligno Porta Romana				19	18	20	19	15	18
Terni Le Grazie	19	23		23	21	24	27	24	22
Terni Borgo Rivo				22	20	24	26	25	22
Terni Carrara	15	14	12	22	18	23	24	22	21
Gubbio Piazza 40 martiri				15	15	17	13	10	11
Città di Castello				19	18	20	19	17	18
Spoleto Piazza Vittoria	12	16	16	13	12	14	11	10	10
Torgiano Brufa				12	11	13	12	10	13
Amelia					15	12	12	11	12
Magione				14	14	16	14	12	22
Narni Scalo				17	17	20	22	25	11
Orvieto Ciconia					15	12	11	11	11
Monti Martani			7	6	7	8	6	7	7
Gubbio Ghigiano	11	13	11	9	10	11	9	9	9
Gubbio Semonte Alta				9	8	9	8	9	8
Gubbio Via L. Da Vinci	14	15	14	13	13	15	12	12	13
Gubbio Padule	13	15	13	12	12	14	12	11	12
Spoleto S. Martino in Trignano				19	18	21	20	21	20
LIM	25	25	25	25	25	25	25	25	25
SVS	17	17	17	17	17	17	17	17	17
SVI	12	12	12	12	12	12	12	12	12

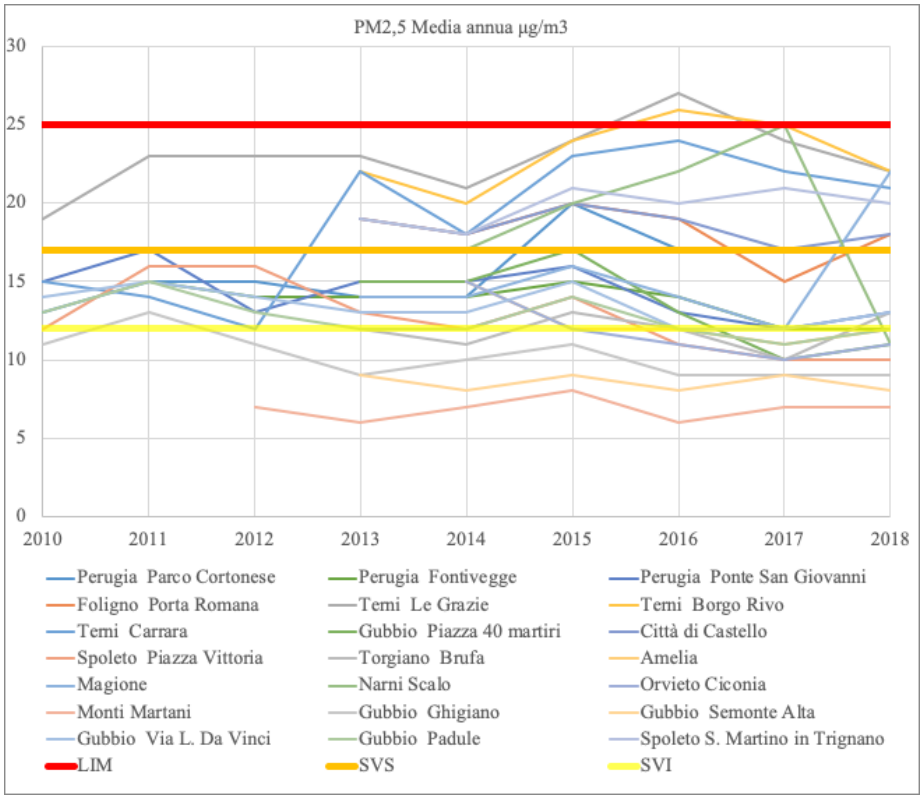

Figura 11 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale $PM_{2,5}$

Tabella 20 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale NO_2

	NO_2 Media annua µg/m^3								
Nome Stazione	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Perugia Parco Cortonese	16	17	12	11	12	28	21	23	25
Perugia Fontivegge		40	35	34	31	28	27	26	24
Perugia Ponte San Giovanni	34	33	36	36	32	25	23	25	19
Foligno Porta Romana	27	24	31	30	28	27	25	36	33
Terni Le Grazie	11	12	11	18	20	18	18	19	15
Terni Borgo Rivo	61	38	39	21	24	21	19	19	19
Terni Carrara	27	24	29	28	24	26	28	30	14
Gubbio Piazza 40 martiri	22	24	21	19	20	20	18	18	14
Città di Castello				18	16	17	16	15	14
Spoleto Piazza Vittoria	33	27	32	26	32	33	31	31	27
Torgiano Brufa	12	11	9	7	9	10	11	12	10
Amelia					10	10	10	10	8
Magione				15	20	13	10	17	16
Narni Scalo				14	11	13	13	13	11
Orvieto Ciconia					9	9	8	8	7
Gubbio Ghigiano	11	13	12	11	12	12	11	10	10
Gubbio Semonte Alta				8	9	10	9	9	9
Gubbio Via L. Da Vinci	25	19	17	16	16	14	13	12	12
Gubbio Padule	9	21	13	13	11	11	10	11	9
Spoleto S. Martino in Trignano									9
LIM	40	40	40	40	40	40	40	40	40
SVS	32	32	32	32	32	32	32	32	32
SVI	26	26	26	26	26	26	26	26	26

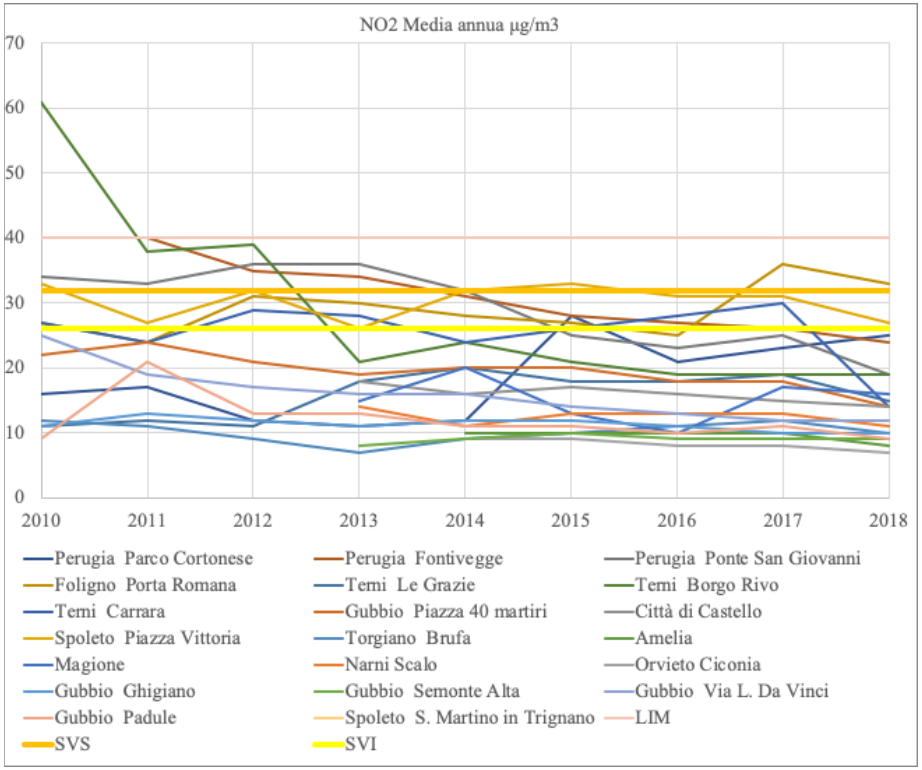

Figura 12 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale NO_2

Tabella 21 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale B(a)P

	B(a)P Media annua µg/m^3								
Nome Stazione	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Perugia Parco Cortonese	0,8	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3
Foligno Porta Romana	0,7	0,8	0,7	1,2	1,1	1	1	0,8	0,7
Terni Le Grazie	0,7	0,8	0,7	1,2	1,3	1,2	1,2	1	0,7
Terni Borgo Rivo					1	1,3	1,3	1,2	0,8
Gubbio Piazza 40 martiri	0,5	0,5	0,5	0,7	0,8	0,6	0,5	0,6	0,4
Città di Castello				1,5	1,3	1,1	1,2	1,2	1,0
Narni Scalo					1,1	0,9	1,1	0,8	0,8
Gubbio Via L. Da Vinci	0,5	0,6	0,7	0,9	1	0,9	0,9	1	0,7
Spoleto S. M. in Trignano									0,6
VO	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SVS	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
SVI	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

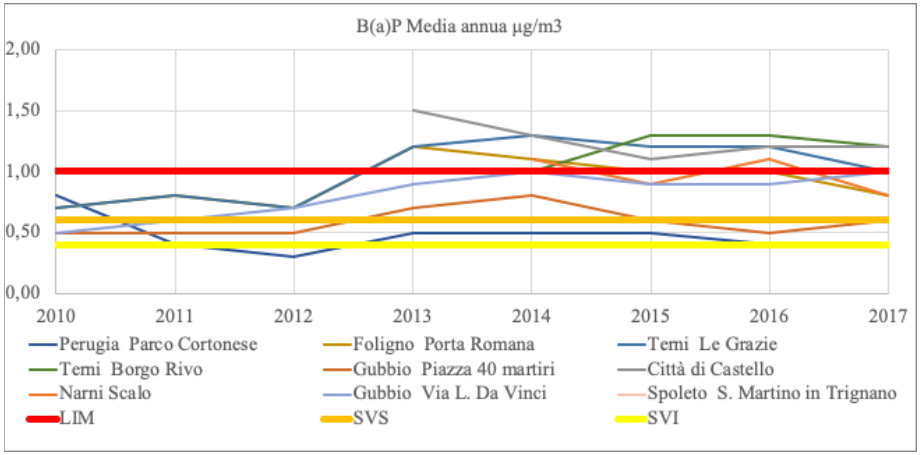

Figura 13 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale B(a)P

Tabella 22 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: media annuale Nichel

	Ni Media annua µg/m^3								
Nome Stazione	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Perugia Parco Cortonese	1,3	1,7	1,2	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	1,3
Gubbio Piazza 40 martiri	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,1
Terni Le Grazie	9,2	16,4	12,0	12,8	10,0	10,1	4,6	8,2	5,8
Terni Borgo Rivo					5,4	4,2	5,6	4,9	3,5
Narni Scalo	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	4,0
Spoleto S. M. in Trignano									2,7
VO	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
SVS	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
SVI	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

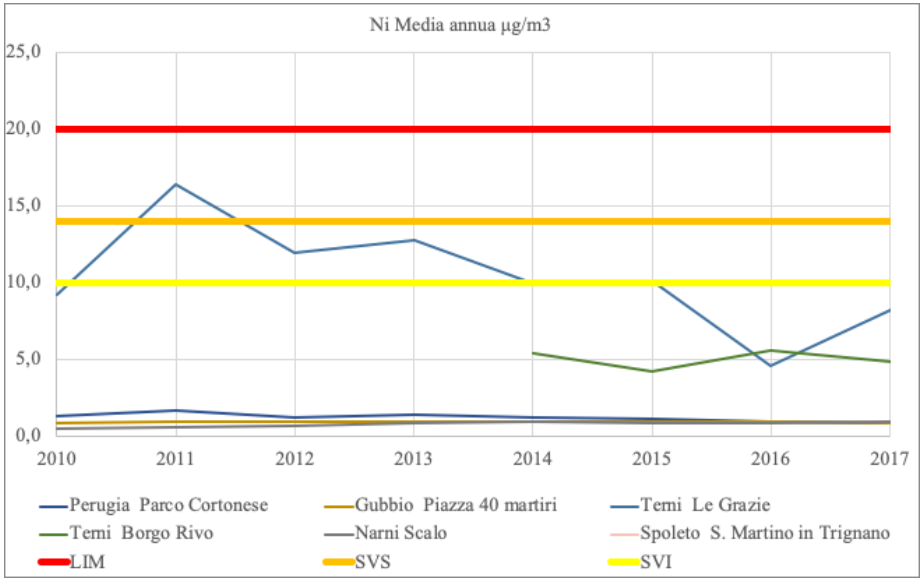

Figura 14 - Rete di rivamento della qualità dell'aria: media annuale Nichel

Tabella 23 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: Superamenti soglia informazione O_3

	O3 Superamenti soglia informazione								
Nome Stazione	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Perugia Parco Cortonese	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Gubbio Piazza 40 martiri	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Terni Le Grazie					0	0	0	0	0
Terni Borgo Rivo	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Amelia				0	0	0	0	0	0
Narni Scalo				0	0	0	0	0	0
Magione					0	0	0	0	1
Orvieto Ciconia				0	0	0	0	0	0
Torgiano Brufa	0	2	0	0	0	0	0	0	0

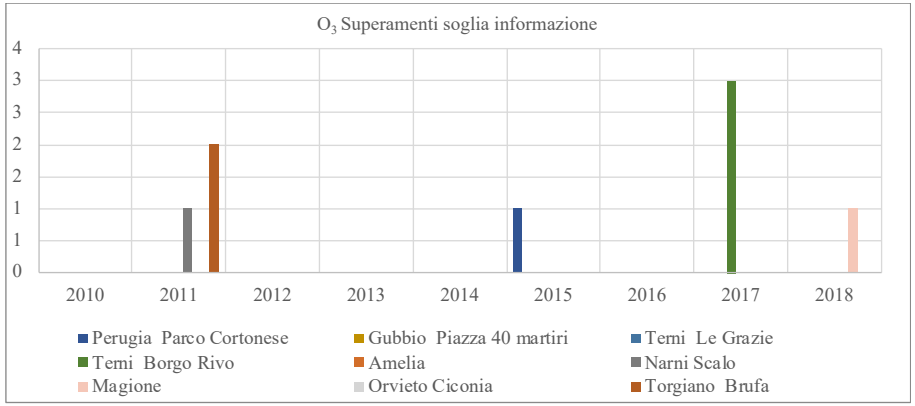

Figura 15 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: Superamenti soglia informazione O_3

Tabella 24 – Rete di rilevamento della qualità dell'aria: Superamenti media mobile 8 ore O_3

	O3 Superamenti valore obiettivo media mobile 8 ore								
Nome Stazione	2008-2010	2009-2011	2010-2012	2011-2013	2012-2014	2013-2015	2014-2016	2015-2017	2016-2018
Perugia Parco Cortonese	25	29	25	25	17	13	16	27	16
Gubbio Piazza 40 martiri		20	13	13	0	5	8	14	8
Terni Le Grazie							31	49	31
Terni Borgo Rivo	17	16	11	14	10	15	13	34	13
Amelia				23	16	21	16	19	16
Narni Scalo			17	21	19	42	36	52	36
Magione				14	11	23	19	34	19
Orvieto Ciconia	31	34	24		17	11	12	19	12
Torgiano Brufa		18	25	39	37	24	19	31	19
Valore obiettivo	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Valore obiettivo lungo termine	0	0	0	0	0	0	0	0	0

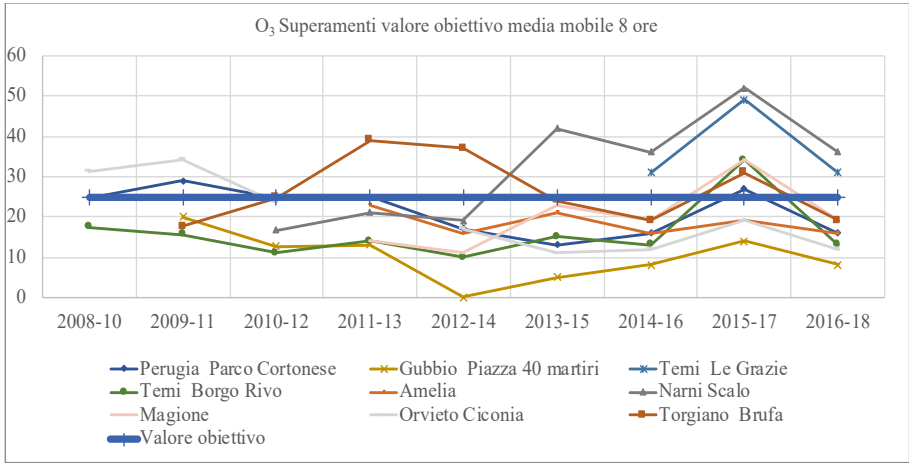

Figura 16 - Rete di rilevamento della qualità dell'aria: Superamenti media mobile 8 ore O

Con riferimento agli altri standard: per le medie orarie degli ossidi di azoto, le medie orarie e giornaliere del biossido di zolfo, le medie di 8h del monossido di carbonio e le soglie di allarme per l'ozono non ci sono superamenti dei limiti ed i valori sono ampiamente inferiori a tali limiti; le medie annuali per arsenico, cadmio e piombo sono tutte al di sotto della soglia di valutazione inferiore per cui non sono riportate. Per il benzene il discorso è simile con la parziale eccezione della centralina di monitoraggio di Terni Carrara che presenta un valore anomalo per il 2017 superiore alla soglia di valutazione inferiore (2,3 $\mu g/m^3$). Il valore pur rimanendo al di sotto di ogni soglia di preoccupazione risulta in forte aumento rispetto all'anno precedente.

3.2 Analisi dei dati dell'inventario delle emissioni

L'analisi dei dati dell'inventario delle emissioni è effettuata al al fine di:

- valutare le sorgenti e le categorie principali di emissione (key categories and sources) nel quadro della valutazione delle misure di piano (paragrafo 3.2.1);
- disaggregare le emissioni su base spaziale e temporale per preparare l'input alla modellistica della qualità dell'aria (3.2.2)

3.2.1 Analisi delle sorgenti principali (key sources) e delle categorie di sorgenti principali (key categories)

I settori a livello comunale su cui concentrare prioritariamente l'azione di risanamento sono selezionati sulla base dell'analisi delle sorgenti principali (key sources) e delle categorie di sorgenti principali (key categories).

La presente nota riporta tale analisi come condotta sull'Inventario Regionale delle Emissioni relativo all'anno 2015. Le analisi saranno successivamente verificate sulla base delle emissioni nello scenario tendenziale per verificare che misure già in atto non portino ad una sostanziale riduzione delle emissioni che renda non congrui successivi interventi di riduzione.

Preliminarmente, nel capitolo 3.2.1.1, è riportata una analisi di sintesi sul totale regionale.

Successivamente l'analisi delle sorgenti principali (key sources) e delle categorie di sorgenti principali (key categories) è svolta su un insieme di comuni individuati sulla base dei risultati del monitoraggio della qualità dell'aria (capitolo 3.2.1.3). Anche a questo riguardo le analisi saranno integrate, ove necessario, su altri comuni che dovessero risultare prioritari in base ai risultati della modellistica della qualità dell'aria nello scenario tendenziale in aree non coperte dal monitoraggio.

3.2.1.1 Analisi di sintesi su tutto il territorio regionale

Nelle seguenti tabelle sono riportati i risultati per le categorie principali a livello di settore per gli ossidi di azoto (NO_x), le particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (PM_{10}), le particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (PM_{10}), il benzo(a)pirene (BAP) ed il nichel (Ni). Nelle tabelle sono riportate le emissioni fino ad una copertura quasi totale al fine di evidenziare tutte le sorgenti non marginali. È inoltre riportata, dove rilevante, la suddivisione per le principali attività all'interno dei settori.

Tabella 25 - Sintesi regionale per le particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (dati 2015)

Attività		Emissioni (Mg)	%	% cum.
Impianti di combustione residenziali	**Comb.veg.**	**6.702,7**	**82%**	**82%**
Caminetti e stufe tradizionali	*Comb.veg.*	*5.873,6*	*59,8%*	
Caldaie	*Comb.veg.*	*344,3*	*3,5%*	
Caminetti e stufe avanzate	*Comb.veg.*	*615,4*	*6,3%*	
Stufe a pellets	*Comb.veg.*	*37,3*	*0,4%*	
Trasporti stradali	**tutti**	**535,1**	**7%**	**89%**
Abrasione freni, gomme, strada	*tutti*	*141,8*	*2%*	
Automobili	*Diesel*	*157,5*	*2%*	
Veicoli commerciali pesanti	*Diesel*	*145,4*	*1%*	
Veicoli commerciali leggeri	*Diesel*	*85,1*	*1%*	
Combustione all'aperto di residui agricoli	**-**	**471,5**	**6%**	**95%**
Processi e combustione industriali	**-**	**162,9**	**2%**	**97%**

Tabella 26 - Sintesi regionale per le particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (2015)

Attività		Emissioni (Mg)	%	% cum.
Impianti di combustione residenziali	**Comb.veg.**	**6.870,5**	**70%**	**70%**
Caminetti e stufe tradizionali	*Comb.veg.*	*5.873,6*	*59,8%*	
Caldaie	*Comb.veg.*	*344,3*	*3,5%*	
Caminetti e stufe avanzate	*Comb.veg.*	*615,4*	*6,3%*	
Stufe a pellets	*Comb.veg.*	*37,3*	*0,4%*	
Trasporti stradali	**tutti**	**652,6**	**7%**	**77%**
Abrasione freni, gomme, strada	*tutti*	*259,3*	*3%*	
Automobili	*Diesel*	*157,5*	*2%*	
Veicoli commerciali pesanti	*Diesel*	*145,4*	*1%*	
Veicoli commerciali leggeri	*Diesel*	*85,1*	*1%*	
Allevamento di bestiame – escrementi	**-**	**562,6**	**6%**	**83%**
Processi e combustione industriali	**-**	**602,7**	**6%**	**89%**
Cave		*415,6*	*4%*	
Combustione all'aperto di residui agricoli	**-**	**500,2**	**5%**	**94%**
Coltivazioni con fertilizzanti	**-**	**418,6**	**4%**	**98%**

Tabella 27 - Sintesi regionale per gli ossidi di azoto (dati 2015)

Attività		Emissioni (Mg)	%	% cum.
Trasporti stradali	**tutti**	**9107,8**	**50%**	**50%**
Automobili	*Diesel*	*157,5*	*2%*	
Veicoli commerciali pesanti	*Diesel*	*145,4*	*1%*	
Veicoli commerciali leggeri	*Diesel*	*85,1*	*1%*	
Processi e combustione industriali	**-**	**6133,2**	**33%**	**83%**
Produzione di Cemento	-	*3258,4*	*18%*	
Produzione di Ferro e Acciaio (forno elettrico)	-	*1556,2*	*8%*	
Combustione in caldaie, turbine a gas e motori fissi	-	*596,0*	*3%*	
Produzione di Contenitori di vetro	-	*367,1*	*2%*	
Produzione di Laterizi	-	*152,5*	*1%*	
Impianti di combustione residenziali	**tutti**	**1061,6**	**6%**	**89%**
Fuoristrada in Agricoltura	**-**	**894,8**	**5%**	**94%**
Combustione all'aperto di residui agricoli	**-**	**510,4**	**3%**	**97%**
Centrali elettriche pubbliche	**-**	**347,9**	**2%**	**99%**

Tabella 28 - Sintesi regionale per il benzo(a)pirene (dati 2015)

Attività		Emissioni (kg)	%	% cum.
Impianti di combustione residenziali	**Comb.veg.**	**1.169,4**	**77%**	**77%**
Caminetti e stufe tradizionali	*Comb.veg.*	*873,8*	*58%*	
Caldaie	*Comb.veg.*	*86,8*	*6%*	
Caminetti e stufe avanzate	*Comb.veg.*	*196,0*	*13%*	
Stufe a pellets	*Comb.veg.*	*12,9*	*1%*	
Combustione all'aperto di residui agricoli	**-**	**286,4**	**19%**	**96%**
Incendi forestali	**-**	**22,9**	**2%**	**98%**

Tabella 29 - Sintesi regionale per il nichel (dati 2015)

Attività		Emissioni (kg)	%	% cum.
Processi e combustione industriali	**-**	**211,6**	**84%**	**84%**
Produzione di Cemento	*-*	*71,07*	*28%*	
Produzione di Contenitori di vetro	*-*	*68,16*	*27%*	
Produzione di Laterizi	*-*	*38,27*	*15%*	
Impianti di combustione residenziali	**Comb.veg.**	**21,6**	**9%**	**93%**
Centrali elettriche pubbliche	**-**	**9,7**	**4%**	**97%**
Trasporti stradali	**tutti**	**5,8**	**2%**	**99%**

3.2.1.2 Metodologia di analisi delle principali categorie di sorgenti e singole sorgenti

L'inventario è stato prodotto secondo i criteri stabiliti dal D. Lgs. 155/2010 nell'Appendice V "Criteri per l'elaborazione degli inventari delle emissioni"; il decreto fa esplicito riferimento al "EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook" utilizzato anche per la compilazione dell'inventario nazionale. In particolare, la metodologia di stima delle emissioni utilizzata per il nuovo inventario è quella più recente disponibile, che tiene pertanto in considerazione l'ultimo aggiornamento dei fattori di emissione, pubblicati nel Guidebook 2016.

Nel seguito è descritta la metodologia utilizzata, riconosciuta a livello internazionale, per l'individuazione delle sorgenti principali, le cosiddette "sorgenti principali" o "categorie di sorgenti principali", ossia le fonti di emissione che hanno un'influenza significativa sull'inventario totale di un'area geografica in termini di livello relativo delle emissioni.

Indicazioni specifiche su come effettuare l'analisi sono riportate in modo esauriente nel capitolo 2. Key category analysis and methodological choice Part A: general guidance chapters, delle linee guida EMEP/EEA per la predisposizione degli inventari delle emissioni.

Il metodo applicato a ciascun inquinante oggetto di studio è stato quello individuato come approccio quantitativo (Tier 1). Esso prevede che le emissioni annuali (in tonnellate) di ciascun inquinante siano elencate in ordine decrescente e che sia quindi valutato il contributo percentuale di ciascuna attività sul totale dell'area in questione; le attività il cui contributo complessivo raggiunge l'80% delle emissioni totali sono individuate come categorie o sorgenti principali (key categories and key sources).

L'analisi effettuata riguarderà gli inquinanti per cui la legislazione fissa standard di qualità dell'aria e per cui esiste un superamento o rischio di superamento (NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$, nichel e benzo(a)pirene).

L'analisi è specializzata suddividendo tra le sorgenti diffuse, lineari ed areali e puntuali. Ovviamente mentre l'analisi delle categorie di sorgenti principali per le sorgenti diffuse e lineari ci fornisce direttamente un'indicazione sulle categorie di sorgenti dove intervenire, l'analisi

delle sorgenti puntuali deve essere integrata con i risultati della modellistica per valutare l'effettiva ricaduta al suolo degli inquinanti.

3.2.1.3 Analisi delle sorgenti e categorie di sorgenti principali a livello comunale

Dall'analisi dei risultati del monitoraggio della qualità dell'aria un primo elenco di comuni è stato individuato al fine della valutazione delle sorgenti principali. I comuni sono quelli per i quali per almeno un inquinante la qualità dell'aria non è definita buona (ovvero è definita accettabile o scadente) in conseguenza del monitoraggio della qualità dell'aria da parte di ARPA[8]. Come già detto, tale elenco è stato integrato sulla base dei risultati della modellistica che ha fornito informazioni anche sui comuni non coperti dal monitoraggio.

I comuni analizzati sono i seguenti (tra parentesi gli inquinanti per cui la qualità dell'aria come misurata dalla rete di rilevamento non è definita buona, per qualcuno degli anni presi in considerazione):

- Perugia
- Foligno (PM_{10}, $PM_{2,5}$, Benzo(a)pirene)
- Città di Castello ($PM_{2,5}$, Benzo(a)pirene)
- Terni (PM_{10}, $PM_{2,5}$, Benzo(a)pirene)
- Narni (PM_{10}, $PM_{2,5}$, Benzo(a)pirene)
- Spoleto (PM_{10}, $PM_{2,5}$, Benzo(a)pirene)
- Marsciano (nessun rilevamento)

L'analisi è estesa al comune di Perugia ed anche agli altri inquinanti monitorati nei comuni ed in particolare agli ossidi di azoto per il contributo potenziale alle concentrazioni di azoto, alte su tutto il territorio regionale.E' stato inoltre inserito il comune di Marsciano in quanto, come sarà evidenziato nei capitoli successivi (paragrafi 3.4 e 4.4), la modellistica della qualità dell'aria evidenzia alcune criticità sia allo stato attuale che in scenario tendenziale.

Inoltre nell'analisi delle categorie di sorgenti principali è riportata, dove rilevante, la suddivisione per le principali attività all'interno dei settori come nel caso regionale; non viene riportata la suddivisione della combustione della legna tra le differenti tecnologie in quanto la suddivisione è stata valutata a scala regionale ed è assunta dunque la stessa per tutti i comuni.

3.2.1.3.1 Perugia

Le stazioni di rilevamento del comune di Perugia rilevano una qualità dell'aria buona per tutti gli inquinanti ad eccezione dell'ozono per cui la qualità dell'aria è scadente su tutto il territorio regionale.

In Tabella 30 sono riportati i risultati per le categorie principali a livello di settore per gli ossidi di azoto (NO_x), le particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (PM_{10}), le particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (PM_{10}) ed il benzo(a)pirene (BAP).

Per gli ossidi di azoto le emissioni sono dovute prevalentemente ai trasporti stradali (78%) con un minore contributo degli impianti di combustione civili (residenziale e terziario) (8%), per gli altri inquinanti le emissioni sono dovute prevalentemente agli impianti di combustione residenziali (70-80%) con un contributo dei trasporti stradali alle emissioni di PM intorno al 13-14%.

[8] Arpa Umbria, *Valutazione della qualità dell'aria in Umbria. Anno 2016,* Marzo 2017

Tabella 30 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Perugia

Attività			Emissioni (Mg)	%	% cum.
Particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (Mg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	722,2	72%	72%
Trasporti stradali		tutti	140,9	14%	86%
di cui:	*Abrasione freni, gomme, strada*	*tutti*	*57,6*	*6%*	
	Automobili	*Diesel*	*36,3*	*4%*	
	Veicoli commerciali pesanti	*Diesel*	*30,1*	*3%*	
	Veicoli commerciali leggeri	*Diesel*	*12,7*	*1%*	
Particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (Mg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	704,6	80%	80%
Trasporti stradali		tutti	114,8	13%	93%
di cui:	*Automobili*	*Diesel*	*36,3*	*4%*	
	Abrasione freni, gomme, strada	*tutti*	*31,5*	*4%*	
	Veicoli commerciali pesanti	*Diesel*	*30,1*	*3%*	
	Veicoli commerciali leggeri	*Diesel*	*12,7*	*1%*	
Ossidi di azoto (Mg)					
Trasporti stradali		tutti	1941,4	78%	78%
di cui:	*Veicoli commerciali pesanti*	*Diesel*	*906,8*	*36%*	
	Automobili	*Diesel*	*701,1*	*28%*	
	Veicoli commerciali leggeri	*Diesel*	*108,1*	*4%*	
Impianti di combustione civili (residenziali e terziario)		tutti	188,5	8%	86%
Benzo(a)pirene (kg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	122,9	83%	83%

3.2.1.3.2 Foligno

Le stazioni di rilevamento del comune di Foligno rilevano una qualità dell'aria complessivamente scadente per il PM_{10} ed accettabile per $PM_{2,5}$ e benzo(a)pirene, si ricorda che relativamente all'ozono la qualità dell'aria è scadente su tutto il territorio regionale.

In Per gli ossidi di azoto le emissioni sono dovute prevalentemente ai trasporti stradali (76%) con un minore contributo degli impianti di combustione residenziali (12%), per gli altri inquinanti le emissioni sono dovute prevalentemente agli impianti di combustione residenziali (76-86%).

Tabella 31 sono riportati i risultati per le categorie principali a livello di settore per gli ossidi di azoto (NO_x), le particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (PM_{10}), le particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (PM_{10}) ed il benzo(a)pirene (BAP).

Per gli ossidi di azoto le emissioni sono dovute prevalentemente ai trasporti stradali (76%) con un minore contributo degli impianti di combustione residenziali (12%), per gli altri inquinanti le emissioni sono dovute prevalentemente agli impianti di combustione residenziali (76-86%).

Tabella 31 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Foligno

Attività			Emissioni (Mg)	%	% cum.
Particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (Mg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	365,4	76%	76%
Trasporti stradali		Tutti	28,9	7%	83%
di cui:	*Automobili*	*Diesel*	*8,6*	*2%*	
	Abrasione freni, gomme, strada	*Tutti*	*7,6*	*2%*	
Particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (Mg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	356,4	86%	86%
Ossidi di azoto (Mg)					
Trasporti stradali		Tutti	490,6	76%	76%
di cui:	*Automobili*	*Diesel*	*164,1*	*25%*	
	Veicoli commerciali leggeri	*Diesel*	*239,3*	*37%*	
	Veicoli commerciali pesanti	*Diesel*	*33,5*	*5%*	
Impianti di combustione civili (residenziali e terziario)		Tutti	79,6	12%	88%
Benzo(a)pirene (kg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	62,2	84%	84%

3.2.1.3.3 Città di Castello

Le stazioni di rilevamento del comune di Città di Castello rilevano una qualità dell'aria complessivamente scadente per il benzo(a)pirene, accettabile per il $PM_{2,5}$ e buona per il PM_{10} e l'NO_2, si ricorda che relativamente all'ozono la qualità dell'aria è scadente su tutto il territorio regionale. In Tabella 32 sono riportati i risultati per le categorie principali a livello di settore per gli ossidi di azoto (NO_x), le particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (PM_{10}), le particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (PM_{10}) ed il benzo(a)pirene.

Tabella 32 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Città di Castello

Attività			Emissioni (Mg)	%	% cum.
Particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (Mg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	375,1	80%	80%
Trasporti stradali		Tutti	30,8	7%	87%
di cui:	*Abrasione freni, gomme, strada*	*tutti*	*12,5*	*3%*	
	Automobili	*Diesel*	*7,8*	*2%*	
Particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (Mg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	366,0	89%	89%
Ossidi di azoto (Mg)					
Trasporti stradali		Tutti	425,3	72%	72%
di cui:	*Veicoli commerciali pesanti*	*Diesel*	*201,1*	*34%*	
	Automobili	*Diesel*	*150,4*	*26%*	
	Veicoli commerciali leggeri	*Diesel*	*25,2*	*4%*	
Impianti di combustione residenziali		Tutti	64,3	11%	83%
Benzo(a)pirene (kg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	64,2	92%	92%

Per gli ossidi di azoto le emissioni sono dovute prevalentemente ai trasporti stradali (72%) con un minore contributo degli impianti di combustione residenziali (11%). Per gli altri inquinanti le emissioni sono dovute prevalentemente agli impianti di combustione residenziali (80-92%).

3.2.1.3.4 Terni

Le stazioni di rilevamento del comune di Terni rilevano una qualità dell'aria complessivamente scadente per PM_{10}, $PM_{2,5}$ e benzo(a)pirene e buona per tutti gli altri inquinanti ad eccezione dell'ozono per cui la qualità dell'aria è scadente su tutto il territorio regionale.

In Tabella 33 sono riportati i risultati per le categorie principali a livello di settore per gli ossidi di azoto (NO_x), le particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (PM_{10}), le particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (PM_{10}) ed il benzo(a)pirene (BAP).

Per gli ossidi di azoto le emissioni sono dovute prevalentemente ai processi nelle industrie del ferro/acciaio (53%) ed ai trasporti stradali (32%), per gli altri inquinanti le emissioni sono dovute prevalentemente agli impianti di combustione residenziali (70-80%) con un contributo dei processi nelle industrie del ferro/acciaio alle emissioni di PM intorno al 5% ed a quelle di benzo(a)pirene intorno al 15%.

Tabella 33 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Terni

Attività			Emissioni (Mg)	%	% cum.
Particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (Mg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	432,9	74%	74%
Trasporti stradali		Tutti	57,8	10%	84%
di cui:	*Abrasione freni, gomme, strada*	*Tutti*	*26,3*	*5%*	
	Automobili	*Diesel*	*16,1*	*3%*	
	Veicoli commerciali pesanti	*Diesel*	*15,1*	*3%*	
Particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (Mg)					

Attività			Emissioni (Mg)	%	% cum.
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	422,4	77%	77%
Trasporti stradali		Tutti	49,7	9%	8%
di cui:	*Abrasione freni, gomme, strada*	*Tutti*	*14,3*	*5%*	
	Automobili	*Diesel*	*16,1*	*3%*	
	Veicoli commerciali pesanti	*Diesel*	*15,1*	*3%*	
Ossidi di azoto (Mg)					
Processi nelle industrie del ferro/acciaio		-	1536,6	53%	53%
Trasporti stradali		Tutti	922,6	32%	85%
di cui:	*Automobili*	*Diesel*	*304,7*	*11%*	
	Veicoli commerciali pesanti	*Diesel*	*453,0*	*16%*	
	Veicoli commerciali leggeri	*Diesel*	*64,7*	*2%*	
Benzo(a)pirene (kg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	73,7	71%	71%
Processi nelle industrie del ferro/acciaio		-	15,7	15%	86%

Dalla Tabella 33 si evince la rilevanza dei processi nelle industrie del ferro/acciaio per i differenti inquinanti. Poiché per tali attività è presente una importante sorgente puntuale nel seguito sono riportati i risultati per le sorgenti principali a livello di singola unità degli impianti per gli ossidi di azoto (NO_x), le particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (PM_{10}), le particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (PM_{10}) ed il benzo(a)pirene (BAP). In questo caso sono prese in considerazione le unità dello stabilimento che coprono l'80% delle emissioni del settore considerato in Tabella 33.

Da una analisi congiunta di Tabella 33 e Tabella 34 si rileva come un contributo molto significativo relativamente agli ossidi di azoto deriva dalle unità Laminatoi a freddo - acciai magnetici e Produzione di Acciaio (forno elettrico) della Acciai Speciali Terni. Le due unità coprono rispettivamente il 48% ed il 14% del totale comunale. Un contributo ancora significativo deriva dall'unità Produzione di Acciaio (forno elettrico) della Acciai Speciali Terni per il benzo(a)pirene, mentre poco significativi sono i contributi al PM.

Tabella 34 - Sorgenti principali per il Comune di Terni

Attività	Emissioni (Mg)	% settore	% cum.	% sul tot comunale
Particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (Mg)				
Acciai Speciali Terni - Laminatoi a freddo - acciai magnetici	14,1	49%	49%	2%
Acciai Speciali Terni - Produzione di Acciaio (forno elettrico)	11,3	39%	88%	2%
Particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (Mg)				
Acciai Speciali Terni - Laminatoi a freddo - acciai magnetici	14,1	52%	52%	3%
Acciai Speciali Terni - Produzione di Acciaio (forno elettrico)	9,9	36%	88%	2%
Ossidi di azoto (Mg)				
Acciai Speciali Terni - Produzione di Acciaio (forno elettrico)	996,9	65%	65%	48%
Acciai Speciali Terni - Laminatoi a freddo - acciai magnetici	407,3	27%	91%	14%
Benzo(a)pirene (kg)				
Acciai Speciali Terni - Produzione di Acciaio (forno elettrico)	15,7	15%	15%	15%

3.2.1.3.5 Narni

Le stazioni di rilevamento del comune di Narni rilevano una qualità dell'aria complessivamente scadente per PM_{10}, accettabile per $PM_{2,5}$ e benzo(a)pirene e buona per tutti gli altri inquinanti ad eccezione dell'ozono per cui la qualità dell'aria è scadente su tutto il territorio regionale.

In Tabella 35 sono riportati i risultati per le categorie principali a livello di settore per le particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (PM_{10}), le particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (PM_{10}), gli ossidi di azoto (NO_x) ed il benzo(a)pirene.

Per gli ossidi di azoto le emissioni sono dovute prevalentemente ai trasporti stradali (49%), alla produzione della calce (22%), della grafite (5%) ed alla combustione in caldaie, turbine a gas e motori fissi (4%) per gli altri inquinanti le emissioni sono dovute prevalentemente agli impianti di combustione residenziali (54% per PM_{10}, 76% per $PM_{2,5}$ e 80% per benzo(a)pirene), con un contributo rilevante delle cave al PM_{10} (28%) e dei trasporti stradali per PM_{10} (6%) e $PM_{2,5}$ (7%).

Dalla Tabella 35 si evince la rilevanza di alcuni settori industriali per il PM_{10} e l'NO_x. Poiché per tali attività sono presenti importanti sorgenti puntuali, nel seguito sono riportati i risultati per le sorgenti principali a livello di singola unità degli impianti per gli ossidi di azoto (NO_x). In questo caso sono prese in considerazione le unità degli stabilimenti che coprono l'80% delle emissioni del settore considerato in Tabella 35.

Da una analisi congiunta di Tabella 35 e Tabella 36 si rileva come un contributo molto significativo relativamente agli ossidi di azoto deriva dalla Calce S. Pellegrino che copre il 23% del totale comunale.

Tabella 35 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Narni

Attività			Emissioni (Mg)	%	% cum.
Particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (Mg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	174,6	54%	54%
Estrazione (Cave)		-	92,9	28%	82%
Trasporti stradali		Tutti	20,1	6%	88%
di cui:	*Abrasione freni, gomme, strada*	*Tutti*	*8,3*	*3%*	
	Automobili	*Diesel*	*5,3*	*2%*	
	Veicoli pesanti P > 3.5 t	*Diesel*	*4,2*	*1%*	
Particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (Mg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	170,3	76%	76%
Trasporti stradali		Tutti	16,3	7%	83%
di cui:	*Automobili*	*Tutti*	*5,3*	*2%*	
	Abrasione freni, gomme, strada	*Diesel*	*4,5*	*2%*	
	Veicoli pesanti P > 3.5 t	*Diesel*	*4,2*	*2%*	
Ossidi di azoto (Mg)					
Trasporti stradali		Tutti	275,8	49%	49%
di cui:	*Veicoli commerciali pesanti*	*Diesel*	*126,4*	*23%*	
	Automobili	*Diesel*	*102,7*	*18%*	
	Automobili	*Benzina*	*26,3*	*5%*	
Produzione di Calce		Tutti	130,9	22%	71%
Produzione di Grafite		Tutti	28,5	5%	76%
Combustione in caldaie, turbine a gas e motori fissi		gas naturale	22,7	4%	80%

Attività		Emissioni (Mg)	%	% cum.
Benzo(a)pirene (kg)				
Impianti di combustione residenziali	Comb.veg.	29,7	80%	80%

Tabella 36 - Sorgenti principali per il Comune di Narni

Attività	Emissioni (Mg)	%	% cum.	% sul tot comunale
Ossidi di azoto (Mg)				
Calce S. Pellegrino S.p.A. Stab. Narni	130,9	62%	62%	23%
Sgl Carbon SpA Stab. di Narni	28,5	13%	75%	6%
Wienerberger Tacconi Srl (Ex Ind. Laterizi Tacconi)	16,6	8%	83%	3%

3.2.1.3.6 Spoleto

Le stazioni di rilevamento del comune di Spoleto rilevano una qualità dell'aria complessivamente scadente per PM_{10} e benzo(a)pirene, accettabile per $PM_{2,5}$ e buona per tutti gli altri inquinanti ad eccezione dell'ozono per cui la qualità dell'aria è scadente su tutto il territorio regionale.

In Tabella 37 sono riportati i risultati per le categorie principali a livello di settore per le particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (PM_{10}), le particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (PM_{10}), gli ossidi di azoto (NO_x) ed il benzo(a)pirene.

Per gli ossidi di azoto le emissioni sono dovute prevalentemente alla produzione del cemento (57%) ed ai trasporti stradali (28%). Le emissioni dalla produzione di cemento sono interamente ascrivibili alla Cementir Italia.

Per gli altri inquinanti le emissioni sono dovute prevalentemente agli impianti di combustione residenziali (80% per PM_{10}, 78% per $PM_{2,5}$ e 74% per benzo(a)pirene) con contributi rilevanti per il PM_{10} dall'allevamento di bestiame (14%) e per il benzo(a)pirene dalla combustione all'aperto dei residui agricoli (24%).

Tabella 37 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Spoleto

Attività			Emissioni (Mg)	%	% cum.
Particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (Mg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	272,8	80%	80%
Allevamento di bestiame – escrementi		-	64,3	14%	94%
Trasporti stradali		Tutti	22,7	5%	99%
di cui:	*Abrasione freni, gomme, strada*	*Tutti*	*9,0*	*2%*	
	Automobili	*Diesel*	*5,5*	*1%*	
	Veicoli commerciali pesanti	*Diesel*	*5,2*	*1%*	
Particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (Mg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	266,1	78%	78%
Trasporti stradali		Tutti	18,6	5%	83%
di cui:	*Veicoli commerciali pesanti*	*Diesel*	*5,5*	*2%*	
	Abrasione freni, gomme, strada	*Tutti*	*5,2*	*2%*	
	Automobili	*Diesel*	*4,9*	*1%*	

Attività			Emissioni (Mg)	%	% cum.
Ossidi di azoto (Mg)					
Produzione di Cemento		Tutti	636,2	57%	57%
Trasporti stradali		Tutti	315,7	28%	85%
di cui:	*Automobili*	*Diesel*	*104,0*	*9%*	
	Veicoli commerciali pesanti	*Diesel*	*155,2*	*14%*	
	Veicoli commerciali leggeri	*Diesel*	*22,3*	*2%*	
Benzo(a)pirene (kg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	46,4	74%	74%
Combustione all'aperto di residui agricoli		-	14,8	24%	98%

3.2.1.3.7 Marsciano

Il comune di Marsciano è stato inserito in virtù dei risultati della modellistica, in particolare riguardo al PM_{10}.

In Tabella 38 sono riportati i risultati per le categorie principali a livello di settore per le particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (PM_{10}), le particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (PM_{10}), gli ossidi di azoto (NO_x) ed il benzo(a)pirene.

Per gli ossidi di azoto le emissioni sono dovute prevalentemente ai trasporti stradali (54%), alla produzione dei laterizi (14%), ai fuoristrada in agricoltura (9%) ed agli impianti di combustione civili (residenziali e terziario). Le emissioni per la produzione dei laterizi sono ascrivibili per il 2015 allo stabilimento F.B.M.

Per gli altri inquinanti le emissioni sono dovute prevalentemente agli impianti di combustione residenziali (59% per PM_{10}, 78% per $PM_{2,5}$ e 78% per benzo(a)pirene) con contributi rilevanti della produzione di laterizi e calcestruzzi e delle cave per il PM_{10} (10%) ed il $PM_{2,5}$ (8%) nonché dell'allevamento di bestiame per il PM_{10} (9%) e della combustione all'aperto di residui agricoli per il benzo(a)pirene (21%).

Tabella 38 - Categorie di sorgenti principali per il Comune di Marsciano

Attività			Emissioni (Mg)	%	% cum.
Particelle sospese con diametro inferiore a 10µ (Mg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	155,5	64%	64%
Produzione laterizi e calcestruzzi, cave		-	23,7	10%	74%
Allevamento di bestiame – escrementi		-	21,8	9%	83%
Particelle sospese con diametro inferiore a 2,5µ (Mg)					
Impianti di combustione residenziali		Comb.veg.	151,7	78%	78%
Produzione laterizi e calcestruzzi, cave		-	15,0	8%	86%
Ossidi di azoto (Mg)					
Trasporti stradali		tutti	139,0	54%	54%
di cui:	*Veicoli commerciali pesanti*	*Diesel*	*44,2*	*17%*	
	Automobili	*Diesel*	*69,6*	*27%*	
	Veicoli commerciali leggeri	*Diesel*	*10,6*	*4%*	
Produzione di laterizi		-	36,6	14%	69%
Fuoristrada in agricoltura		Diesel	26,0	10%	79%
Impianti di combustione civili (residenziali e terziario)		tutti	24,0	9%	88%

Attività		Emissioni (Mg)	%	% cum.
Benzo(a)pirene (kg)				
Impianti di combustione residenziali	Comb.veg.	26,5	78%	78%
Combustione all'aperto di residui agricoli	-	7,2	21%	99%

3.2.2 Disaggregazione delle emissioni su base spaziale e temporale

3.2.2.1 I domini geografici e le caratteristiche del suolo

I domini geografici scelti per l'applicazione del modello meteorologico WRF devono essere sufficientemente grandi da considerare l'intero territorio della Regione ed un'espansione anche superiore al primo livello in modo da includere i fenomeni a mesoscala che influiscono sulle condizioni locali della meteorologia. I domini scelti per il modello WRF sono dunque mostrati in Figura 17.

Il territorio della regione giace in una zona geografica con caratteristiche differenti per quanto riguarda la geomorfologia del suolo ed i conseguenti microclimi. L'uso del suolo, caratteristica del territorio fondamentale per lo studio modellistico, è riportato sotto forma di mappe in Figura 18.

I differenti usi del suolo (urbano, rurale, foresta, ecc.) generano parametri di diffusione verticale anche molto diversi fra loro, a causa della differente rugosità di superficie, differente albedo e quindi differenti flussi energetici verticali che determinano la turbolenza (e dunque la diffusività).

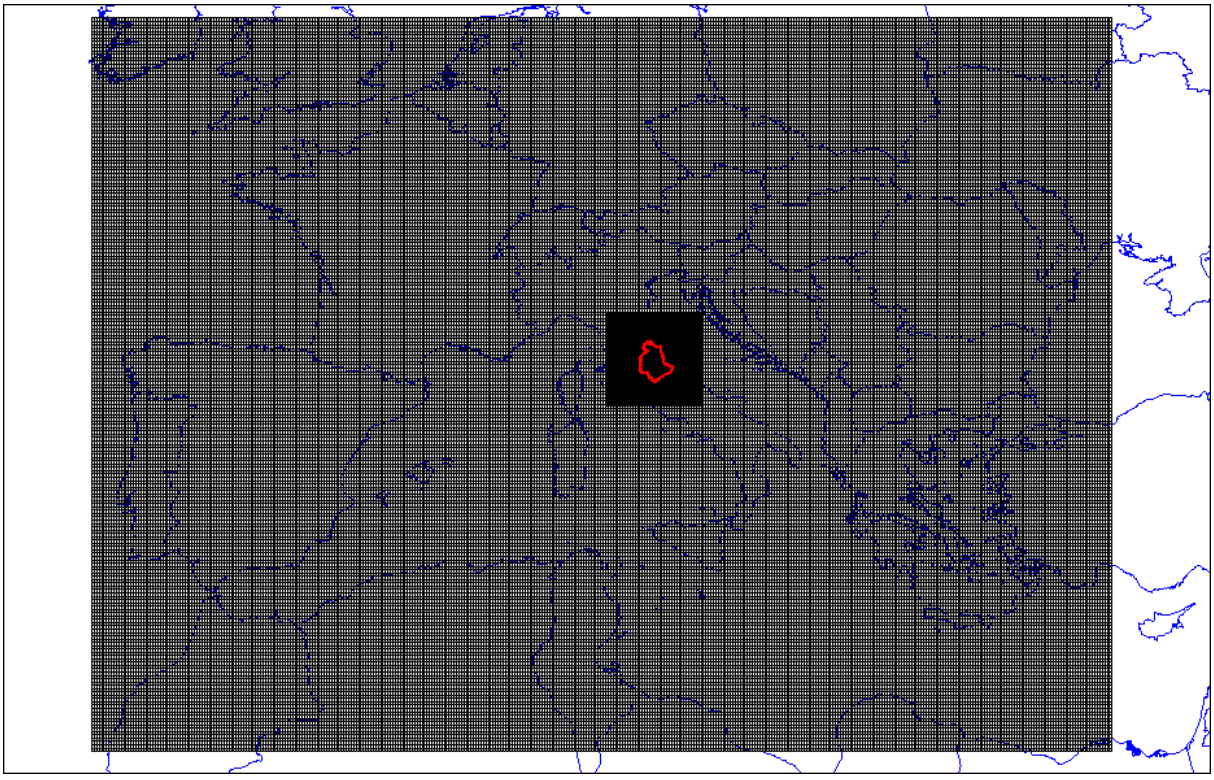

Figura 17 – Domini geografici scelti per l'applicazione del modello WRF

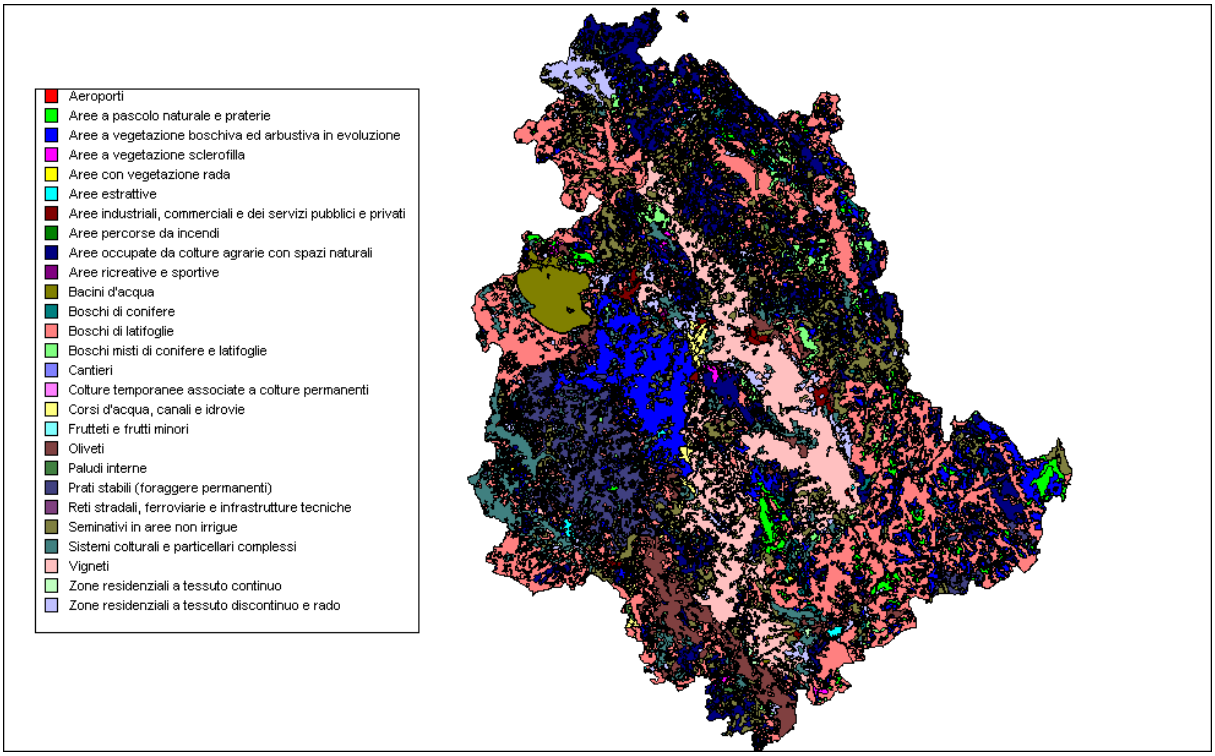

Figura 18 – Mappa dell'uso del suolo (Fonte Corine Land Cover)

3.2.2.2 Localizzazione spaziale delle emissioni

La dimensione territoriale globale dell'inventario è quella regionale. All'interno del territorio regionale le emissioni puntuali, lineari ed areali sono stimate singolarmente e singolarmente posizionate sul territorio mentre le emissioni diffuse stimate a livello di comune.

Le emissioni diffuse lineari ed areali sono distribuite su un reticolo a maglie quadrate. Il processo di attribuzione delle emissioni al reticolo territoriale, oltre ad essere di fondamentale importanza data la natura dei modelli di assimilare emissioni sullo stesso grigliato su cui sono svolti i calcoli di dispersione, permette di individuare con maggiore precisione quali siano le zone maggiormente interessate da emissioni di inquinanti in atmosfera, in special modo degli inquinanti considerati nell'ambito del D. Lgs. 155/2010.

In questo contesto si può suddividere il problema nei seguenti casi particolari:

- Il dato da distribuire è una variabile estensiva ovvero dipende da una variabile proporzionale al grado di copertura di ogni singola maglia (ad esempio le foreste, le emissioni dal domestico, ecc.); in questo caso si utilizza la quota di copertura della variabile su ogni singola maglia e si rapporta il valore comunale a tale quota;
- il dato da distribuire è una variabile intensiva ovvero dipende dalla presenza o meno dell'attività stimata a livello comunale sulla singola maglia; questo caso è simile a quello precedente ed è basato sulla esatta conoscenza della variabile sulla singola maglia; in questo caso si utilizza il peso della maglia sul totale comunale ottenuto come rapporto tra il valore sulla maglia ed il totale comunale.

Nel primo caso, si fa ricorso alle mappe sull'uso del suolo, ad esempio alle mappe sviluppate da tutte le regioni e le province autonome nell'ambito del progetto comunitario CORINE Land Cover. A partire dalle mappe è possibile, per ogni attività della classificazione CORINE Land Cover, calcolare la copertura su ogni singola maglia.

Una volta effettuato il calcolo, le emissioni dall'attività i sulla maglia k si ottengono come:

$$E_{ik} = \Sigma_j (E_{ij} Q_{kj} P_{kl} / \Sigma_k P_{kl})$$

dove i l'attività le cui emissioni si vuole distribuire sulle maglie, j il comune, k la maglia, l la variabile proxy assegnata all'attività i, E_{ij} l'emissione totale dell'attività i nel comune j, Q_{kj} la porzione della maglia k ricadente nel comune j, P_{kl} la copertura della proxy (o tematismo) l sulla maglia k.

Per la realizzazione delle simulazioni modellistiche si utilizza un dominio Chimere con passo regolare di 0,001° (corrispondente a circa 1 km) riportata in Figura 19. Le variabili utilizzate nella disaggregazione su reticolo sono riportate in Tabella 39.

Tabella 39 - Variabili utilizzate per la disaggregazione delle emissioni su reticolo

Codice	Nome Proxy	Fonte dei dati
01001902	CLC - Zone boscate	Corine Land Cover 2012
01001903	CLC - Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	Corine Land Cover 2012
01002901	CLC - Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione	Corine Land Cover 2012
01002902	CLC - Zone urbanizzate	Corine Land Cover 2012
01002904	CLC - Zone estrattive, discariche e cantieri	Corine Land Cover 2012
02002901	CLC – Seminativi	Corine Land Cover 2012
02002902	CLC - Zone agricole eterogenee	Corine Land Cover 2012
02002903	CLC - Colture permanenti	Corine Land Cover 2012

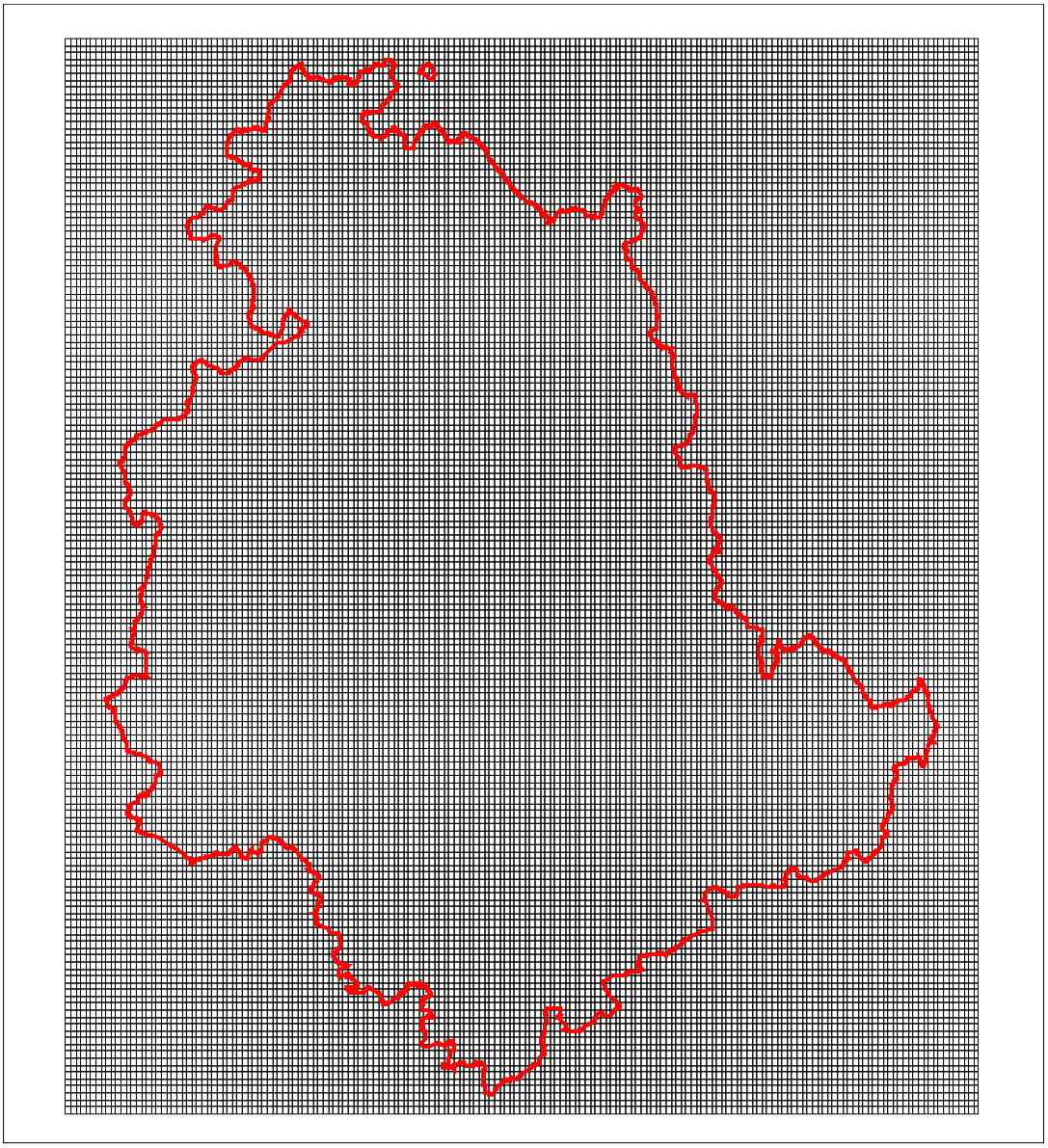

Figura 19 – Griglia utilizzata per la disaggregazione delle emissioni al fine del loro utilizzo nel modello Chimere su tutto il territorio regionale

3.2.2.3 Disaggregazione temporale

All'interno dell'inventario delle emissioni le emissioni sono stimate su base annuale. Una volta effettuata la stima delle emissioni su base annuale è necessario fornire un'ulteriore stima della loro distribuzione temporale per l'utilizzo di modelli della qualità dell'aria.

Dal punto di vista della modalità di funzionamento, bisogna distinguere in primo luogo tra sorgenti continue e discontinue, identificando e caratterizzando i periodi di attività e quelli di inattività. Sono sorgenti continue quelle sorgenti le cui emissioni sono caratterizzabili in termini di regolarità (piccole variazioni di quantità emesse da un periodo all'altro), e continuità (es. centrali termoelettriche di base) ovvero periodicità (es. riscaldamento domestico) nelle emissioni. Sono sorgenti discontinue tutte le sorgenti che emettono in maniera intermittente e non regolare, e comunque per piccoli periodi (es. qualche ora al giorno).

In conseguenza, dal punto di vista della disaggregazione temporale dell'inventario devono essere prese in considerazione:

- la disaggregazione oraria (nel corso delle ventiquattro ore);
- la disaggregazione stagionale (nei differenti mesi);
- la disaggregazione fra giorni festivi, prefestivi e feriali.

Tale variazione è in generale legata a parametri dipendenti dalla temperatura e a parametri di tipo comportamentale o sociale quali l'orario lavorativo, i tassi di produzione, la richiesta di energia elettrica, ecc.

Una volta individuato un gruppo di variabili di tipo socio-economico che descrivono la variazione e rilevata la temperatura, è necessario correlare le emissioni ottenute su base annua con tali variabili per ottenere la voluta disaggregazione temporale.

Tale distribuzione può essere stimata direttamente per le maggiori sorgenti puntuali mediante indagini presso i gestori degli impianti. Per tutte le sorgenti di minore entità la suddivisione deve essere ottenuta mediante l'utilizzo di fattori correttivi che giocano un ruolo simile alle variabili surrogate nel caso della distribuzione spaziale.

La quantità di inquinante i emesso nella maglia k a causa dell'attività j nell'ora h del giorno della settimana g del mese m è data da:

$$E_{ijkmgh} = E_{ijk} \cdot f_m \cdot f_g \cdot f_h / 8760$$

dove:

E_{ijk} è la quantità annuale di inquinante i emesso nella maglia k a causa dell'attività j
f_m è il fattore di distribuzione per i differenti mesi
f_g è il fattore di distribuzione per i differenti giorni della settimana
f_h è il fattore di distribuzione per le differenti ore del giorno.

I fattori f_m, f_g, f_h sono tali che:

$$\Sigma_m \Sigma_g \Sigma_h f_m \cdot f_g \cdot f_h = 8760$$

Per la distribuzione temporale delle emissioni è necessario fornire i fattori suddetti per ogni attività della classificazione prescelta.

In generale i fattori f_m, f_g, f_h si ottengono a partire dalla distribuzione di variabili surrogate.

Il fattore f_m per la distribuzione mensile si ottiene come:

$$f_m = (V_m / V) \cdot 12$$

dove V_m è il fattore della variabile surrogata nel mese m e V è il totale annuale della variabile stessa.

Il fattore per la distribuzione giornaliera si ottiene come:

$$f_g = (V_g / V) \cdot 365$$

dove Vg è il valore della variabile surrogata nel giorno g e V è il valore annuale. Per quanto riguarda i fattori fg si è soliti ricorrere alla suddivisione in giorni feriali, festivi e prefestivi. In generale sono dunque sufficienti tre fattori.

Il fattore per la distribuzione oraria si ottiene infine come:

$$f_h = (V_h / V) \cdot 24$$

dove V_h è il valore della variabile surrogata nell'ora h e V è il valore giornaliero.

Nell'applicazione della metodologia alla provincia, sono definite le percentuali delle emissioni in un'ora sul totale giornaliero P_h, in un giorno sul totale settimanale P_g, in un mese sul totale mensile Pm tali che:

$$P_m = (V_m / V) \cdot 100$$
$$P_g = (V_g / V) \cdot (365/7) \cdot 100$$
$$P_h = (V_h / V_g) \cdot 100$$

In conseguenza si ottiene:

$$f_m = (P_m / 100) \cdot 12$$
$$f_h = (P_h / 100) \cdot 24$$
$$f_g = (P_g / 100) \cdot 7$$

da cui, in definitiva, detta E_m l'emissione totale mensile, E_g l'emissione totale "tipo" giornaliera e E_h l'emissione totale "tipo" oraria:

$$E_m = (P_m / 100) \cdot E = (f_m / 12) \cdot E$$
$$E_g = (P_g / 100) \cdot (7/365) \cdot E = f_g / 365 \cdot E$$
$$E_h = (P_h / 100) \cdot E/365 = f_g / (24 \cdot 365) \cdot E$$
$$E_{mgh} = P_m \cdot P_g \cdot P_h \cdot 84/365000000$$

Le emissioni annuali saranno distribuite, con l'ausilio delle variabili di disaggregazione riportate in Tabella 40.

Tabella 40 - Variabili per la disaggregazione temporale

Codice	Nome	Codice	Nome
01	Terziario	14	Mezzi Agricoli
02	Agricoltura	15	Automobili Autostrade
03	Industria giornata lavorativa otto ore	16	Mammiferi
04	Industria giornata lavorativa sedici ore	17	Rifiuti Agricoli
05	Industria giornata lavorativa ventiquattro ore	18	Temperatura Collina
06	Vino	19	Incendi
07	Ferrovie	20	Temperatura Montagna
08	Temperatura Pianura	21	Porti e traffico marittimo
09	Domestico	22	Pesca
10	Automobili Extraurbano	23	Aeroporti
11	Automobili Urbano	24	Termoelettrico
12	Veicoli Commerciali Leggeri	25	Veicoli commerciali in autostrada
13	Veicoli Commerciali Pesanti	27	Costante

Per quanto riguarda la vegetazione, la dipendenza dalla temperatura dei fattori di emissione comporta la stima delle emissioni per zone climatiche omogenee. Inoltre, poiché il fattore di emissione dipende dalla temperatura, la stima è effettuata su base mensile e per le decidue è preso in considerazione il solo periodo vegetativo. Infine, per l'isoprene le cui emissioni avvengono solo nel giorno, sono considerate (mese per mese) le sole ore di giorno e non le 24 ore; per una migliore stima delle emissioni di altri composti è suddivisa l'emissione in emissione giornaliera e notturna prendendo in considerazione rispettivamente la temperatura e la durata del giorno e della notte.

Per il terziario, l'agricoltura e l'industria per la disaggregazione oraria e giornaliera sono utilizzati tempi tipici di utilizzo dei combustibili mentre per la distribuzione mensile sono utilizzati i dati delle vendite di combustibili per mese (Ministero dello Sviluppo Economico).

3.2.2.4 Condizioni al contorno

Una simulazione preliminare sarà utilizzata per l'Europa centro-meridionale per l'intero anno 2015 su base oraria su una griglia 0,25° x 0,25° (Figura 20). I risultati di questa simulazione saranno utilizzati come condizioni al bordo per la simulazione sulla Regione Umbria. Il modello CHIMERE su base europea utilizza le emissioni che possono essere scaricate dal database WebDab che contiene le emissioni dell'EMEP (Co-operative programme for monitoring and evaluation of long range transmission of air pollutants in Europe) disponibile al pubblico via Internet.

Nella Figura 21 per il PM_{10}, Figura 22 per il $PM_{2.5}$, Figura 23 for l'NO_2, Figura 24 per l'SO_2 Figura 25 per l'O_3 sono riportate le mappe delle concentrazioni realizzate con i risultati dell'applicazione del modello CHIMERE per il 2015 per l'Europa centro-meridionale.

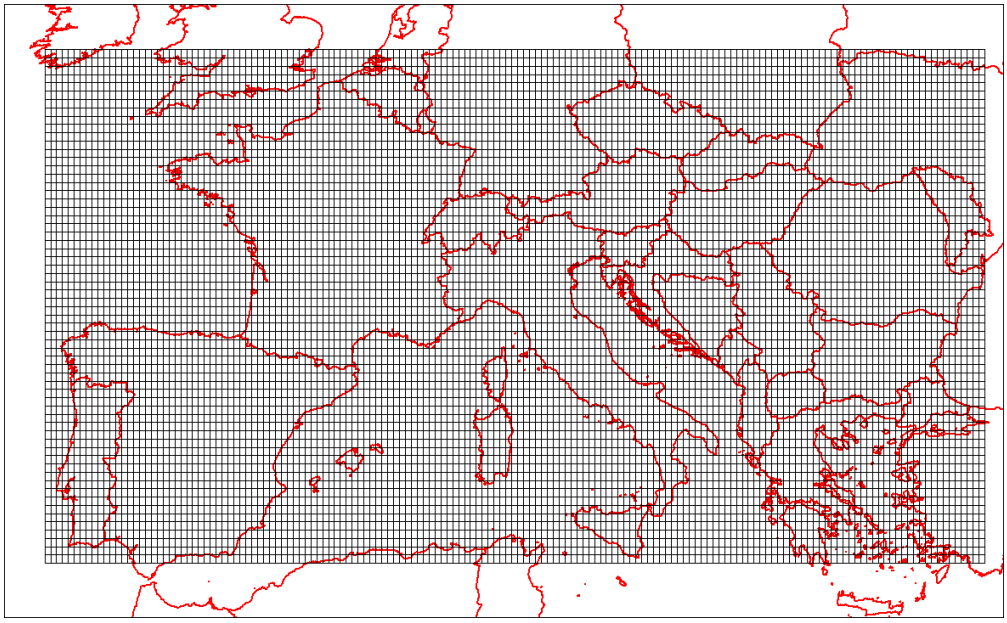

Figura 20 – Dominio geografico scelto per la applicazione di CHIMERE per l'Europa centro-meridionale

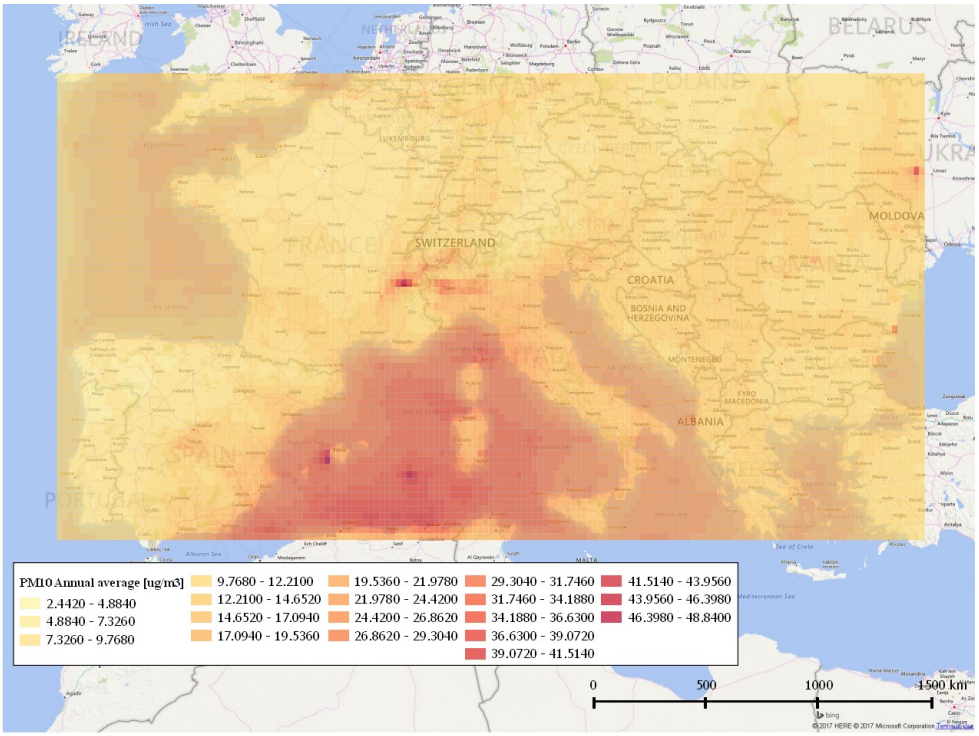

Figura 21 – Media annuale di PM_{10} nel 2015 per l'Europa centro-meridionale (modello CHIMERE)

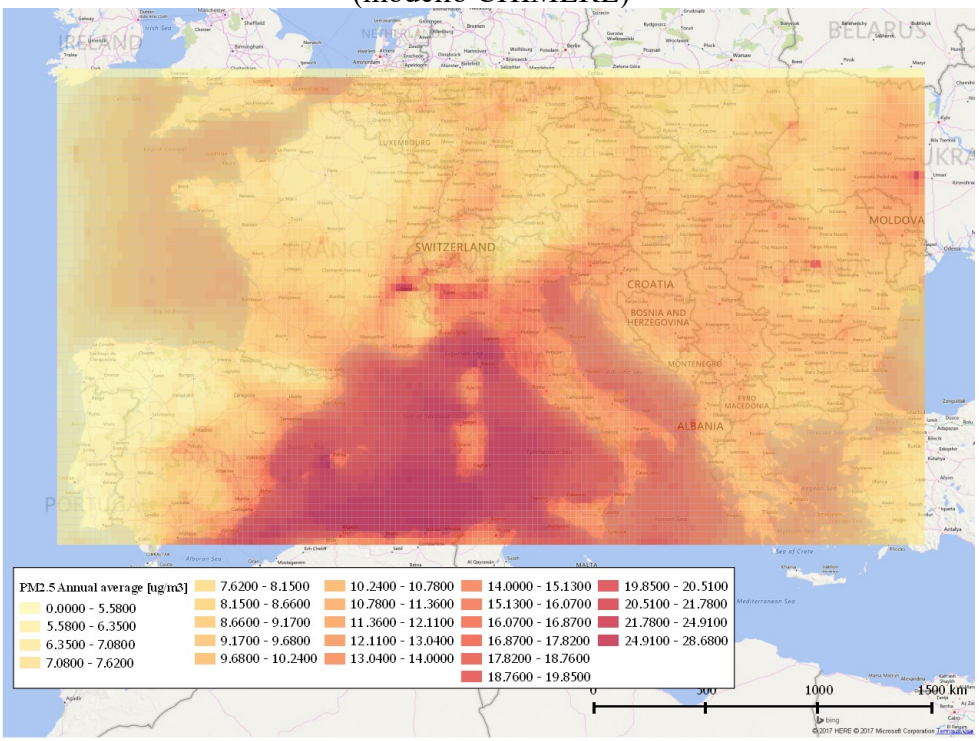

Figura 22 - Media annuale di $PM_{2.5}$ nel 2015 per l'Europa centro-meridionale (modello CHIMERE)

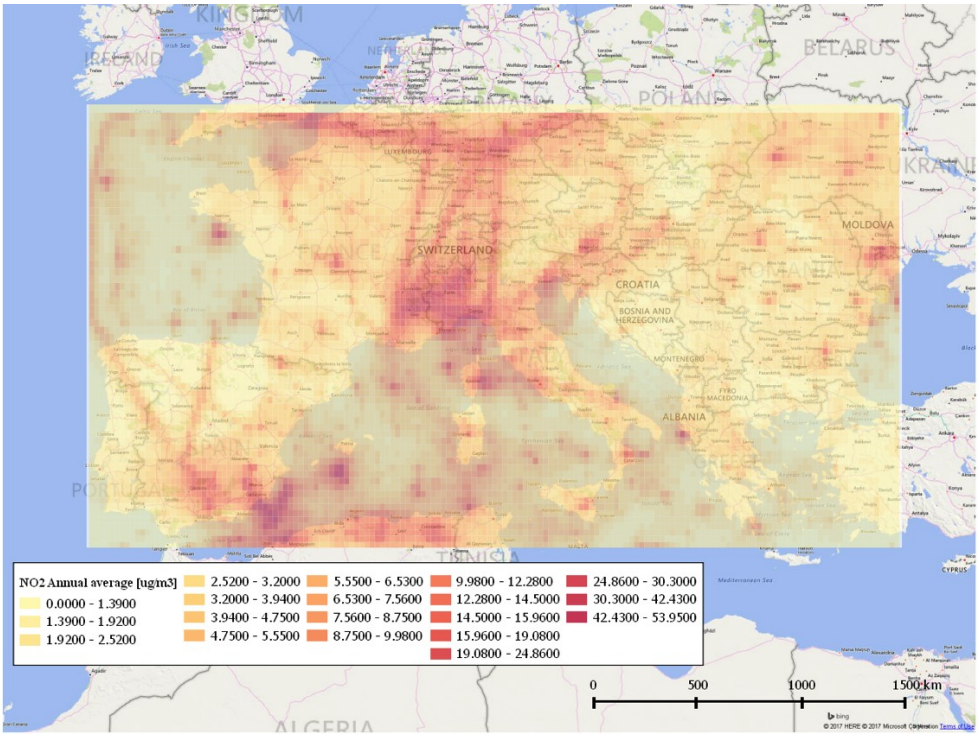

Figura 23 – Media annuale di NO2 nel 2015 per l'Europa centro-meridionale (modello CHIMERE)

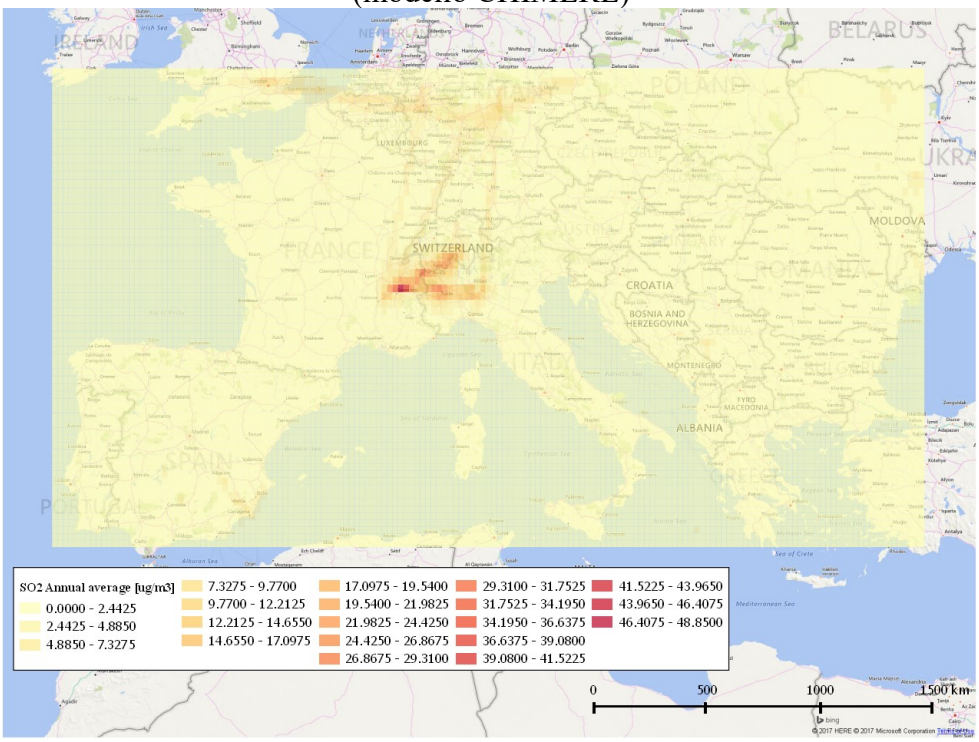

Figura 24 - Media annuale di SO_2 nel 2015 per l'Europa centro-meridionale (modello CHIMERE)

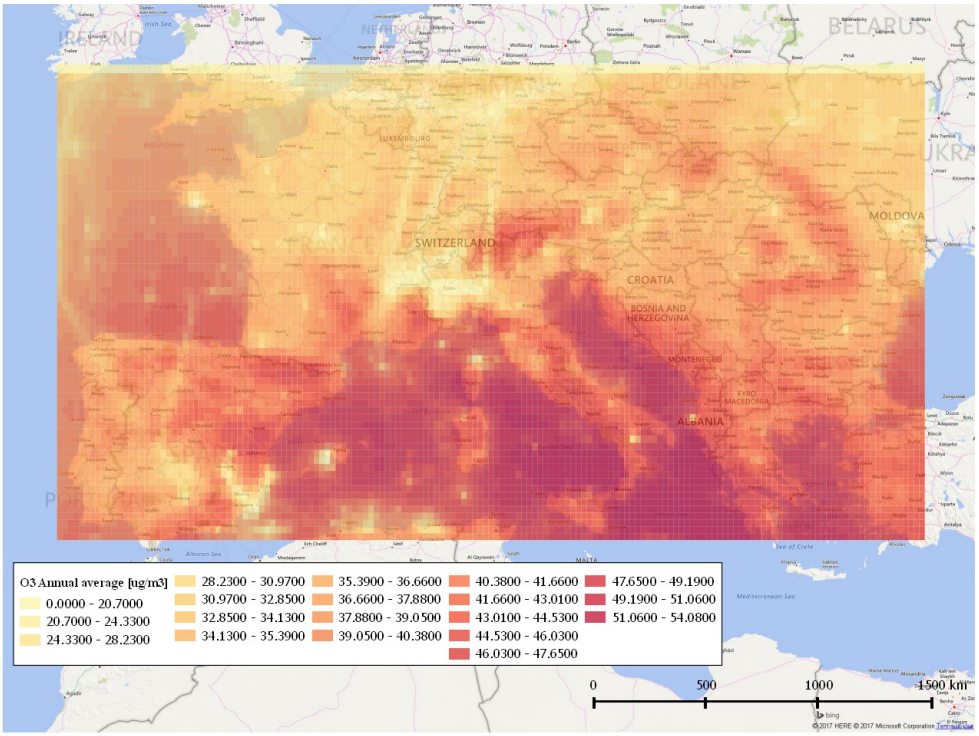

Figura 25 – Media annuale di O_3 nel 2015 per l'Europa centro-meridionale (modello CHIMERE)

3.3 Calibrazione del modello

La calibrazione del modello Chimere è stata eseguita considerando i valori di NO_2, SO_2, O_3, PM_{10}, $PM_{2,5}$.

Nello specifico, si è effettuata un'analisi di sensibilità agendo sui parametri del modello Chimere allo scopo di diminuire al massimo grado possibile le discrepanze tra valori orari misurati dalle centraline e calcolati dal modello. I parametri oggetto della calibrazione sono i seguenti:

- inclusione di polvere da abrasione di terreno da parte del vento tra le emissioni di polveri: la calibrazione ha riportato la migliore concordanza tra valori simulati e misurati di concentrazione con l'opzione attivata;
- schema di formazione di aerosol secondario: la calibrazione ha riportato la migliore concordanza tra valori simulati e misurati di concentrazione utilizzando lo schema interno di Chimere definito "medio";
- numero di iterazioni dello schema fisico per ogni passo temporale: la calibrazione ha riportato la migliore concordanza tra valori simulati e misurati di concentrazione con un numero di iterazioni pari a 6;
- numero di iterazioni dello schema chimico per ogni step dello schema fisico: la calibrazione ha riportato la migliore concordanza tra valori simulati e misurati di concentrazione con un numero di iterazioni pari a 6;
- numero di iterazioni dello schema Gauss-Seidel: la calibrazione ha riportato la migliore concordanza tra valori simulati e misurati di concentrazione con un numero di iterazioni pari a 1;

- numero di iterazioni dello schema Gauss-Seidel durante spin-up: la calibrazione ha riportato la migliore concordanza tra valori simulati e misurati di concentrazione con un numero di iterazioni pari a 5;
- opzione di "deep convection": la calibrazione ha riportato la migliore concordanza tra valori simulati e misurati di concentrazione con l'opzione attivata.

È stata inoltre effettuata una verifica sul profilo verticale di emissione del macrosettore 04 (Processi senza combustione) al fine di tenere conto della prevalenza delle emissioni da sorgenti alte, ed in particolare delle emissioni dell'acciaieria in questo settore. Alla luce di questa considerazione il profilo del macrosettore 04 è stato posto uguale a quello del macrosettore 03 (Impianti di combustione industriale e processi con combustione).

I restanti parametri modificabili del modello Chimere hanno mostrato scarsa influenza sui risultati finali dall'analisi di sensibilità e sono stati quindi loro assegnati i rispettivi valori di default.

Di seguito si riportano separatamente i risultati per gli indici statistici descritti nel paragrafo 2.2 ed in particolare per il MER; si ricorda che gli indici statistici sono calcolati confrontando i valori orari o giornalieri di concentrazione.

3.3.1 Valutazione degli indici legislativi

Nel seguito sono discussi i valori degli indici ER e MER, introdotti nel paragrafo 2.2.2.1, per tutte le stazioni, per gli inquinanti interessati e nelle medie temporali considerate dalla legislazione.

I valori di MER sono riportati per ogni inquinante in Tabella 41, ovviamente più basso è il valore, maggiore sarà la concordanza con il modello e quindi maggiore la bontà dell'applicazione modellistica nella porzione territorio di cui la centralina è rappresentativa.

Tabella 41 – Risultati degli indici obiettivi di qualità per la modellazione

Inquinante	Parametro	Obiettivo	Risultato
Biossido di azoto	Medie orarie	50%	8%
	Medie annuali	30%	15%
Biossido di zolfo	Medie orarie	50%	7%
	Medie giornaliere	50%	5%
Particolato (PM_{10})	Media giornaliera	non definito	7%
	Media annuale	50%	25%
Ozono (O_3)	Medie orarie	50%	1%
	Medie su 8 ore	50%	10%
Particolato ($PM_{2,5}$)	Media annuale	50%	33%

La legislazione permette di utilizzare il 90% delle centraline per valutare l'indice, tuttavia non è stato scelto di utilizzare tale opzione per nessun inquinante, utilizzando tutte le centraline della rete.

3.3.2 Valutazione degli altri indici statistici

Ai fini di una più completa valutazione della calibrazione all'analisi dell'indice legislativo è stata affiancata l'analisi degli altri indici statistici introdotti al paragrafo 2.2.2.2. Si ricorda che globalmente il modello "perfetto" è quello per cui tutti e quattro gli indici (NMSE, NGRER, FB, FS) assumono il valore zero. Normalmente si accettano valori di NMSE e NGRER inferiori a 1 e valori del modulo di FB e FS inferiori a 0.5.

La Tabella 42 per gli ossidi di azoto mostra globalmente un buon accordo dei risultati con il monitoraggio pur evidenziando differenze dovute alla specifica localizzazione a microscala delle centraline. Il modello non riesce a tenere conto della specifica situazione locale della centralina in quanto le emissioni sono attribuite al reticolo territoriale utilizzando l'uso del suolo CORINE Land Cover; possibili futuri miglioramenti possono derivare dalla specializzazione dell'uso del suolo in ambito urbano.

La Tabella 43 per l'ozono mostra valori in ottimo accordo con il monitoraggio così come i risultati dell'indice NGREG e di quello FS per gli ossidi di azoto in Tabella 42. Relativamente all'indice NMSE la parte dovuta ad un errore sistematico è generalmente minore della parte relativa all'errore casuale.

Per il particolato, la media giornaliera delle particelle sospese con diametro inferiore ai 10 micron (Tabella 45) e inferiore a 2,5 micron (Tabella 46) risultano in buona corrispondenza con i valori misurati come mostrato da tutti gli indici. Possibili miglioramenti sono realizzabili relativamente al $PM_{2,5}$ nelle aree influenzate da insediamenti industriali mediante una migliore caratterizzazione granulometrica delle emissioni delle sorgenti.

Per quanto riguarda la media oraria degli ossidi di zolfo (Tabella 43) gli indici sono molto variabili probabilmente a causa del valore più basso delle concentrazioni ed alla possibile rilevanza di effetti dovuti alla distribuzione temporale delle emissioni che è stata ipotizzata per le maggiori sorgenti puntuali costante nelle ventiquattrore ore.

Questo tipo di comportamento degli indici ci garantisce una affidabilità sostanziale dei risultati della modellistica Chimere sull'intero territorio regionale, con le avvertenze appena riportate.

Tabella 42 – Indici statistici per la media oraria di NO_2

Stazione	NMSE	NGRER	FB	FS	$NMSE_s$	$NMSE_r$
Amelia	1,05	0,61	-0,06	0,62	0,00	1,05
Cittá di Castello	1,55	0,65	-0,51	-0,42	0,28	1,27
Foligno - Porta Romana	1,21	0,63	-0,60	0,03	0,40	0,82
Giano dell'Umbria - Monti Martani	5,24	3,11	1,18	1,22	2,16	3,08
Gubbio – Ghigiano	5,87	0,82	-0,85	-1,47	0,89	4,97
Gubbio – Padule	1,64	0,72	-0,35	0,10	0,13	1,52
Gubbio - Piazza 40 Martiri	2,75	0,71	-0,97	-0,92	1,22	1,53
Gubbio - Semonte Alto	4,11	0,86	-0,54	-0,97	0,31	3,80
Gubbio - Via L. D a Vinci	1,58	0,67	-0,45	-0,39	0,22	1,36
Magione	1,20	0,65	-0,22	0,43	0,05	1,15
Narni - Narni Scalo	1,16	0,84	0,38	1,36	0,15	1,01
Orvieto - Ciconia2	1,50	0,73	-0,08	0,49	0,01	1,49
Perugia - Cortonese	0,85	0,63	-0,14	0,13	0,02	0,83
Perugia - Fontivegge	0,69	0,54	-0,14	0,13	0,02	0,67
Perugia - Ponte San Giovanni	0,76	0,63	0,06	0,88	0,00	0,76
Spoleto - Piazza Vittoria	2,99	0,77	-1,12	-0,54	1,84	1,15
Terni - Borgo Rivo	0,96	0,67	-0,04	0,56	0,00	0,96

Tabella 42 – Indici statistici per la media oraria di NO_2

Stazione	NMSE	NGRER	FB	FS	$NMSE_s$	$NMSE_r$
Terni - Carrara	0,78	0,59	-0,19	0,28	0,04	0,75
Terni - Le Grazie	1,16	0,73	0,02	0,65	0,00	1,16
Torgiano - Brufa	1,78	0,88	0,24	0,83	0,06	1,72

Tabella 43 – Indici statistici per la media oraria di O_3

Stazione	NMSE	NGRER	FB	FS	$NMSE_s$	$NMSE_r$
Amelia	0,17	0,39	0,29	-0,14	0,09	0,08
Giano dell'Umbria - Monti Martani	0,06	0,20	0,06	0,00	0,00	0,05
Gubbio - Piazza 40 Martiri	0,47	0,82	0,57	-0,31	0,35	0,12
Magione	0,26	0,50	0,35	-0,34	0,13	0,14
Orvieto - Ciconia2	0,45	0,76	0,53	-0,43	0,30	0,15
Perugia - Cortonese	0,31	0,53	0,34	-0,11	0,12	0,20
Perugia - Ponte San Giovanni	0,37	0,58	0,36	-0,05	0,14	0,23
Spoleto - Santo Chiodo	0,30	0,55	0,38	-0,23	0,15	0,15
Terni - Borgo Rivo	0,38	0,62	0,40	0,03	0,16	0,22
Terni - Carrara	0,45	0,72	0,49	-0,04	0,25	0,20
Terni - Le Grazie	0,28	0,51	0,33	-0,26	0,11	0,17
Torgiano - Brufa	0,21	0,43	0,30	0,01	0,09	0,12

Tabella 44 – Indici statistici per la media oraria di SO_2

Stazione	NMSE	NGRER	FB	FS	$NMSE_s$	$NMSE_r$
Gubbio - Ghigiano	5,86	0,86	-1,31	-1,72	2,98	2,88
Gubbio - Padule	5,88	0,90	-1,05	-1,75	1,53	4,35
Gubbio - Semonte Alto	3,21	0,82	-0,80	-1,41	0,76	2,45
Gubbio - Via L. D a Vinci	3,13	0,83	-0,92	-1,39	1,06	2,07
Perugia - Cortonese	4,56	0,81	-0,91	-1,70	1,04	3,52

Tabella 45 – Indici statistici per la media giornaliera di PM_{10}

Stazione	NMSE	NGRER	FB	FS	NMSEs	NMSEr
Amelia	0,39	0,41	0,10	1,13	0,01	0,38
Cittá di Castello	0,49	0,41	-0,38	-0,24	0,15	0,34
Foligno - Porta Romana	0,61	0,43	-0,37	-0,36	0,14	0,47
Giano dellUmbria - Monti Martani	0,68	0,66	0,23	0,50	0,05	0,62
Gubbio - Ghigiano	0,44	0,43	-0,31	-0,42	0,10	0,34
Gubbio - Padule	0,26	0,36	-0,17	-0,10	0,03	0,23
Gubbio - Piazza 40 Martiri	0,39	0,41	-0,35	-0,18	0,12	0,26
Gubbio - Semonte Alto	0,51	0,51	0,00	0,83	0,00	0,51
Gubbio - Via L. D a Vinci	0,33	0,39	-0,10	0,51	0,01	0,32
Magione	0,31	0,37	-0,18	0,35	0,03	0,28
Narni - Narni Scalo	0,31	0,34	-0,18	0,30	0,03	0,27
Orvieto - Ciconia2	0,37	0,39	-0,11	1,02	0,01	0,36
Perugia - Cortonese	0,33	0,39	-0,21	0,53	0,04	0,29
Perugia - Fontivegge	0,24	0,33	-0,03	0,45	0,00	0,24
Perugia - Ponte San Giovanni	0,48	0,40	-0,12	0,52	0,01	0,47
Spoleto - Piazza Vittoria	0,44	0,43	-0,05	0,67	0,00	0,44
Spoleto - S Martino in Trignano	0,43	0,43	-0,38	0,10	0,15	0,28
Terni - Borgo Rivo	0,48	0,38	-0,43	-0,68	0,20	0,29

Tabella 45 – Indici statistici per la media giornaliera di PM_{10}

Stazione	NMSE	NGRER	FB	FS	NMSEs	NMSEr
Terni - Carrara	0,49	0,41	-0,42	-0,17	0,18	0,31
Terni - Le Grazie	0,57	0,45	-0,38	0,16	0,15	0,42
Torgiano - Brufa	0,51	0,45	-0,15	0,50	0,02	0,49

Tabella 46 – Indici statistici per la media giornaliera di $PM_{2,5}$

Stazione	NMSE	NGRER	FB	FS	$NMSE_s$	$NMSE_r$
Amelia	0,26	0,35	-0,03	0,31	0,00	0,26
Cittá di Castello	0,78	0,45	-0,50	-1,04	0,26	0,52
Foligno - Porta Romana	1,09	0,45	-0,48	-1,21	0,25	0,85
Giano dell'Umbria - Monti Martani	0,61	0,61	0,16	0,42	0,03	0,58
Gubbio - Ghigiano	0,35	0,40	-0,13	-0,53	0,02	0,34
Gubbio - Padule	0,46	0,41	-0,29	-0,88	0,09	0,37
Gubbio - Piazza 40 Martiri	0,40	0,41	-0,35	-0,48	0,13	0,27
Gubbio - Semonte Alto	0,44	0,50	0,14	0,59	0,02	0,42
Gubbio - Via L. D a Vinci	0,31	0,36	-0,20	-0,32	0,04	0,27
Magione	0,35	0,37	-0,19	-0,39	0,04	0,32
Narni - Narni Scalo	0,48	0,38	-0,34	-0,75	0,12	0,36
Orvieto - Ciconia2	0,30	0,36	-0,03	0,30	0,00	0,30
Perugia - Cortonese	0,33	0,37	-0,29	-0,22	0,09	0,25
Perugia - Fontivegge	0,26	0,33	-0,10	-0,35	0,01	0,25
Perugia - Ponte San Giovanni	0,54	0,44	-0,06	0,21	0,00	0,54
Spoleto - Piazza Vittoria	0,43	0,39	-0,15	-0,33	0,02	0,41
Spoleto - S Martino in Trignano	0,88	0,50	-0,63	-0,99	0,44	0,44
Terni - Borgo Rivo	1,04	0,48	-0,59	-1,37	0,38	0,66
Terni - Carrara	0,80	0,44	-0,53	-1,01	0,30	0,50
Terni - Le Grazie	0,85	0,46	-0,45	-0,87	0,21	0,64
Torgiano - Brufa	0,46	0,42	-0,05	0,03	0,00	0,46

3.3.3 Conclusioni sulla calibrazione

Preliminarmente va ricordato che, nella legislazione nazionale l'unico indice di incertezza dei modelli di dispersione utilizzato è l'indice MER.

Nei precedenti paragrafi, per completezza della procedura di validazione, sono stati riportati anche altri indici statistici generalmente utilizzati in ambito di applicazione della modellistica di qualità dell'aria. Tali indici forniscono un risultato ampiamente soddisfacente ed alcune indicazioni per il miglioramento futuro della valutazione.

Le conclusioni sulla calibrazione, e la conseguente convalida dei risultati del modello, tuttavia non possono che far riferimento al solo indice MER, come definito dalla legislazione. Gli indici MER calcolati sono tutti ampiamente al di sotto dell'obiettivo previsto dalla normativa.

Si ritengono dunque soddisfatte le richieste della legislazione e si procede alla effettuazione delle simulazioni per tutti gli scenari presi in esame.

3.4 Valutazione modellistica della qualità dell'aria

In questo capitolo sono riportati i risultati dell'applicazione dei modelli descritti nei precedenti capitoli con l'inventario delle emissioni al 2015.

I dati emissivi di ingresso al modello sono quelli disponibili nell'ultimo aggiornamento dell'inventario regionale delle emissioni e relativi all'anno 2015 (*ARPA Umbria - Inventario delle emissioni di inquinanti dell'aria 1999, 2004, 2007, 2010, 2013 e 2015, AUM.CE.16– RF - Ed. 1 Rev. 2 – Maggio 2018*)

3.4.1 I risultati della applicazione del modello

Nelle figure seguenti, sono mostrate le mappe che rappresentano le concentrazioni medie annuali dei principali inquinanti atmosferici su tutto il territorio regionale. In particolare:

- in Figura 26 e Figura 27 sono riportate le mappe relative al biossido di azoto (NO_2) rispettivamente con riferimento ai valori assoluti ed al rispetto delle soglie di valutazione previste dalla legislazione;
- in Figura 28 e Figura 29 sono riportate le mappe relative alle particelle sospese con diametro inferiore a 10 µm (PM_{10}) rispettivamente con riferimento ai valori assoluti ed al rispetto delle soglie di valutazione previste dalla legislazione;
- in Figura 30 e Figura 31 sono riportate le mappe relative alle particelle sospese con diametro inferiore a 10 µm (PM_{10}) di origine antropica rispettivamente con riferimento ai valori assoluti ed al rispetto delle soglie di valutazione previste dalla legislazione;
- in Figura 32 e Figura 33 sono riportate le mappe relative alle particelle sospese con diametro inferiore a 2,5 µm ($PM_{2,5}$) rispettivamente con riferimento ai valori assoluti ed al rispetto delle soglie di valutazione previste dalla legislazione.
- in Figura 34 è riportata la mappa relativa all'ozono troposferico (O_3);
- in Figura 35 è infine riportata la mappa relativa al biossido di zolfo (SO_2).

Deve essere sottolineato come il modello permette la valutazione della concentrazione media per il PM_{10} (definito nei grafici PM_{10} Totale) e della frazione di questo inquinante dovuta unicamente alle attività umane (definito nei grafici PM_{10} Antropico); questa suddivisione è qui proposta per evidenziare come la maggior parte del particolato che rientra nella misura delle stazioni di monitoraggio provenga da sorgenti di tipo naturale come polveri da erosione del suolo, sale marino, sabbie africane e altre sorgenti biogeniche.

L'analisi dei dati di concentrazione ha consentito anche la valutazione del rispetto degli standard stabiliti per gli inquinanti atmosferici dal Decreto Legislativo 155/2010 relativamente alle medie orarie, di otto ore e giornaliere. I risultati per i superamenti dei valori limite e delle soglie di valutazione inferiore sono riportati in Figura 36 per la media oraria del biossido di azoto, in Figura 37 per la media giornaliera del PM_{10} ed in Figura 38 per la sola sua componente antropica, in Figura 39 per la media di otto ore dell'ozono, in Figura 40 per la media giornaliera ed in Figura 41 per la media oraria del biossido di zolfo.

Nella legenda delle figure relative al rispetto delle soglie di valutazione previste dalla legislazione sono indicati con <SVI i valori minori della soglia di valutazione inferiore, SVI-SVS i valori compresi tra la soglia di valutazione inferiore e quella superiore, >SVS i valori compresi tra la soglia di valutazione superiore ed i limiti, e >LIM i valori maggiori dei limiti.

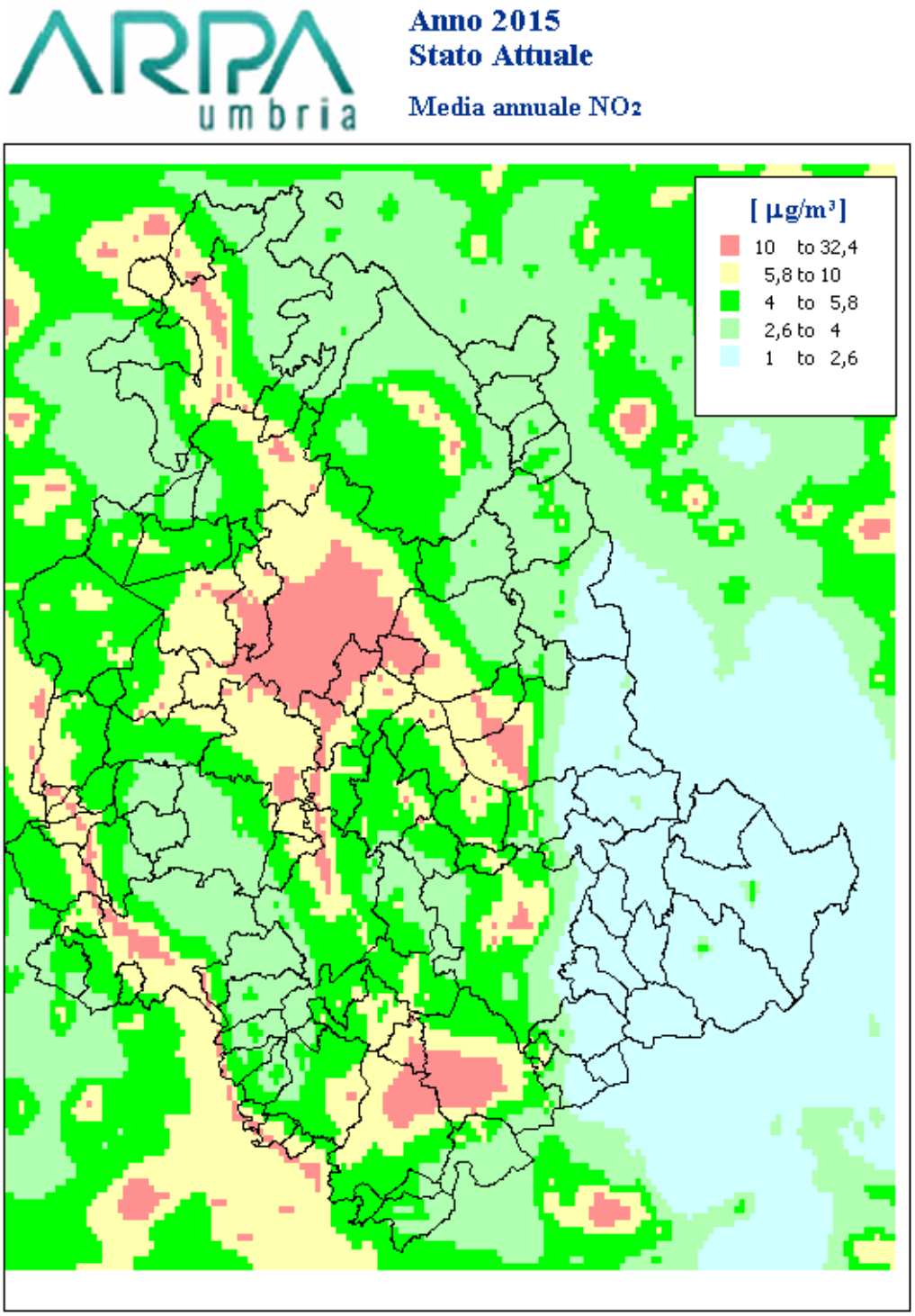

Figura 26 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2015

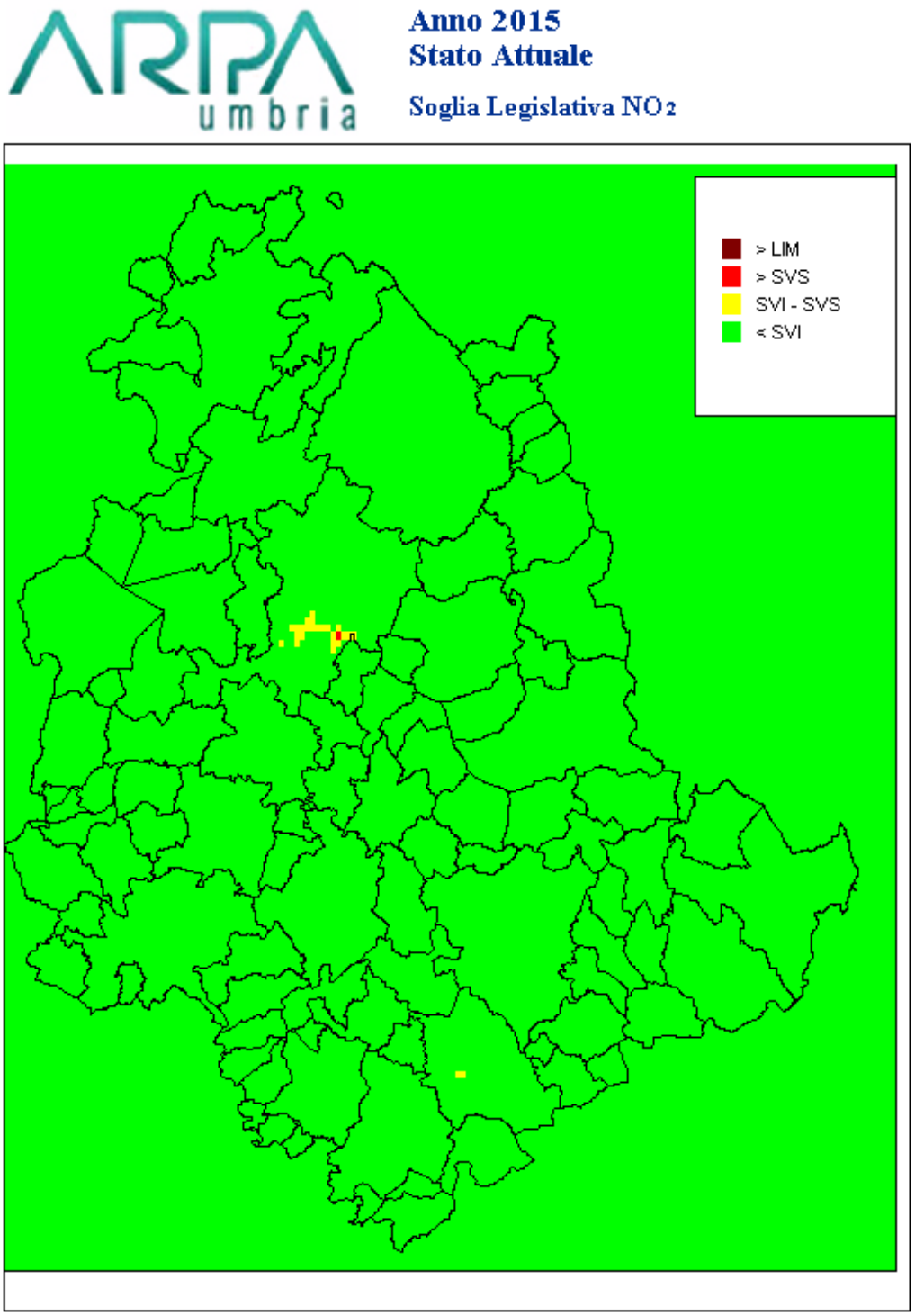

Figura 27 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere per l'anno 2015 con riferimento alle soglie legislative

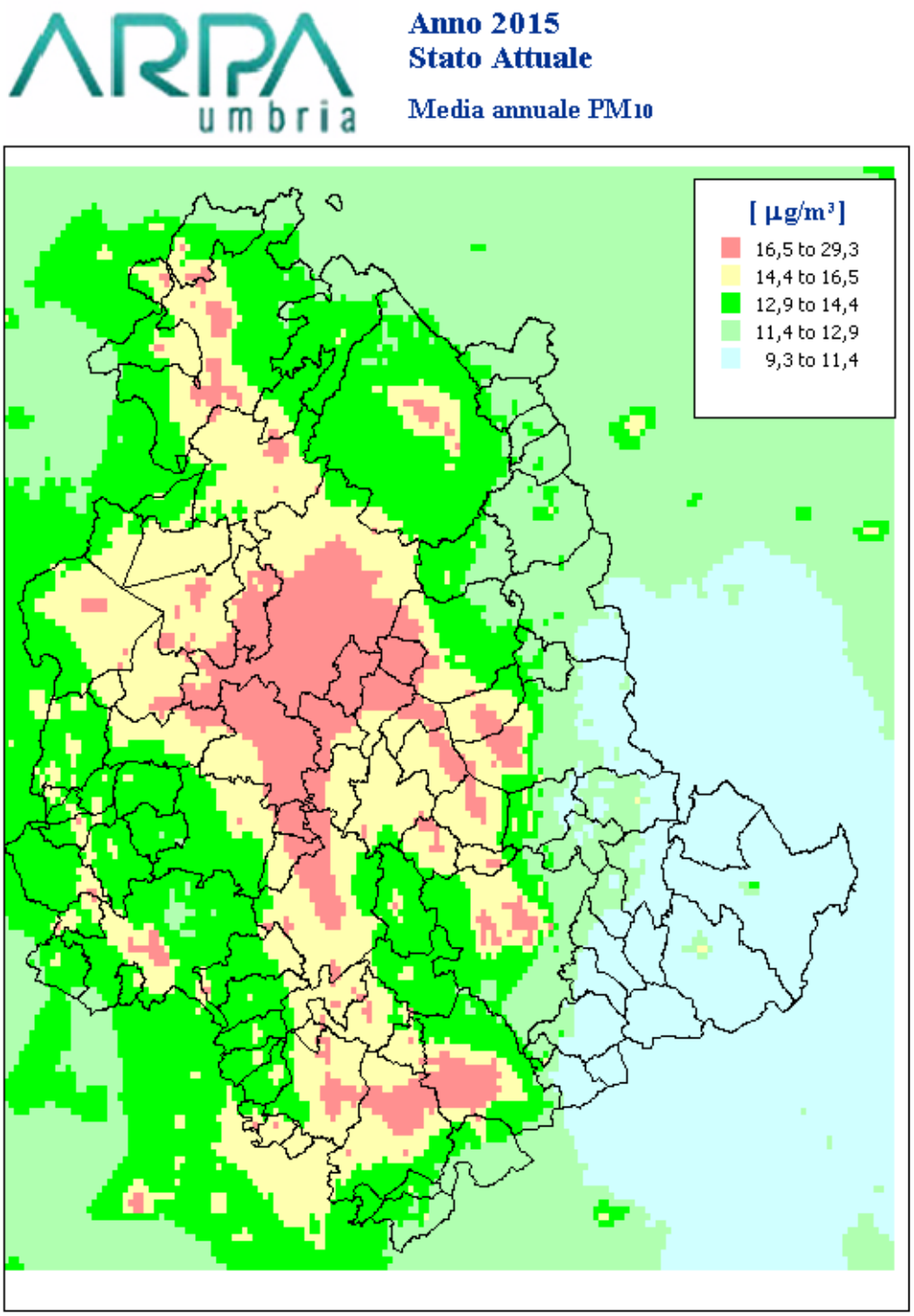

Figura 28 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2015

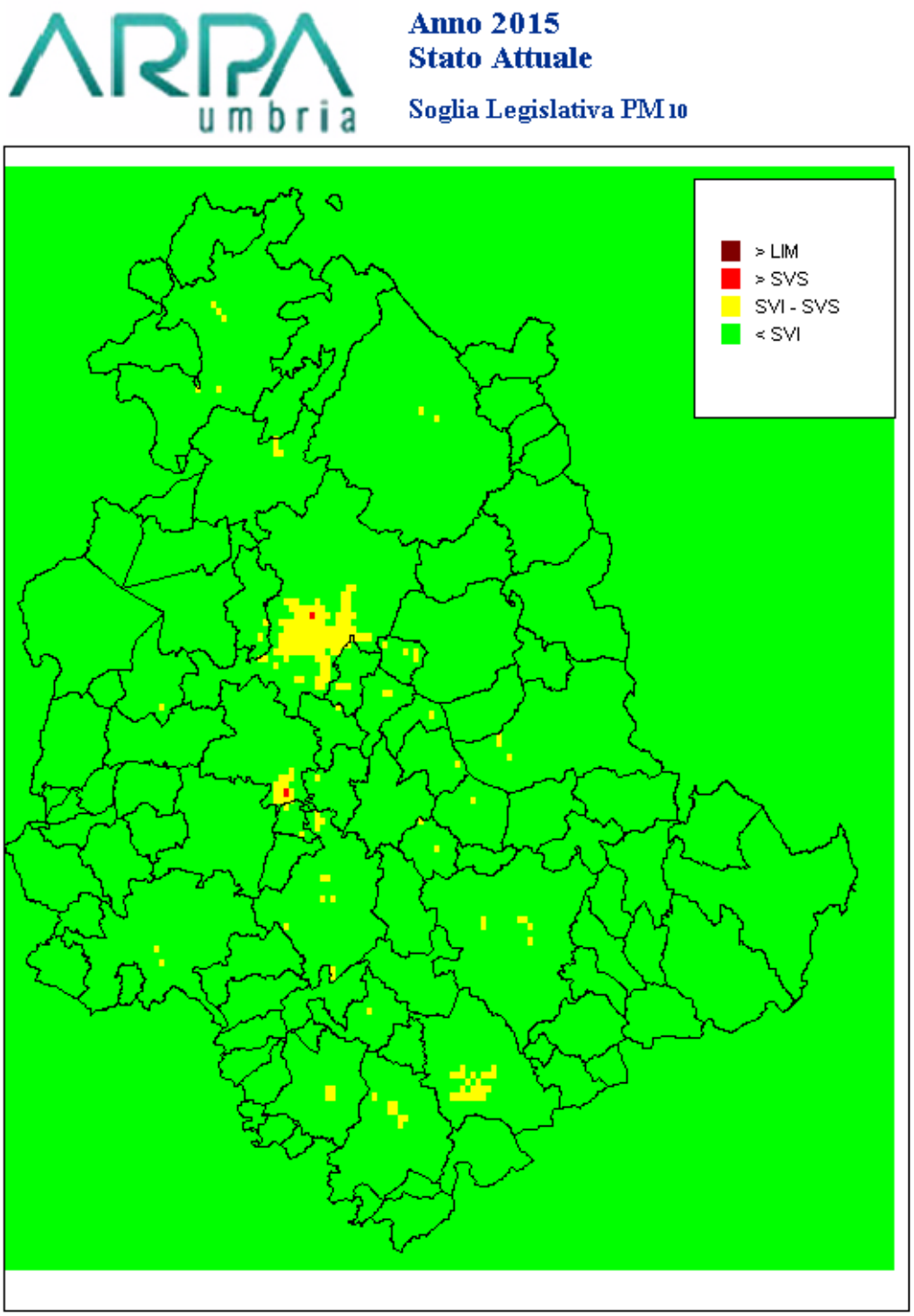

Figura 29 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere per l'anno 2015 con riferimento alle soglie legislative

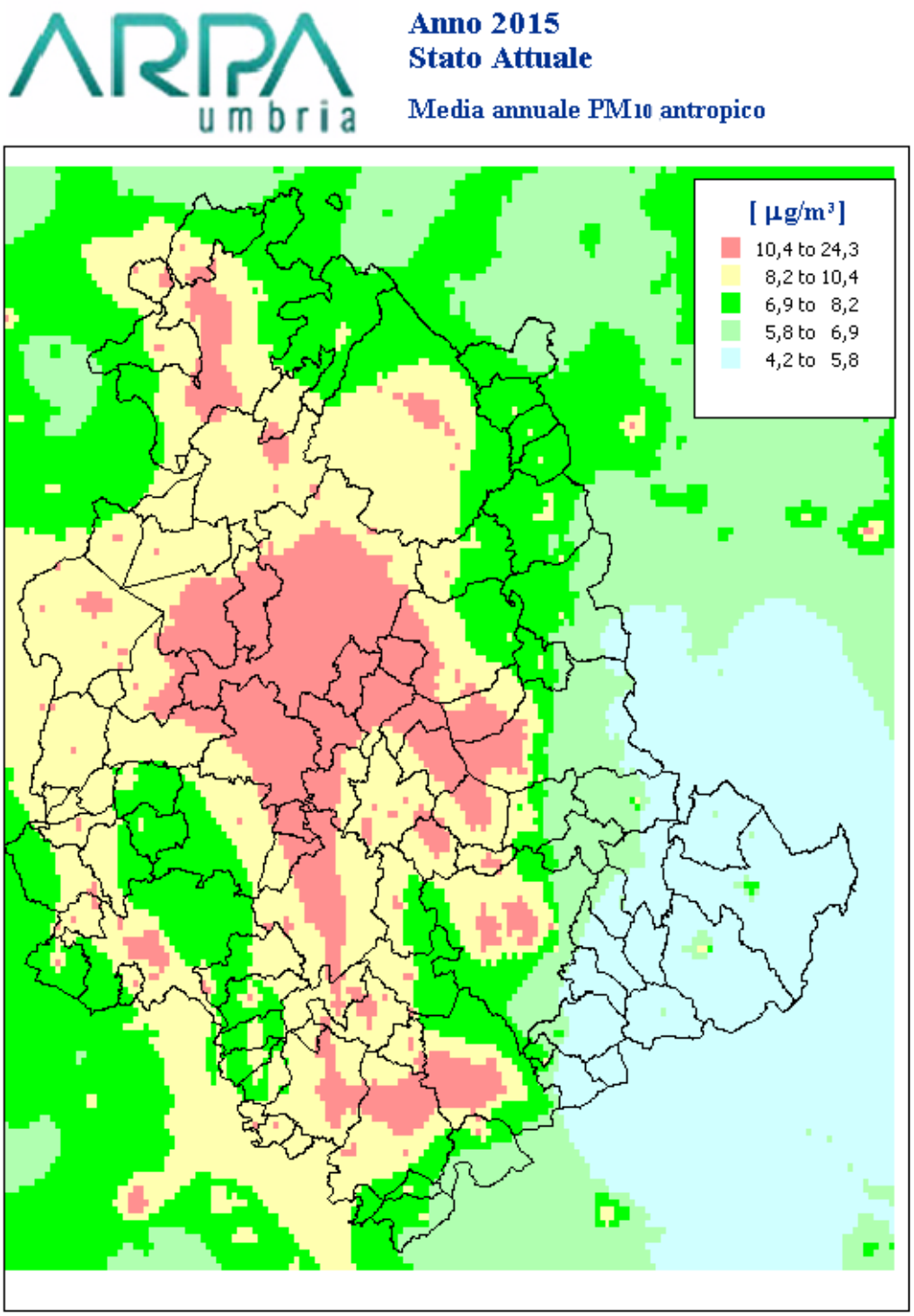

Figura 30 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} antropico valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2015

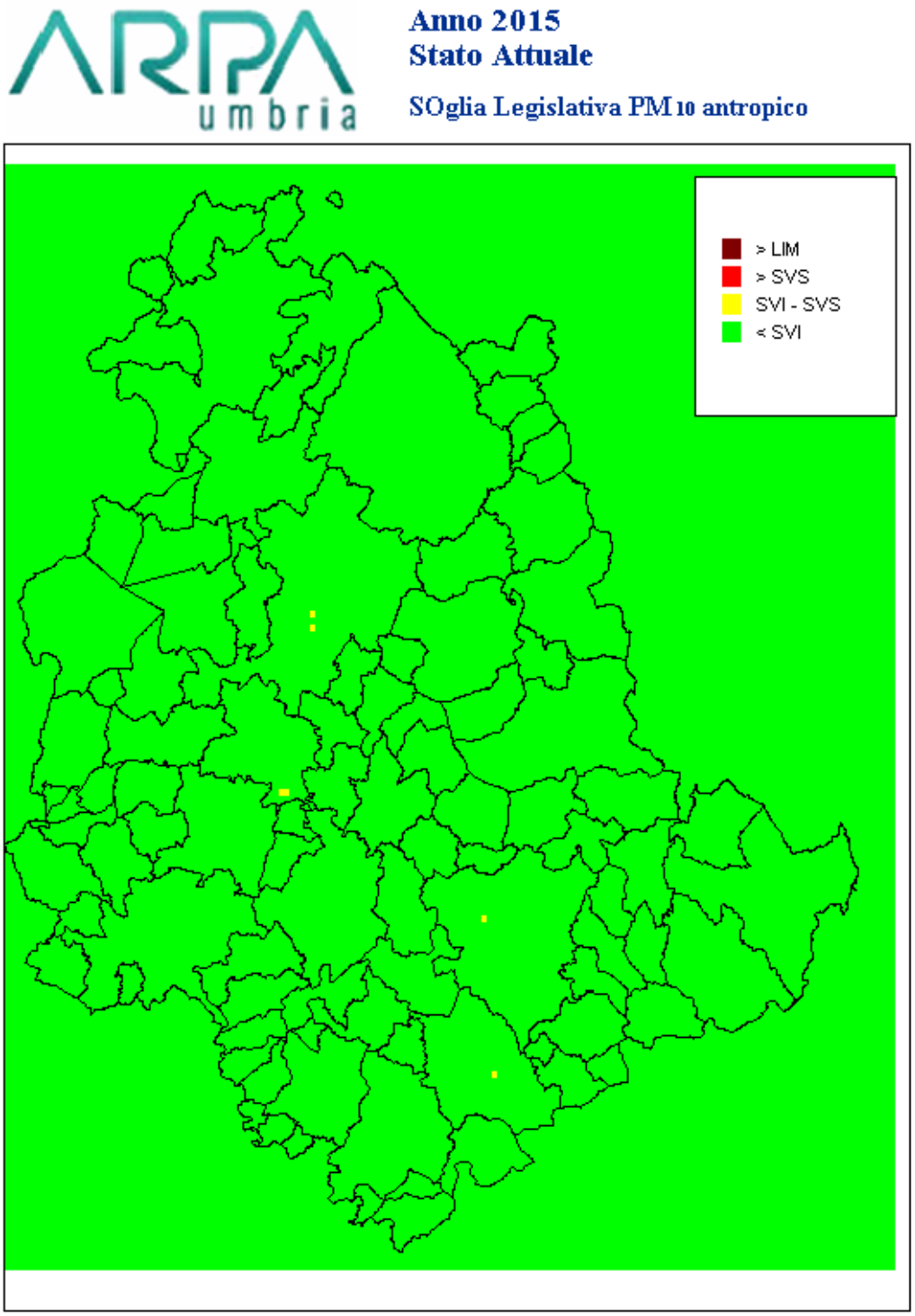

Figura 31 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} antropico valutate con il modello Chimere per l'anno 2015 con riferimento alle soglie legislative

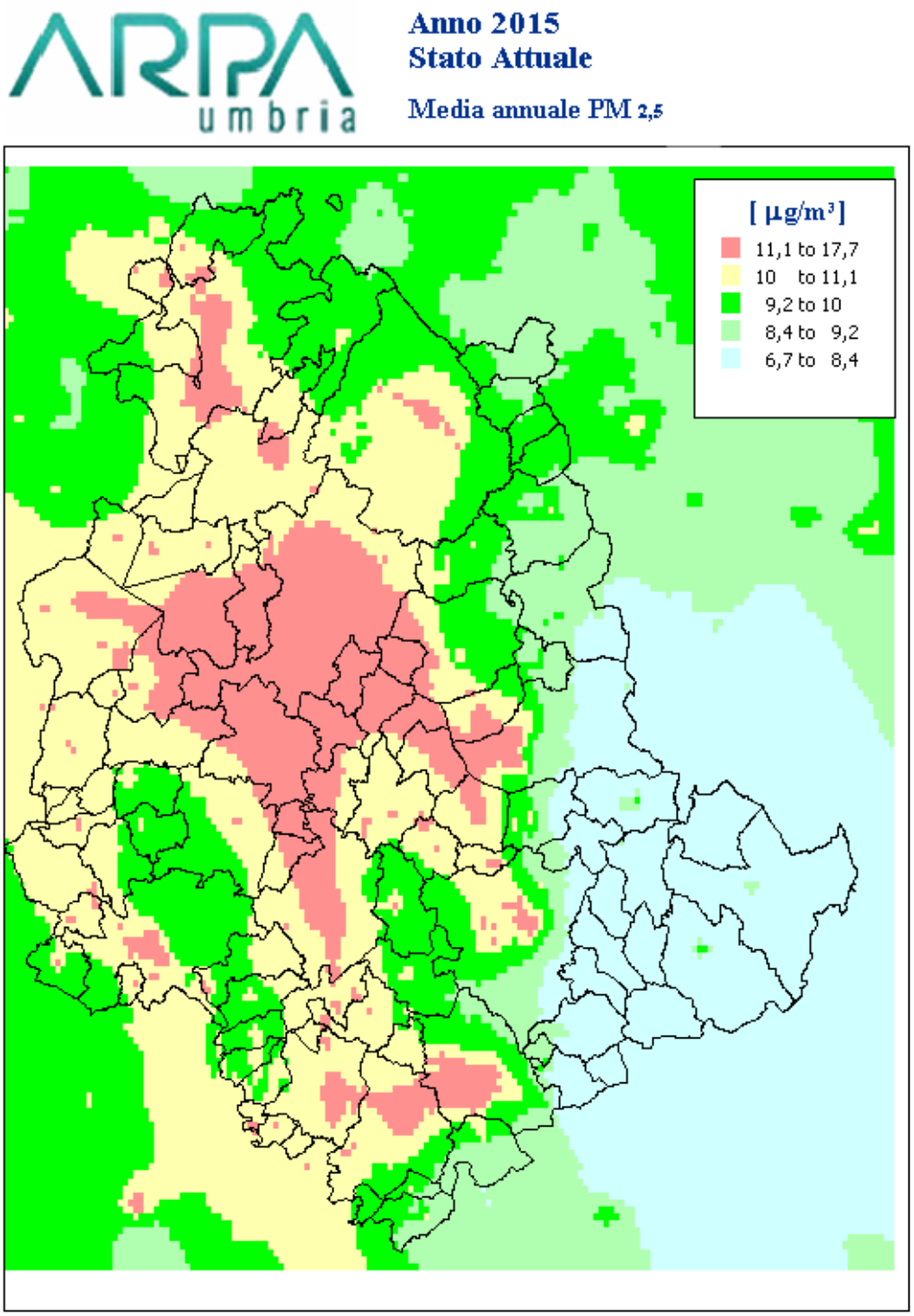

Figura 32 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2015

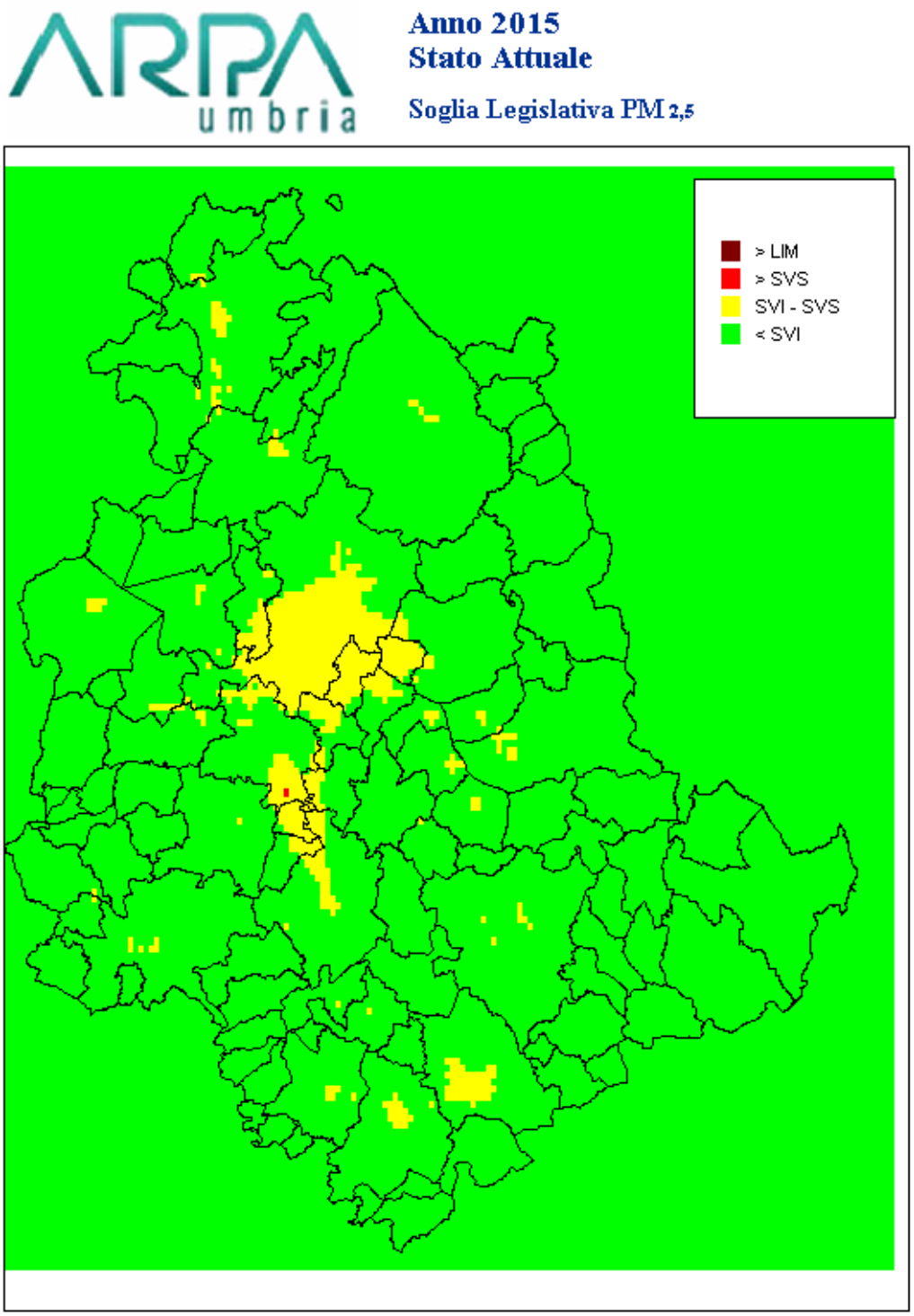

Figura 33 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere per l'anno 2015 con riferimento alle soglie legislative

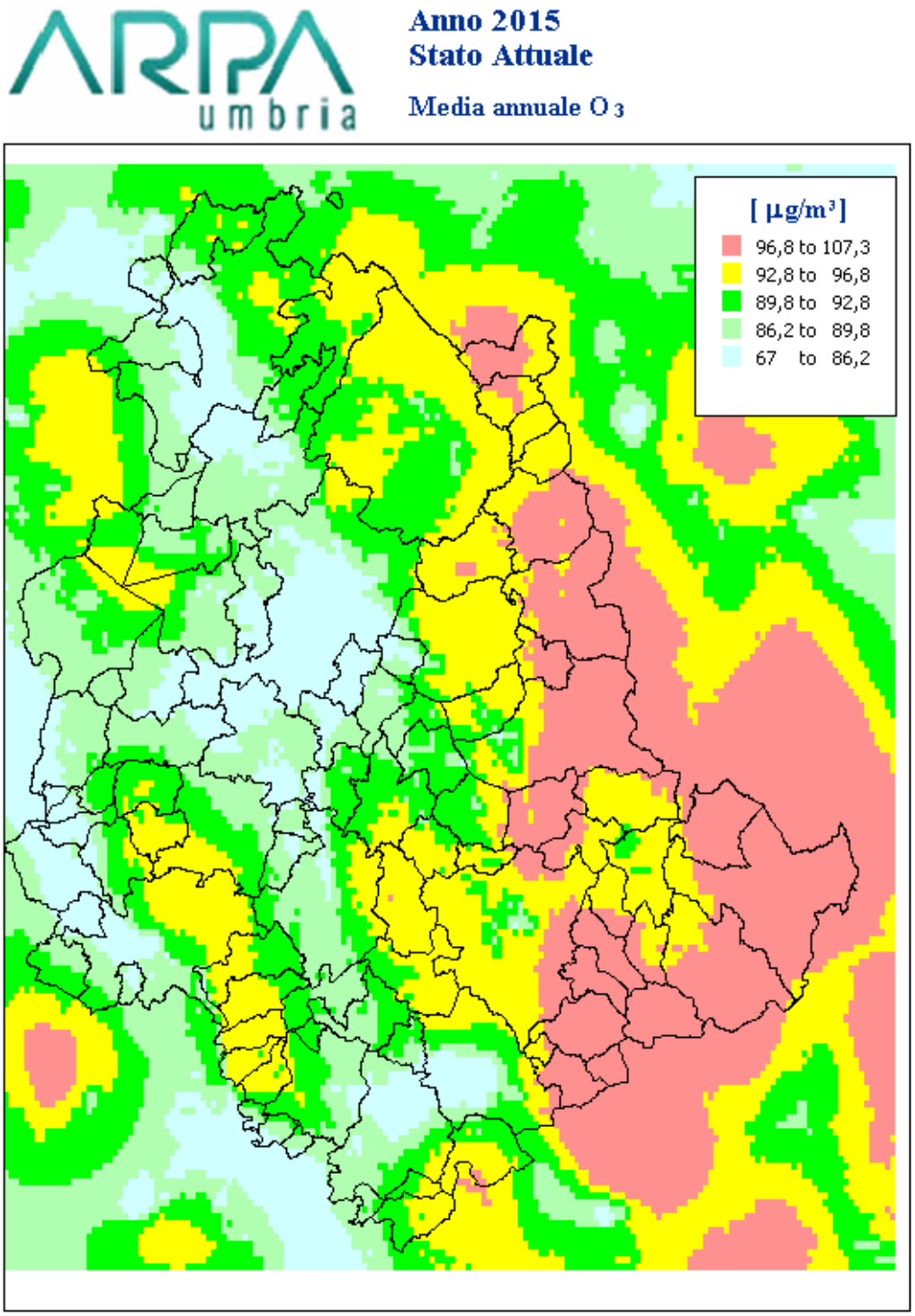

Figura 34 – Media annuale delle concentrazioni di ozono valutate con il modello Chimere (µg/m^3) per l'anno 2015

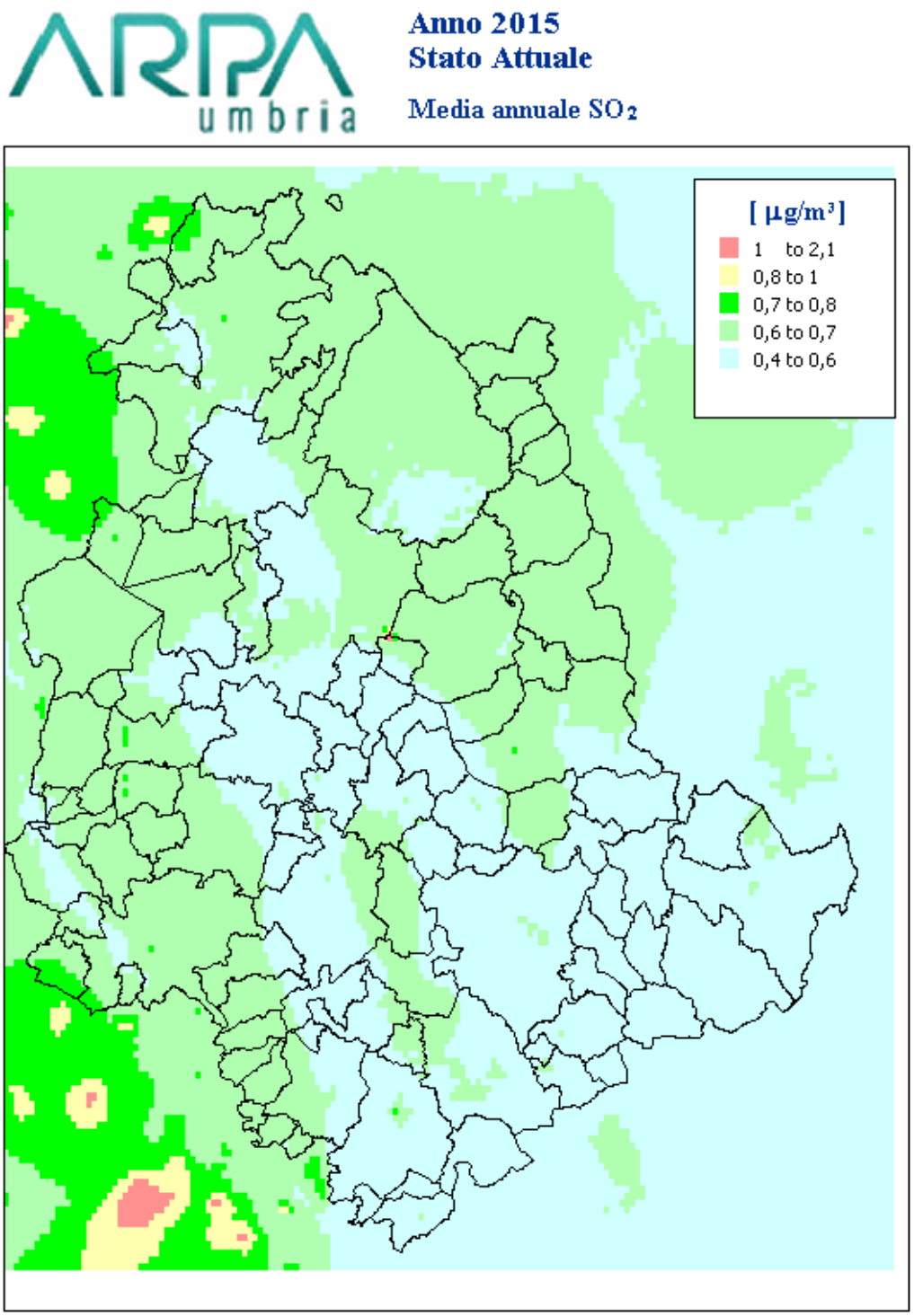

Figura 35 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di zolfo (SO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2015

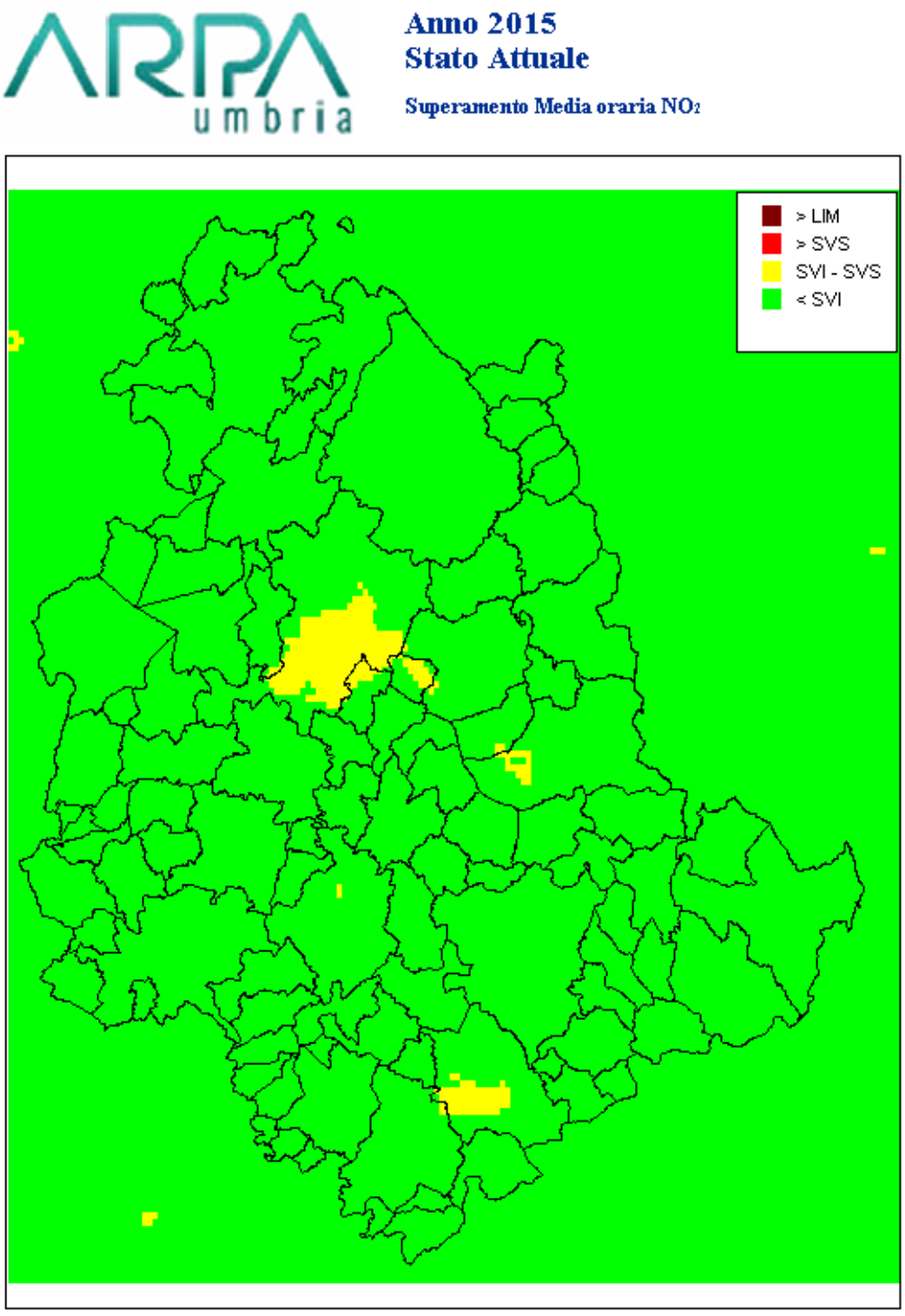

Figura 36 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite stabilite per la media oraria del biossido di azoto valutati con il modello Chimere per l'anno 2015

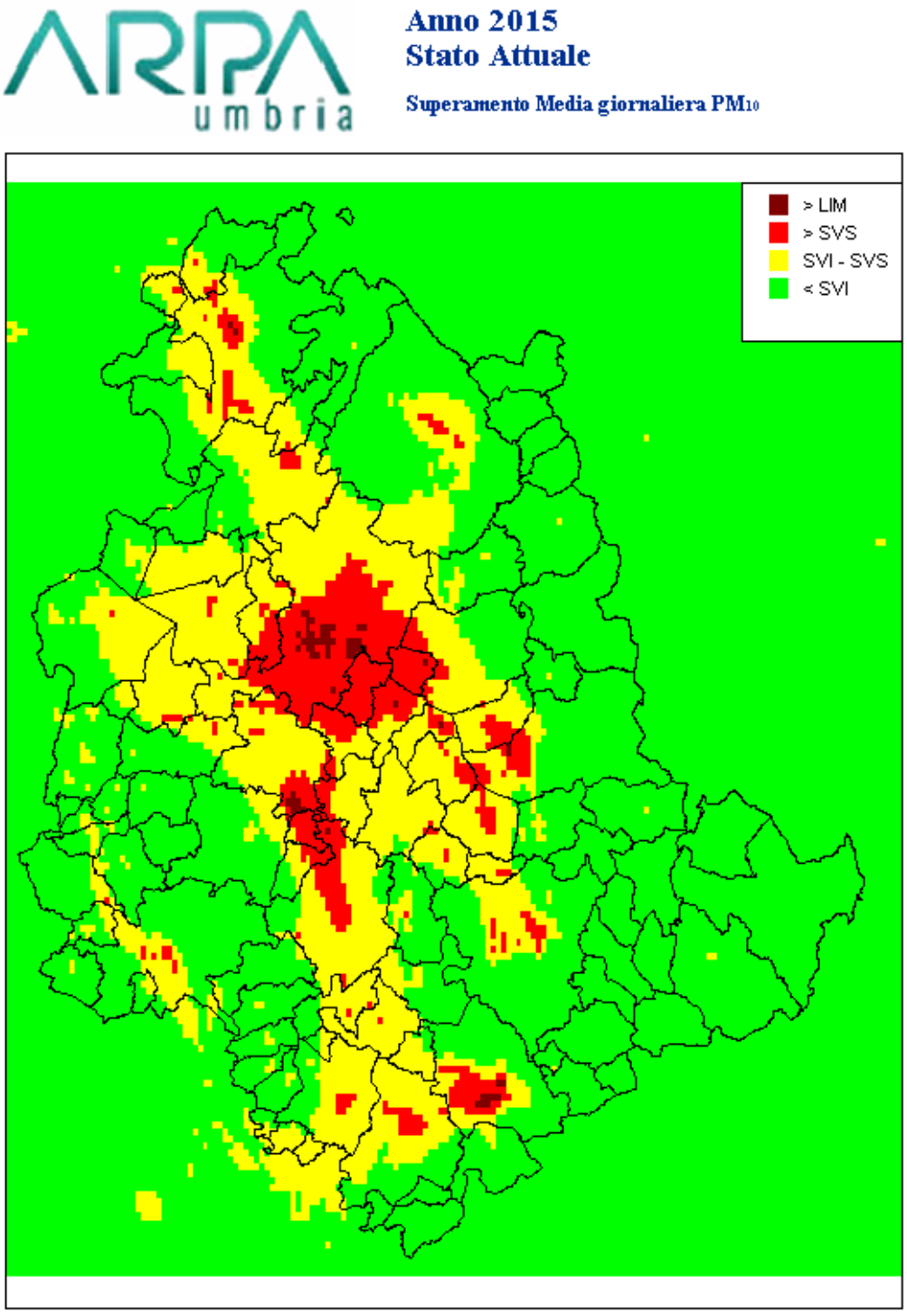

Figura 37 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite per la media giornaliera del PM_{10} valutati con il modello Chimere per l'anno 2015

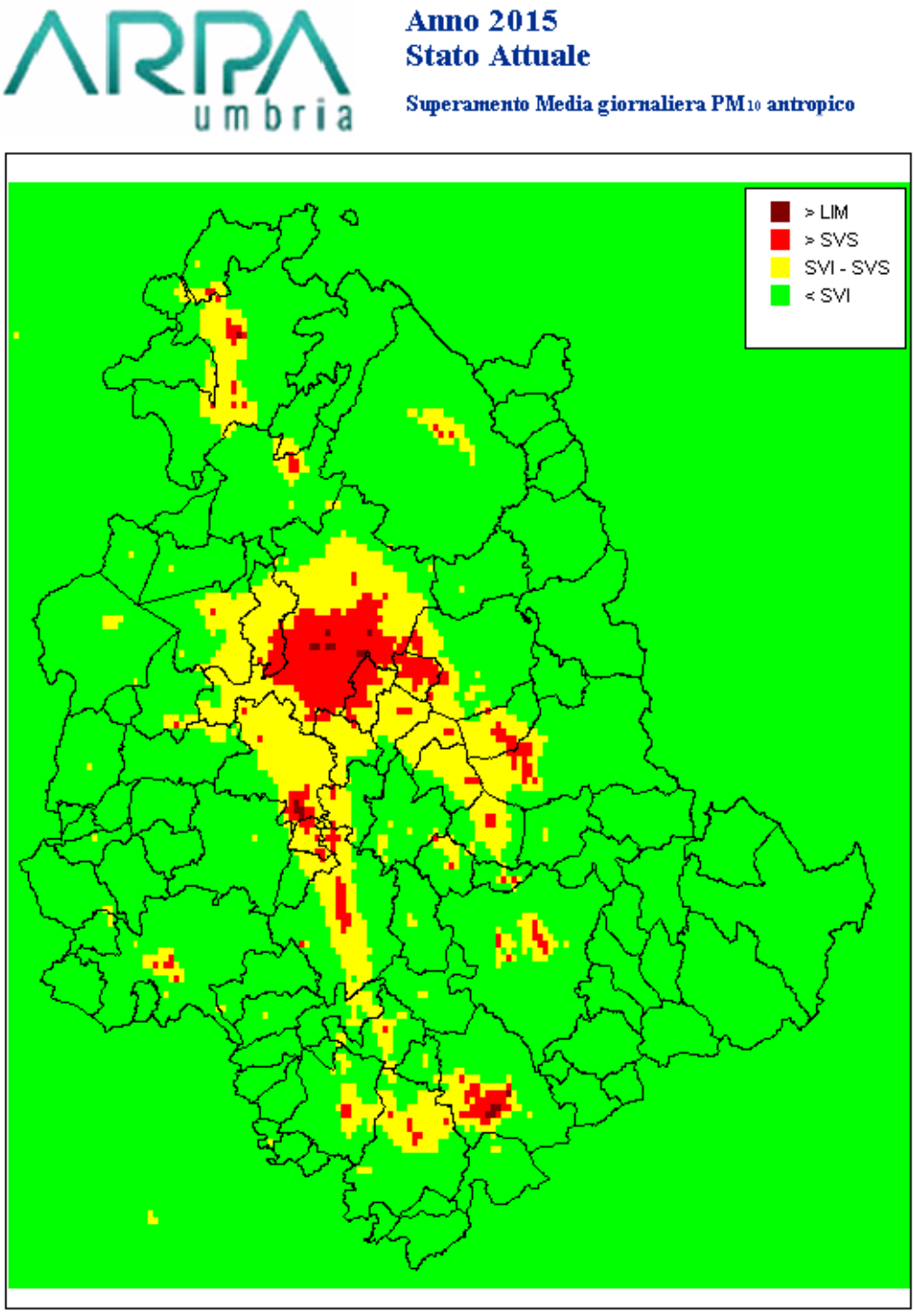

Figura 38 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite per la media giornaliera del PM_{10} antropico valutati con il modello Chimere per l'anno 2015

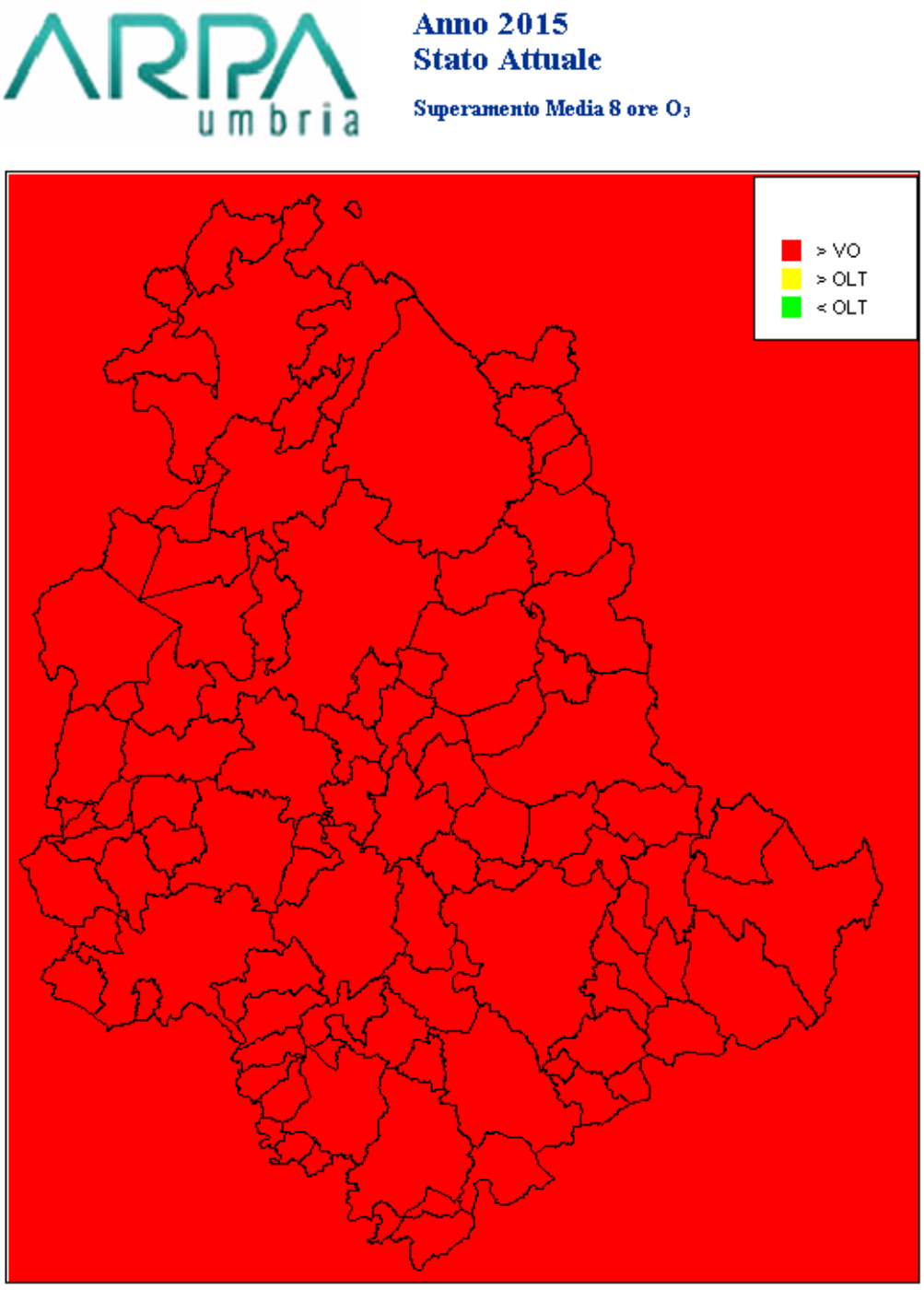

Figura 39 – Stima dei superamenti del valore obiettivo per la media di otto ore dell'ozono valutati con il modello Chimere per l'anno 2015

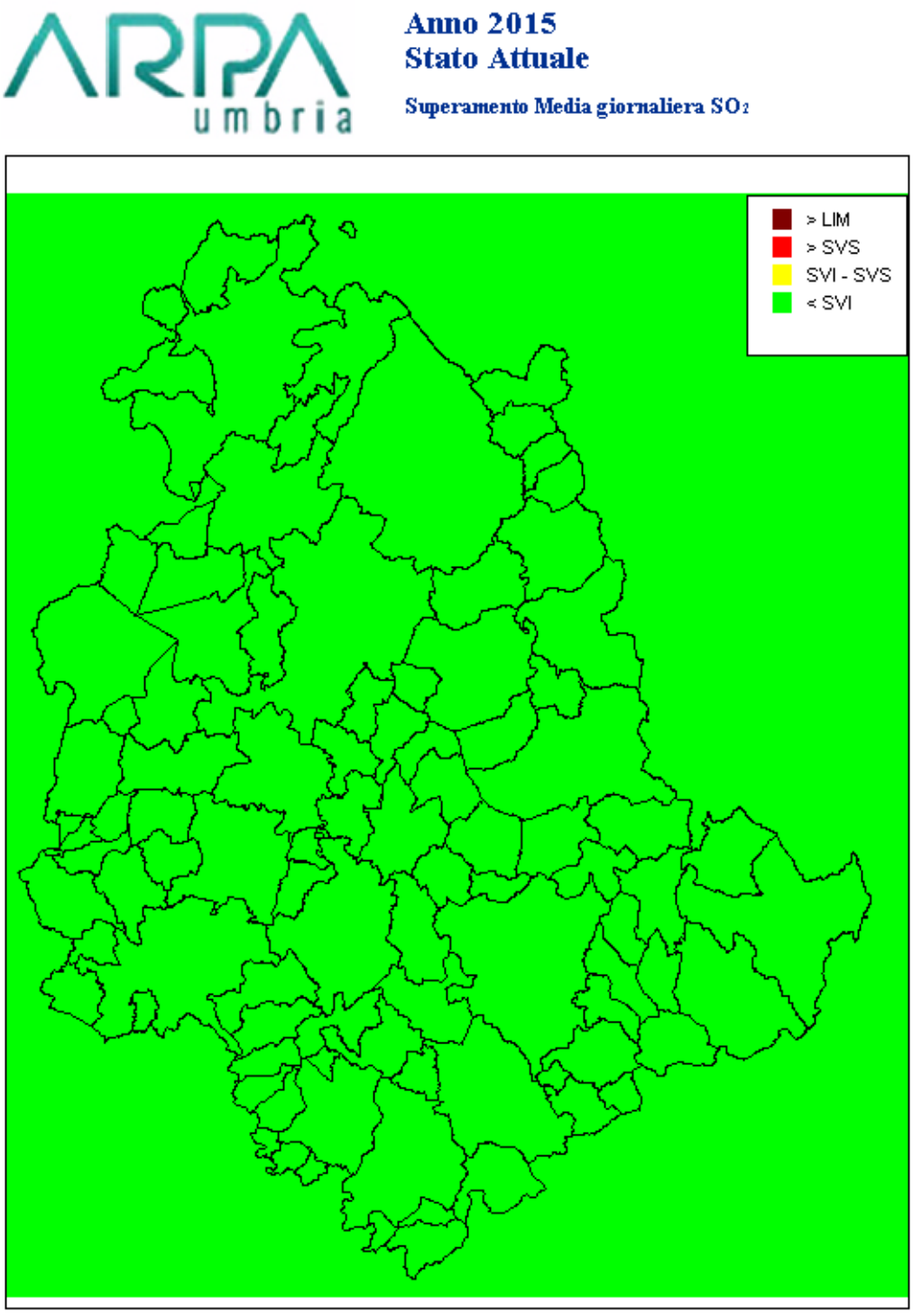

Figura 40 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite per la media giornaliera degli ossidi di zolfo valutati con il modello Chimere per l'anno 2015

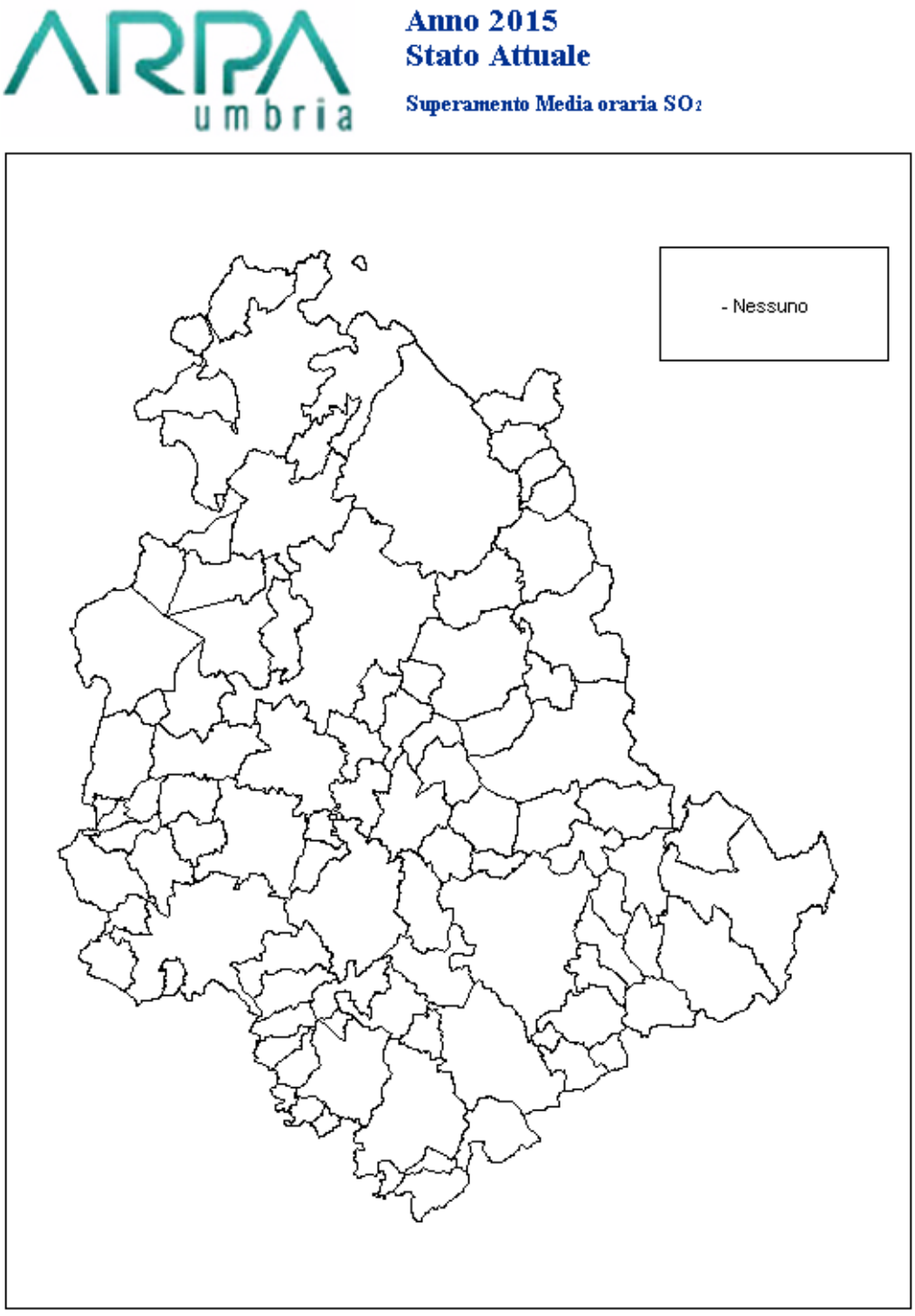

Figura 41 – Stima dei superamenti del valore limite per la media oraria degli ossidi di zolfo valutati con il modello Chimere per l'anno 2015

3.4.2 Sintesi regionale

Dall'analisi dei risultati dell'applicazione del modello Chimere si possono trarre le seguenti conclusioni:

- con riferimento al biossido di azoto:
  - la distribuzione delle concentrazioni è coerente con la distribuzione delle sorgenti emissive, mostrando valori più elevati in concomitanza degli agglomerati, in particolare nella conca ternana, e nei dintorni delle sorgenti emissive maggiori; sono altresì individuabili i contributi dovuti alle arterie stradali maggiori;
  - le mappe confermano i risultati del monitoraggio della qualità dell'aria sul complesso del territorio regionale tenuto conto di una sottovalutazione dei risultati rispetto alle misurazioni nei pressi delle centraline più influenzate dal traffico nelle aree urbane maggiori dovuta alla diluizione delle concentrazioni insita nella applicazione modellistica regionale che non può rispecchiare situazioni locali, in particolare nelle immediate vicinanze delle arterie stradali;
  - non si evidenziano superamenti dei limiti legislativi;
- con riferimento al PM_{10}:
  - la distribuzione delle concentrazioni, come media annuale, mostra valori più elevati presso i centri urbani in particolare delle aree meno elevate in cui maggiore è l'effetto delle situazioni meteorologiche avverse; non si rilevano aree di superamento del limite annuale; si evidenzia, anche per questo inquinante, rispetto al monitoraggio, una sottovalutazione degli effetti delle situazioni locali, in particolare del traffico stradale;
  - relativamente al limite giornaliero si rilevano alcune maglie dove si riscontra il superamento del numero massimo consentito di superamenti del limite giornaliero; in particolare si evidenzia il superamento nelle aree di Perugia, Terni e Foligno, in accordo con il monitoraggio strumentale ed in altre aree del territorio, in particolare nei comuni di valle dove maggiori sono gli effetti della situazione meteorologica; in particolare si rilevano superamenti nei comuni di Città di Castello, Marsciano, Fratta Todina, Todi, Torgiano, Bettona, Bastia, Cannara, Spello; non si rilevano superamenti nel comune di Spoleto;
  - l'analisi della quota antropica del PM_{10} conferma questo risultato evidenziando in differenza con il totale un contributo di circa 5 $\mu g/m^3$ della componente naturale; il numero di maglie con superamento del limite giornaliero è significativamente ridotto rispetto al PM_{10} totale ed è limitato ai comuni di Terni, Perugia, Città di Castello e Marsciano;
- con riferimento al $PM_{2,5}$ tutto il territorio regionale è ampiamente sotto le soglie;
- con riferimento all'ozono:
  - le concentrazioni di ozono mostrano il superamento del valore obiettivo della media mobile di otto ore in tutta la regione;
  - tale valutazione rispecchia complessivamente i superamenti registrati dalla rete di monitoraggio per il valore obiettivo a lungo termine; in questo caso la sottovalutazione degli effetti del traffico stradale a scala locale si evidenzia con una valutazione maggiore delle concentrazioni di ozono rispetto ad alcune centraline di monitoraggio;
- le concentrazioni di biossido di zolfo sono basse su tutto il territorio regionale.

4 SCENARIO TENDENZIALE REGIONALE

Dopo aver valutato lo stato attuale della qualità dell'aria, sono valutate le emissioni e le concentrazioni dei principali inquinanti atmosferici negli scenari futuri; tale valutazione si rende necessaria al fine di verificare il sussistere di eventuali criticità su cui intervenire con misure di risanamento.

È dunque in primo luogo elaborato, ai sensi dell'articolo 22 comma 4 del D. Lgs. 155/2010, uno scenario emissivo di riferimento (o "tendenziale").

Lo scenario di riferimento rappresenta i livelli emissivi e le concentrazioni in aria ambiente fino al 2030, nell'ipotesi in cui non siano adottate ulteriori misure oltre a quelle già stabilite dalla normativa nazionale e/o regionale e dalla pianificazione regionale. La previsione dello scenario di riferimento dà un'indicazione della possibile evoluzione delle emissioni nel caso in cui non sia adottata alcuna misura di piano; a tale previsione è quindi associata la stima delle corrispondenti concentrazioni in aria ambiente e la valutazione dell'eventuale persistere delle attuali situazioni di superamento o di rischio di superamento dei limiti legislativi.

Lo scenario è elaborato sulla base delle norme e dei provvedimenti vigenti a livello europeo, nazionale, regionale, provinciale e comunale aventi rilievo in materia di inquinamento atmosferico ed è predisposto per ognuno degli inquinanti per i quali vengono posti valori limite alle concentrazioni nelle modalità indicate dall'articolo 22, comma 4, del D. Lgs. 155/2010. Tale scenario tiene inoltre conto dell'andamento tendenziale dei principali indicatori delle attività responsabili delle emissioni.

Una volta costituito lo scenario emissivo è costituito uno scenario di riferimento della qualità dell'aria. Esso è elaborato attraverso l'utilizzo di modelli di dispersione e trasformazione in atmosfera degli inquinanti, e fornisce informazioni sull'andamento tendenziale della qualità dell'aria in termine di concentrazioni degli inquinanti in atmosfera.

In questo contesto saranno riportati i risultati delle stime per lo scenario di riferimento, sia in termini di emissioni che di concentrazioni in aria ambiente, dei principali inquinanti atmosferici. Dall'analisi delle mappe in scenario di riferimento si potrà verificare il sussistere di eventuali criticità ambientali supponendo che non sia stata applicata alcuna misura di Piano.

4.1 L'informazione di base per lo scenario tendenziale

Lo *Scenario di riferimento regionale* (o *Scenario tendenziale regionale*) è costruito definendo dei fattori di proiezione che si basano su:

- i provvedimenti di autorizzazione integrata ambientale delle aziende del territorio regionale;
- quanto previsto dalla Regione sino all'anno 2030 in atti di programmazioni e strategie che possano avere influenza sulla qualità dell'aria (programmazione economica e programmazione in materia di energia, trasporti, rifiuti, incendi boschivi, cave e rurale);
- quanto previsto a livello nazionale nella programmazione energetica e della mobilità;
- quanto previsto a livello nazionale e locale relativamente alla programmazione dello sviluppo aeroportuale;

- proiezioni del parco circolante appositamente sviluppate in questo lavoro utilizzato i dati di immatricolazione e cancellazioni ACI a livello regionale e le previsioni dell'Unione Petrolifera sulla consistenza globale del parco.

Nel seguito sono dettagliate le analisi effettuate e le fonti utilizzate.

4.1.1 Provvedimenti autorizzazione integrata ambientale (AIA)

L'autorizzazione integrata ambientale (AIA) è il provvedimento che autorizza l'esercizio di un'installazione a determinate condizioni, che devono garantire la conformità ai requisiti di cui alla parte seconda del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, come modificato da ultimo dal decreto legislativo 4 aprile 2014, n. 46, attuazione della direttiva 2010/75/UE relativa alle emissioni industriali (prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento). L'elenco delle categorie di attività industriali soggette all'autorizzazione è riportato nell'Allegato I al decreto. Ai sensi di quanto previsto dall'articolo 29-quattuordecies del citato D.Lgs. 152/06 e s.m.i., tale autorizzazione è necessaria per poter esercire le attività specificate nell'allegato VIII alla parte seconda dello stesso decreto. L'autorizzazione integrata ambientale è rilasciata tenendo conto di quanto indicato all'allegato XI alla parte seconda e le relative condizioni sono definite avendo a riferimento le conclusioni sulle BAT.

La procedura di rilascio dell'AIA è, a seconda dei casi, di competenza statale (per le categorie di impianti riportate nell'Allegato V al suddetto decreto) o regionale.

4.1.2 Procedure nazionali

Il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare cura la pubblicazione on-line della documentazione fornita dai gestori ai fini del rilascio delle AIA di competenza statale, relative alle installazioni di cui all'allegato XII alla parte seconda del D.Lgs. 152/06.

Le procedure di AIA statali relative alla Regione Umbria sono state analizzate al fine di valutare l'evoluzione delle emissioni di inquinanti in conseguenza dei provvedimenti AIA stessi.

Per la Regione Umbria gli impianti di competenza statale[9] sono:

- ENEL produzione S.p.A. – Centrale Pietro Vannucci, Gualdo Cattaneo;
- ENEL produzione ambiente S.p.A. – Impianto termoelettrico di Pietrafitta
- Basell Poliolefine Italia S.r.l. - Stabilimento di Terni.

La Centrale di Gualdo Cattaneo ha in essere un provvedimento AIA che, ai sensi dell'art.22 comma 1 del Dlgs 46/2014 che modifica l'art. 273 comma 4 del dlgs 152/2006, richiede l'esenzione dall'obbligo di rispettare i valori limite di emissione Dlgs 152/2006 con l'impegno a non far funzionare l'impianto (entrambe le sezioni) per non più di 17.500 ore tra il 1° gennaio 2016 ed il 31 dicembre 2023. Al 2015, anno di base delle proiezioni le due sezioni hanno funzionato rispettivamente per 335,30 e 355,81ore, ben al di sotto l'autorizzato. È inoltre in corso presso il Ministero dello sviluppo economico l'istruttoria sull'istanza di messa fuori servizio definitiva dell'impianto. Visti anche gli accordi con Regione per la riconversione del sito si ritiene di poter considerare l'impianto chiuso dal 2025.

[9] http://aia.minambiente.it/ListaProvvedimenti.aspx

Per la Centrale di Pietrafitta è stata autorizzata la dismissione dei gruppi PF3 e PF4; rimane in operatività il gruppo PF5 a ciclo combinato che nel 2015 non ha funzionato. ENEL non prevede allo stato la sua chiusura ma neanche al momento ipotesi per un suo utilizzo più intensivo.

La Basell Poliolefine Italia di Terni è stata valutata con emissioni al di sotto della soglia per la considerazione come sorgente puntuale e non è presente nell'inventario.

Con riferimento alle AIA rilasciate sono stati elaborati i driver di proiezione di Tabella 47.

Tabella 47 – Driver di proiezione relativi ai provvedimenti di AIA statali rilasciati

Struttura APEX	Unità APEX	Note
011 Enel-Centrale Termoelettrica Di Bastardo	001	Chiuse dal 2020 – Piano di dismissione e messa in sicurezza
	002	
012 Enel-Centrale Termoelettrica Di Pietrafitta	003	Chiuse dal 2016 – Piano di dismissione e messa in sicurezza
	004	

4.1.3 Provvedimenti autorizzazione integrata ambientale (AIA) regionale

Per i provvedimenti autorizzazione integrata ambientale (AIA) regionale è stata presa in esame la documentazione:

- del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (pubblicazione on-line dei documenti di rilascio delle AIA di competenza regionale[10]);
- delle provincie di Perugia[11] e Terni[12] (la Regione Umbria con Legge Regionale 13 maggio 2009 n.11 ha individuato nella Provincia l'autorità competente per l'Autorizzazione integrata ambientale ad eccezione degli impianti ad autorizzazione nazionale);
- direttamente in possesso di ARPA Umbria e messa a disposizione nel progetto.

In Tabella 47 sono riportati i provvedimenti di AIA regionali presi in esame.

Tabella 48 - Provvedimenti di AIA regionali

Struttura APEX	Ragione sociale	Categoria attività	Ultima procedura
016	F.B.M. FORNACI BRIZIARELLI MARSCIANO S.p.A.	Produzione di laterizi	Rinnovo AIA D.D. Regione n.010676 del 05/12/2013, durata 6 anni
020	CEMENTERIE ALDO BARBETTI S.p.A.	Produzione di Clinker	Rinnovo AIA DD Regione n.011628 del 20/12/2013, durata 6 anni. Aggiornamenti successivi 2014 e 2016 non riguardano le emissioni in atmosfera
021	Calce San Pellegrino SpA	Produzione di Calce	Modifica sostanziale AIA D.D. Provincia Terni Prot n. 60632 del 13.11.2012

[10] http://aia.minambiente.it/impiantiperterritorio.aspx?t=1&id=10&c=
[11] http://www.provincia.perugia.it/guidetematiche/ambienteterritorio/aia/provincia/rilasciate
[12] http://cms.provincia.terni.it/on-line/Home/Areetematiche/Ambiente/ServizioRifiutiEmissioniA.I.A./AutorizzazioneIntegrataAmbientale A.I.A..html

022	O-I Manifacturing S.p.A.	Produzione di Contenitori di vetro	Rinnovo AIA D.D. Provincia Terni Prot n. 8120 del 15.02.2012
023	COLACEM S.p.A.	Produzione di Clinker	Rinnovo AIA D.D. Provincia Perugia Prot n. 8228 del 18.09.2013
025	TOPPETTI 2 S.A.	Produzione prodotti ceramici	Rinnovo AIA DD Regione n.1368 del 04/03/2011 Aggiornamenti successivi 2013 e 2015 non riguardano le emissioni in atmosfera
026	CEMENTIR ITALIA S.p.A.	Produzione di Clinker	D.D. Provincia Perugia n. 9685 del 15/12/2014. Aggiornamenti successivi 2015 non riguardano le emissioni in atmosfera
028	Thyssenkrupp Acciai Speciali Terni SpA	Impianti di produzione di ghisa o acciaio Laminazione calda e fredda	D.D. Regione Umbria n. 11590 del 25/11/2016 modifica sostanziale con procedura coordinata AIA-VIA ad integrazione dell'AIA n1986/2010 "Modifica e razionalizzazione del reparto PX2"
031	Elettrocarbonium Srl (ex SGL Carbon SpA)	Impianti per la fabbricazione di carbonio (carbone duro) o grafite	D.D. Regione Umbria n. 8083 del 10/11/2011, la ditta è in liquidazione (voltura AIA alla Elettrocarbonium Srl) ma da ricerche in rete sappiamo che è stata acquistata da "GoSource"
039	VETRERIA COOPERATIVA PIEGARESE SOC. COOP	Produzione di Contenitori di vetro	D.D. Provincia Perugia n. 8396 del 05/11/2012, modifica AIA D.D. regionale n. 10110/2010
053	Colussi S.p.A	Produzione Pane e prodotti da forno	D.D. Provincia Perugia n. 6432 del 27/08/2014, modifica AIA D.D. provinciale n. 11697/2013
139	A.R.I.A. (Acea Risorse e Impianti per l'Ambiente) SpA	Termovalorizzatore	Provincia Terni n.33694 Voltura AIA D.D. Regione Umbria n.11879 del 19/12/2008
272	GREENASM Srl	Impianto di compostaggio e combustione biogas	D.D. Provincia di Terni n. 71822 del 20/12/2011

L'unica modifica alle emissioni individuata dalla analisi delle AIA regionali è relativa alla Thyssenkrupp Acciai Speciali Terni con l'introduzione di una nuova linea di laminazione a

freddo che comporta un potenziale aumento di emissioni come riportato in Tabella 49, la nuova linea è introdotta a partire dal 2025.

Tabella 49 – Driver di proiezione relativi ai provvedimenti di AIA regionali rilasciati

Struttura APEX	Unità APEX	Note
028 Thyssenkrupp Acciai Speciali Terni	006 Laminatoi a freddo - acciai inossidabili	+ 41,5 Mg di NOx + 11,1 Mg di PM + 20,8 Mg di CO

4.2 Analisi della pianificazione regionale e nazionale di interesse del piano

Sono stati presi in considerazione per l'aggiornamento del Piano di Qualità dell'aria tutti i nuovi atti di Pianificazione nazionale e regionale successivi alla redazione del Piano in Vigore (Piano Regionale per la Qualità dell'aria, approvato con Delibera del Consiglio Regionale 17 Dicembre 2013, n. 296 - Approvazione del Piano regionale della qualità dell'Aria). Il Piano è stato realizzato con il supporto di ARPA Umbria e la collaborazione della nostra società.
Nel corso dell'incarico sarà svolta una completa rassegna degli altri atti pianificatori aggiornati della Regione Umbria ed in particolare:

- Strategia Energetico Ambientale Regionale 2014-2024
- Piano Regionale dei Trasporti 2014-2024
- Adeguamento del Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti 2015
- Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020
- Piano regionale delle Attività Estrattive
- POR Umbria FESR 2014-2020

L'analisi della documentazione regionale è stata integrata con un aggiornato quadro della pianificazione comunitaria e nazionale di interesse regionale con l'analisi dei principali atti emessi dopo la redazione del Piano quali a titolo di esempio:

- La nuova direttiva UE 2016/2284 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2016 concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, che modifica la direttiva 2003/35/CE e abroga la direttiva 2001/81/CE.
- il Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 15 marzo 2012 (cosiddetto *Burden Sharing*)
- La *Strategia energetica nazionale 2017* (SEN 2017) approvata con il decreto interministeriale del 10 Novembre 2017;
- La Settima Comunicazione Nazionale di fine 2017 con cui l'Italia ha aggiornato le informazioni circa le misure adottate per la riduzione dei livelli di gas serra.
- Il Piano di Azione Nazionale per la riduzione dei gas serra per il periodo 2013-2020, approvata in data 8 marzo 2013;
- *Il Piano Nazionale degli Aeroporti* ed in particolare il *Rapporto Preliminare Ambientale* del *Processo di Valutazione Ambientale Strategica*;
- Il Piano decennale di sviluppo delle reti di trasporto di gas naturale 2017-2026 di SNAM Rete del 30 novembre 2017;

- Le Previsioni di domanda energetica e petrolifera italiana 2018-2030 dell'unione Petrolifera del Maggio 2018;
- Gli Scenari della domanda elettrica in Italia 2016-2026 di TERNA del 09 Maggio 2017;
- Gli Elementi per una roadmap della mobilità sostenibile di Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ed RSE del maggio 2017;
- Gli Scenari energetici e di mobilità in Italia 2016-2030 dell'Unione Petrolifera (contributo dell'Unione Petrolifera alla "Roadmap della mobilità sostenibile fino al 2030").

4.2.1 La pianificazione energetica

Secondo i dati GSE del Monitoraggio degli obiettivi regionali sulle fonti rinnovabili fissati dal DM 15 marzo 2012 "Burden sharing" per i consumi finali lordi di energia da fonti rinnovabili e totali (ktep), nel 2015 la quota dei consumi complessivi di energia coperta da fonti rinnovabili è pari al 22,7%; il dato è superiore sia alla previsione del DM 15 marzo 2012 per il 2016 (10,6%) sia all'obiettivo da raggiungere al 2020 (13,7%). I consumi finali lordi al 2015 (2.222 ktep) sono altresì inferiori all'obiettivo da raggiungere al 2020 (2.593 ktep)

Come punto di riferimento sulla pianificazione energetica regionale è stata presa in esame sostanzialmente la Strategia Energetico Ambientale Regionale 2014-2024.

4.2.1.1 Strategia Energetico Ambientale Regionale 2014-2024

La Strategia Energetico Ambientale Regionale (SEAR), ponendo alla base della sua strategia energetica l'obiettivo programmatico assegnatole all'interno del decreto ministeriale 15 marzo 2012 c.d. "Burden Sharing", che consiste nell'ottenimento di un valore percentuale del 13.7% nel rapporto tra consumo di fonti energetiche rinnovabili e consumi finali lordi di energia sul territorio regionale al 2020, si incentra su 3 obiettivi principali:

1. Incrementare la produzione di energia da fonti energetiche rinnovabili e diminuire il consumo finale; tale obiettivo mira a raggiungere e superare gli obiettivi ambientali definiti dal Pacchetto europeo Clima-Energia 2020 (cosiddetto "20-20-20"). Tutte le scelte di politica energetica quindi mireranno a migliorare gli standard ambientali e di decarbonizzazione;
2. Sviluppare la filiera industriale dell'energia; tale obiettivo è volto a favorire la crescita economica sostenibile dell'intera regione;
3. Migliorare la governance del sistema.

La SEAR elabora due scenari: lo scenario inerziale e lo scenario obiettivo. Nel seguito le previsioni dello scenario obiettivo sono inserite all'interno dello scenario tendenziale del Piano della Qualità dell'Aria.

Con lo scenario obiettivo la SEAR attualizza sia le previsioni strategiche nazionali così come elencate nella Strategia Energetica Nazionale, sia le direttrici dello sviluppo regionale. Le valutazioni sono effettuate in termini di evoluzione del Consumo Finale Lordo e di variazione della produzione di energia da FER.

La SER si pone come obiettivo il raggiungimento nel 2020 di un valore di burden sharing pari al 20% ben superiore a quello assegnato a livello statale (13,7%); tale obiettivo deve essere

raggiunto sia con l'incremento della produzione di energia da fonti rinnovabili (elettriche e termiche), sia con azioni di efficientamento.

Nello scenario, il valore obiettivo del Consumo Finale Lordo al 2020 viene individuato in un range compreso tra 2.440 e 2.450 ktep. Nelle previsioni della strategia, il valore indicato tiene conto di una ripresa dell'economia, ripresa che, col crescere dei consumi, porta naturalmente anche ad una crescita del consumo finale lordo di energia. A tale andamento si vuole contrapporre una politica regionale che, associata alle politiche nazionali, porterà ad una riduzione del consumo obbiettivo stimato dallo Stato al 2020, e quindi già decurtato per effetto delle azioni di efficientamento di competenza statale, grazie ad ulteriori azioni di efficientamento e di riduzione degli sprechi. Nella sostanza, la diminuzione di consumo di energia non sarà associata ad una diminuzione del benessere, dei servizi e dei beni, ma grazie ad azioni di efficientamento e di riduzione degli sprechi, il livello di qualità della vita si manterrà, anzi aumenterà."

La crescita delle Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) è un obiettivo da perseguire in associazione con le azioni di efficientamento che porteranno a diminuire il consumo finale lordo di energia.

Si prevede di mantenere un livello di FER superiore all'obiettivo globale e settoriale delle FER indicato nel decreto Burden Sharing, con interventi sia nel settore termico che nel settore elettrico. In particolare si prevede un incremento di 12 ktep per FER elettriche di cui 5 ktep per la biomassa (prioritariamente con l'utilizzo di sottoprodotti provenienti dalle attività agricole, zootecniche e forestali).

Le previsioni per la componente termica della SER (riportate in Tabella 50) e rilevanti per il Piano della Qualità dell'Aria sono in realtà già state raggiunte al 2015. In conseguenza non si ipotizzano al 2020 riduzioni dei consumi di combustibili per sostituzione con fonti rinnovabili termiche rispetto al 2015.

Tabella 50 – Previsioni di crescita della produzione per le FER termiche

Settore	Producibilità attesa 2020 (ktep)	Valore 2015 (ktep)°
Energia geotermica	0	0
Solare termica	5	3
Frazione rinnovabile rifiuti	1	1
Biomasse solide residenziale	220	233
Carbone vegetale	2	2
Biomasse solide non residenziale	20	32
Bioliquidi	0	0
Biogas	0	0
Pompe di calore	38,5	35
Calore derivato rinnovabile – cogenerazione	6,8	8
Calore derivato rinnovabile – solo calore	0	0
Totale FER termiche	293,3	313,0

° fonte GSE

4.2.1.2 Strategia energetica nazionale 2017

Nell'ambito della Strategia energetica nazionale 2017 (SEN 2017) sono stati sviluppati due scenari, lo scenario BASE e, lo scenario denominato SEN, funzionale al raggiungimento degli

obiettivi della strategia. Nel seguito si riporta lo scenario SEN che viene assunto come ipotesi di base dello scenario tendenziale regionale integrando le previsioni della Strategia Energetico Ambientale Regionale 2014-2024.

I principali obiettivi sono stati così stabiliti:

- riduzione dei consumi finali di energia nel periodo 2021-30 pari all'1,5% annuo dell'energia media consumata nel triennio 2016-2018 (escludendo il settore trasporti), in accordo alla proposta di nuova direttiva sull'efficienza energetica (COM(2016)761 final), tenendo conto dei criteri di flessibilità indicati nella stessa proposta: si tratta di un obiettivo condiviso, e comunque necessario per il raggiungimento dell'obiettivo di riduzione delle emissioni nei settori ESD;
- fonti energetiche rinnovabili, pari al 28% dei consumi finali lordi al 2030 (FER elettriche pari al 55% rispetto al 33,5% del 2015, FER termiche pari al 30% rispetto al 19,2% del 2015, rinnovabili trasporti pari al 21% rispetto al 6,4% del 2015);
- cessazione dell'uso del carbone nella generazione elettrica al 2025;
- riduzione entro il 2030 di 13,5 Mtep rispetto al 2015 i consumi primari di prodotti petroliferi;
- la produzione di energia elettrica da biomasse è prevista in riduzione da 19 TWh del 2015 a 16 TWh nel 2020 e 15 TWh nel 2030.

Lo scenario SEN tiene inoltre conto delle seguenti politiche attive, già decise e con effetti attesi anche nel periodo 2021-2030:

- gli obiettivi di sviluppo delle infrastrutture di trasporto e logistica di cui all'allegato del Ministero dei Trasporti al DEF 201618;
- il piano strategico nazionale della mobilità sostenibile destinato al rinnovo del parco degli autobus del trasporto pubblico locale e regionale, di cui alla legge 232/2016
- gli effetti di modalità di mobilità alternativa come car sharing e car pooling, in via di diffusione anche grazie a politiche adottate a livello locale.

Sempre per i trasporti, sono stati considerati gli obiettivi del decreto legislativo 257/2016 di attuazione della direttiva 2014/94/UE sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi. Si tratta di obiettivi molto ambiziosi, in base ai quali, ad esempio, al 2030 il GNL dovrebbe coprire all'incirca metà dei bunkeraggi navali e il 30% del trasporto merci pesanti (in termini di ton-km).

Lo scenario SEN sarà oggetto di aggiornamenti e ulteriori sviluppi già nella prospettiva del piano integrato per l'energia e il clima, non solo per partire dal pacchetto comunitario approvato e tener conto di eventuali aggiornamenti delle ipotesi di base e dei più ambiziosi obiettivi delineati, in particolare sulle rinnovabili, ma anche per considerare le politiche attive che gli altri Stati membri adotteranno in attuazione del Clean Energy Package e gli eventuali nuovi orientamenti in materia di mix energetico, soprattutto negli Stati con i quali il nostro Paese ha interscambi energetici rilevanti.

È rilevante per la qualità dell'aria l'indicazione del Piano riguardo la limitazione dell'utilizzo delle biomasse solide nel riscaldamento.

4.2.1.3 Conclusioni sui consumi energetici e definizione dello scenario

La previsione regionale di 2.440 ktep di consumi finali per il 2020 corrisponde ad un aumento di circa il 10% rispetto ai consumi energetici del 2015.

Dall'analisi dei dati di Tabella 50 si verifica come, per quanto riguarda le biomasse solide nei settori residenziale e non residenziale ed il calore derivato, gli obiettivi 2020 sono già raggiunti, l'unico incremento prevedibile è legato alle pompe di calore per le quali si prevede un incremento di 3,5 ktep a scapito dei combustibili fossili (gas naturale, gasolio e GPL). La penetrazione è considerata lineare tra il 2015 ed il 2020.

Con riferimento al settore residenziale, la SEN prevede al 2030 una riduzione di circa il 12% dei consumi nel settore residenziale e del 6% nei servizi ed agricoltura per una riduzione globale nei tre settori del 10%; la contrazione è dovuta prevalentemente al gas naturale che si riduce del 26% nel residenziale e terziario. A livello regionale si assume una riduzione equivalente del consumo di gas. Per i prodotti petroliferi nel settore residenziale, legati prevalentemente all'utilizzo di GPL e gasolio, come scelta conservativa e visto il peso residuale che hanno a livello regionale, si sceglie di prevedere le stesse riduzioni percentuali valutate per il gas naturale nell'ipotesi che interventi di efficienza energetica e di passaggio a fonti rinnovabili siano indipendenti dal combustibile utilizzato.

Con riferimento alle biomasse nel settore residenziale, in modo conservativo si introducono le seguenti assunzioni:

- non si prevede un aumento assoluto del consumo finale di legna;
- sulla base dei dati FAO sul mercato del pellets per l'Italia si prevede una stabilizzazione del consumo di pellets;
- per analogia si prevede un analogo stabilizzarsi della quota di stufe e camini innovativi sul totale in assenza di interventi specifici.

Con riferimento al settore della combustione industriale, dove la SEN prevede al 2030 una riduzione di circa il 4% dei consumi globali e la SER una ripresa del 4% al 2020, si prevede un aumento del 4% al 2020 un ritorno ad i valori attuali al 2025 ed una successiva riduzione del 4% al 2025.

L'evoluzione dei trasporti è discussa nel paragrafo successivo.

4.2.2 Programmazione regionale in materia di trasporti stradali

Con riferimento ai trasporti, è in primo luogo preso in esame il Piano Regionale dei Trasporti 2014-2024, è stata poi sviluppata una specifica proiezione regionale del parco dei veicoli stradali circolante ed infine sono state prese in esame le misure specifiche dei piani comunali dei comuni capoluogo.

4.2.2.1 Il Piano Regionale dei Trasporti

Il Piano regionale dei trasporti (PRT) è lo strumento principale di pianificazione dei trasporti adottato dalla Regione.

I principali obiettivi strategici perseguiti dalla Regione, attraverso il PRT, sono:

- la configurazione di un assetto ottimale del sistema plurimodale dei trasporti,
- una maggiore efficacia nella connessione del sistema regionale al contesto nazionale,
- il potenziamento e lo sviluppo delle infrastrutture,
- la riduzione dei costi economici generalizzati del trasporto,
- il concorso nel raggiungimento degli obiettivi in materia di tutela dell'ambiente.

Il piano ha validità decennale e può essere sottoposto ad aggiornamenti periodici.

Il nuovo Piano Regionale dei Trasporti 2014-2024 è stato approvato con Deliberazione dell'Assemblea Legislativa del 15 dicembre 2015, n. 42, pubblicato nel supplemento ordinario n. 1 al B.U.R. - Serie Generale - n. 4 del 27 gennaio 2016.

Nel seguito si farà riferimento al Rapporto Ambientale redatto nell'ambito della Valutazione Ambientale Strategica e si prenderanno in esame le elaborazioni per lo scenario di progetto elaborato per il 2024. Tali ipotesi sono state mantenute costanti al 2030 ed interpolate al 2020.

In particolare è stata presa come riferimento l'evoluzione dei volumi di traffico sulla rete stradale valutata nel rapporto ambientale a partire dal dato dell'ora di punta fornito dal modello di simulazione per tutti gli archi della rete regionale utilizzato nella redazione del piano. Per ottenere il traffico giornaliero e la percentuale di veicoli pesanti per tutti gli archi stradali considerati, le elaborazioni del Piano hanno applicato le curve giornaliere di distribuzione del traffico, ricavate per tipologia di strada dai dati del database e soprattutto dai rilievi effettuati.

Il Piano effettua delle valutazioni "a parco costante" che nell'ambito del presente lavoro sono state sostituite da una valutazione che, si veda paragrafo successivo, tiene conto della variazione del parco circolante. In definitiva sono state assunte dal PRT le variazioni delle percorrenze valutate nel Rapporto Ambientale. In particolare sono state recepite le variazioni delle percorrenze sulla rete regionale e nei centri abitati.

Per quanto riguarda la rete regionale è previsto un aumento complessivo del 4,9% dei veicoli leggeri e del 10,9% dei veicoli pesanti. Tali valori, anche in considerazione a quanto valutato nel paragrafo successivo, sono stati mantenuti costanti al 2030. Le variazioni sono state applicate al traffico extraurbano e, per i soli veicoli leggeri, al traffico urbano.

4.2.2.2 Evoluzione del parco veicoli stradali circolante

Per il parco circolante è stata sviluppata una specifica proiezione regionale utilizzando una metodologia già sperimentata da Techne Consulting che è stata aggiornata con gli elementi disponibili nella roadmap della mobilità sostenibile di Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ed RSE del maggio 2017, negli Scenari energetici e di mobilità in Italia 2016-2030 dell'Unione Petrolifera, ed adattata alla specificità dei dati regionali. Nel seguito sono delineate le linee guida di questa proiezione che sono state sviluppate in corso d'opera sulla base del quadro completo dell'informazione disponibile.

La proiezione che è stata realizzata per il presente lavoro si è basata sulle seguenti ipotesi:

- previsione Unione Petrolifera che la consistenza del parco autovetture globale (effettivamente circolante) torni sui valori 2015 nel 2030 (33,7 milioni di unità nel 2015) dopo aver raggiunto il suo picco di sviluppo nel 2019-2020 (33,9 milioni), per poi ridimensionarsi gradualmente, a seguito di una maggiore offerta di trasporto collettivo, nonché per la diffusione di car sharing e car pooling nelle abitudini dei cittadini e della minore disponibilità di auto a gasolio di bassa cilindrata;
- per i veicoli differenti dalle autovetture calcolo di un tasso di variazione annuo del circolante totale fino al 2020 in linea con la variazione media 2015-2017 (dati circolante ACI); non si ritiene credibile allo stato attuale una crescita più elevata del circolante che riporti ai tassi dell'inizio del secolo anche in accordo con le previsioni a livello europeo (European Commission, EU Reference Scenario 2016: Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050);

- applicazione di un tasso di nuove immatricolazioni fino al 2025 in linea con il tasso medio 2013-2016 (dati nuovo immatricolato ACI) ed una variazione maggiore dopo il 2022 in linea con l'aumento medio 2000-2016, ipotizzando un recupero delle vendite dopo il 2022 al prevedibile attenuarsi della crisi del settore; il tasso sarà calcolato separatamente per: autovetture benzina, autovetture diesel, autovetture gpl, autovetture metano, autobus, motocicli, motrici stradali ed autocarri;
- mantenendo coerenti le due ipotesi precedenti, rispettando le previsioni sull'andamento del circolante globale, inserendo veicoli delle nuove classi EURO e cancellando le quantità risultanti dal saldo tra circolante ed immatricolato in quota pari alla distribuzione tra classi EURO esistente;
- per i motocicli con cilindrata inferiore a 50 cc per i quali non si possiedono dati di nuova immatricolazione è stata effettuata una previsione all'incirca uguale alle stime 2015.

L'insieme delle ipotesi è compatibile con un aumento del parco complessivo lento, in linea con le previsioni Unione Petrolifera per le autovetture e con il tasso medio 2015-2017 per gli altri veicoli. L'aumento del parco è combinato con un inserimento di nuovo immatricolato e cancellazione dei veicoli più vecchi. Poiché non viene fatta alcuna previsione sulle percorrenze dei veicoli la valutazione comporta un moderato aumento delle percorrenze totali in linea con il rinnovo del parco (uscita di veicoli più vecchi con percorrenze annue minori ed ingresso di veicoli nuovi con percorrenze medie maggiori).

4.2.2.3 Piani Urbani della Mobilità Sostenibile

Nel seguito una breve rassegna delle iniziative in corso nei comun i maggiori.

Il Comune di Perugia è in processo di dotarsi di un Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) definito dalle linee guida europee Eltis quale piano strategico di medio-lungo periodo (orizzonte temporale decennale) finalizzato a promuovere un sistema di mobilità in grado di garantire i bisogni di spostamento dei cittadini nelle diverse condizioni sociali, fisiche e biologiche (di età), di ridurre l'inquinamento, le emissioni di gas serra e il consumo di energia aumentando contemporaneamente l'efficienza e l'economicità del trasporto di persone e merci, nonché l'attrattività e la qualità della vita e dell'ambiente urbano.

Il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile di Terni e Narni ha lo scopo di recepire le indicazioni per una pianificazione sostenibile dei sistemi di trasporto delle città europee, nella generazione di una struttura logica che permetta alle città di formulare strategie convincenti e aiuti a semplificare un processo decisionale che riguarda un campo estremamente complesso come quello relativo alla mobilità di persone e merci in ambito urbano. Il trasporto urbano e l'uso del territorio rappresentano sistemi con forti interazioni di natura economica, ambientale e sociale, e la soluzione migliore per l'evoluzione dell'area vasta dipenderà perciò dalle priorità assegnate alla riduzione della congestione, al miglioramento delle condizioni ambientali, al rafforzamento dell'economia e alla protezione delle categorie svantaggiate.

Il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) di Spoleto, entrato nella sua fase operativa di sviluppo nel Novembre 2017, è uno strumento strategico che consentirà, basandosi su una valutazione dei bisogni di mobilità degli individui, di migliorare la qualità della vita della città e dell'ambiente urbano, disegnando un sistema di mobilità sostenibile per dare maggiore accessibilità, migliorare la sicurezza, ridurre l'inquinamento, aumentare l'efficienza e l'economicità del trasporto di persone e merci. Il piano, che si ispira alle migliori prassi comunitarie nelle attività di pianificazione delle città europee, è sviluppato in sintonia con l'elaborazione progettuale del piano di Agenda Urbana "Spoleto Moves", le cui azioni riferite

alla mobilità sono conseguenza del PUMS stesso. L'integrazione tra i due strumenti di programmazione e pianificazione strategica sono orientati al medesimo obiettivo, quello di configurare la futura smart city.

A fine maggio 2018 il Comune di Foligno ha dato notizia dell'avvio del piano urbano della mobilità sostenibile ed il Comune di Città di Castello ha in corso il processo partecipativo.

Allo stato attuale dell'informazione non sono rilevabili, dalla documentazione disponibile, informazioni quantitative da inserire nello scenario tendenziale del Piano regionale.

4.2.3 Il Piano regionale delle attività estrattive e l'industria dei materiali da costruzione

Il Piano regionale delle Attività Estrattive è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 465 del 9 febbraio 2005 e pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Umbria n. 18 del 20 aprile 2005 (supplemento straordinario). Il Piano è datato e non fornisce indicazioni utili per la valutazione dell'evoluzione futura dell'attività estrattiva e della produzione di materiali da costruzione (cemento, calce, laterizi, ecc.) di grande importanza a livello regionale.

Come già rilevato dall'inventario regionale delle emissioni negli ultimi anni si è assistito ad una crisi verticale del settore con conseguente forte riduzione delle produzioni e delle emissioni, in particolare dei cementifici della regione. Allo stato attuale non si è assistito a livello nazionale alla ripresa della produzione che si prevedeva prendesse il via nel biennio 2017-18. Tuttavia i dati statistici del 2016 rilevano una frenata nella caduta della produzione. A livello di previsioni Morgan & Stanley in una sua nota del Settembre 2017 prevede per il triennio 2017-2019 una crescita annua per l'Italia, in controtendenza con altri paesi europei. D'altro canto uno studio recente della International Energy Agency (IEA) e della Cement Sustainability Initiative (CSI), prevede una ripresa, a livello mondiale, delle emissioni di CO_2 al 2020 ed un aumento del 4% al 2050 in assenza di misure. Come stima conservativa le emissioni del settore del cemento e dei materiali da costruzione sono mantenute costanti nello scenario tendenziale. Stessa ipotesi viene assunta per i settori dell'estrazione di materiali da cave, della produzione di Laterizi e di calce e gesso.

4.2.4 Piano regionale dei rifiuti

Con Deliberazione n. 300 del 5 Maggio 2009, l'Assemblea legislativa dell'Umbria ha approvato il Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti. Nella seduta del 23 marzo 2015, la Giunta Regionale ha definitivamente adottato, ai sensi dell'art. 11, comma 1, della L.R. 11/2009, l'adeguamento del Piano Regionale vigente alla normativa entrata in vigore dopo la sua approvazione, ovvero al Decreto Legislativo 3 Dicembre 2010, n. 205 e al Decreto Ministeriale 14 Febbraio 2013, n. 22.

Dalla somma dei diversi fabbisogni di smaltimento in discarica il Piano stima un fabbisogno complessivo regionale che passa dalle 214 kt/anno del 2015 alle 110 kt/anno al 2020 con una riduzione del 48,6%.

4.2.5 Piano Zootecnico Regionale e Programma di sviluppo rurale

Con deliberazione della Giunta Regionale n. 476 del 12.05.2014 la Regione ha adottato il Piano Zootecnico Regionale.

In particolare il Piano mediante il suo obiettivo OP2 – Sostenibilità della zootecnia regionale e incremento dei Beni Pubblici e nello specifico dell'Obiettivo Operativo OO3 – Miglioramento della sostenibilità ambientale degli allevamenti punta a consentire agli allevatori coinvolti di potersi orientare verso adeguamenti strutturali e gestionali che, con l'applicazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD), permettano una conduzione dei reflui sostenibile dal punto di vista economico e ambientale (adeguamento delle strutture di allevamento, stoccaggio, alimentazione, biodigestori, impianti di compostaggio, sistemi di separazione solido – liquido, macchine di spandimento di ultima generazione etc.). Tali adeguamenti potranno beneficiare delle opportunità di aiuto previste nell'ambito della programmazione del Programma di sviluppo rurale 2014/2020. Nel Piano non è presente una quantificazione delle misure e dei loro effetti sulle emissioni.

Il Programma di sviluppo rurale (PSR) per l'Umbria per il periodo 2014-2020 è stato adottato dalla Commissione europea il 12 giugno 2015 (Decisione C(2015)4156) e ratificato dalla Regione Umbria con la DGR n. 777 del 29 giugno 2015. Esso indica le priorità dell'Umbria per l'utilizzo di circa 930 milioni di euro disponibili nell'arco di 7 anni (400 milioni di euro dal bilancio dell'UE ed euro 530 milioni di cofinanziamento Stato-Regione). Con DGR n. 232 del 13/03/2018 la Giunta regionale ha approvato la presa d'atto della decisione di esecuzione C(2018) 1287 final del 26.02.2018, con cui la Commissione ha approvato la modifica (PO4.1) del PSR per l'Umbria 2014-2020.

Il piano prevede le seguenti priorità (P) di interesse per le problematiche della qualità dell'aria nell'ambito della più generale priorità "P5: Incentivare l'uso efficiente delle risorse e il passaggio a un'economia a basse emissioni di carbonio e resiliente al clima nel settore agroalimentare e forestale":

- 5B) Rendere più efficiente l'uso dell'energia nell'agricoltura e nell'industria alimentare;
- 5C) Favorire l'approvvigionamento e l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili, sottoprodotti, materiali di scarto e residui e altre materie grezze non alimentari ai fini della bioeconomia;
- 5D) Ridurre le emissioni di gas a effetto serra e di ammoniaca prodotte dall'agricoltura;
- 5E) Promuovere la conservazione e il sequestro del carbonio nel settore agricolo e forestale;

dalla SWOT Analysis, di interesse per il piano in quanto hanno come obiettivi trasversali "Ambiente" e "Mitigazione dei cambiamenti climatici e adattamento ai medesimi", emergono i seguenti fabbisogni coinvolti negli obiettivi di cui sopra in forma diretta:

- F21 Gestione sostenibile delle foreste, prevenzione degli incendi e ricostituzione del patrimonio forestale danneggiato (O5D, O5E);
- F23 Promuovere l'efficienza energetica nel settore agricolo ed agroalimentare (O5E);
- F24 Incremento delle bioenergie ed organizzazione della filiera bioenergetica (O5C);
- F25 Migliorare la gestione degli allevamenti zootecnici per la riduzione di metano e di protossido di azoto (O5D);
- F26 Promuovere forme di gestione aziendale che favoriscono l'incremento dello stoccaggio di carbonio (O5E).

In particolare per il fabbisogno F25 è previsto il sostegno a pratiche di gestione ed investimenti nel settore zootecnico, anche di tipo innovativo, a basso impatto ambientale al fine di mantenere e/o riconvertire la zootecnia umbra verso pratiche compatibili con l'ambiente e il territorio rurale umbro, in coerenza con le strategie del Piano Zootecnico Regionale.

I seguenti fabbisogni risultano coinvolti negli obiettivi di cui sopra in forma indiretta:

- F17 Favorire una corretta gestione degli input al fine di migliorare la qualità delle acque (O5D)
- F19 Migliorare lo stato di conservazione della biodiversità (O5D, O5E)
- F20 Consolidare ed estendere le superfici gestite con metodi ecocompatibili e con metodi biologici (O5D, O5E)
- F22 Accrescere la diversificazione strutturale dei boschi cedui e rinaturalizzazione delle foreste (O5D, O5E)
- F32 Sostenere i principali settori produttivi del comparto agricolo ed agroalimentare (O5D).
- 5B Al fine di rendere più efficiente l'uso dell'energia nell'agricoltura e nell'agroalimentare si ritiene prioritario intervenire più coerentemente nel'ambito della FA 2A e 3A. Infatti l'efficientamento energetico sarà sostenuto nell'ambito della competitività delle imprese agricole ed agroalimentari.

I seguenti investimenti totali sono preventivati dal Piano per i principali aspetti di interesse per la qualità dell'aria:

- produzione di energia rinnovabile (5C): 12.5 M€, di cui 3,75 M€ per obiettivi quantificati al 2023;
- riduzione delle emissioni di gas a effetto serra e di ammoniaca prodotte dall'agricoltura (5D): 7.65 M€, di cui 4,44% per obiettivi quantificati al 2023;
- sequestro e conservazione del carbonio (5E): 8.1M€, di cui 2,54% per obiettivi quantificati al 2023.

Le misure così come descritte nei suddetti strumenti di pianificazione non permettono di quantificare il loro impatto sulle emissioni. Per cui, anche prevedendo degli effetti positivi, questi non saranno valutati, a titolo conservativo nello scenario tendenziale.

4.2.6 Lo sviluppo aeroportuale

Con riferimento allo sviluppo aeroportuale si è preso in esame il Piano Nazionale degli Aeroporti redatto dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti in collaborazione con ENAC ed in particolare i dati contenuti nel *Piano Nazionale degli Aeroporti* ed in particolare il *Rapporto Preliminare Ambientale* del *Processo di Valutazione Ambientale Strategica*[13].

Il Piano prevede al 2030 i movimenti passeggeri della seguente Tabella 51 (in cui sono anche riportati i dati 2015[14], anno dell'inventario).

Tabella 51 – Previsioni di traffico (milioni di passeggeri) aeroporto di Perugia

Anno	Ipotesi	Passeggeri (milioni)
2015	-	0,185
2030	minima	0,3
2030	media	0,4
2030	massima	0,6

[13] MIT, ENAC, Piano Nazionale degli Aeroporti, Processo di VAS, Rapporto Preliminare Ambientale, Novembre 2015
[14] ENAC, Dati di traffico 2015

Nelle proiezioni è stata presa in considerazione l'ipotesi media.

4.2.7 Utilizzo dei solventi

Sono state inoltre valutate le riduzioni introdotte dallo scenario ENEA sull'utilizzo di solventi, valutate pari al 3% delle emissioni di composti organici volatili del settore al 2027, con un incidenza sempre nello scenario regionale dello 0,5% al 2027 sul totale regionale. Tali riduzioni, nell'incertezza del metodo di valutazione e data la scarsa rilevanza, sono state considerate trascurabili.

4.3 Lo scenario emissivo

4.3.1 Risultati a livello regionale

Una volta stabiliti i valori dei differenti fattori di proiezione, e creati i legami tra fattori di proiezione ed attività a livello regionale, comunale e sui singoli impianti e linee, il modello **Projection** di **E'Gov** è stato inizializzato ed eseguito, fornendo i risultati di seguito riportati.

In Figura 42 per gli ossidi di azoto, in Figura 43 per le particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron, in Figura 44 per le particelle con diametro inferiore a 2,5 micron, in Figura 45 per i composti organici volatili non metanici, in Figura 46 per il benzo(a)pirene, ed infine in Figura 47 per i metalli pesanti è riassunto l'andamento delle emissioni totali nello scenario tendenziale regionale distintamente per macrosettore.

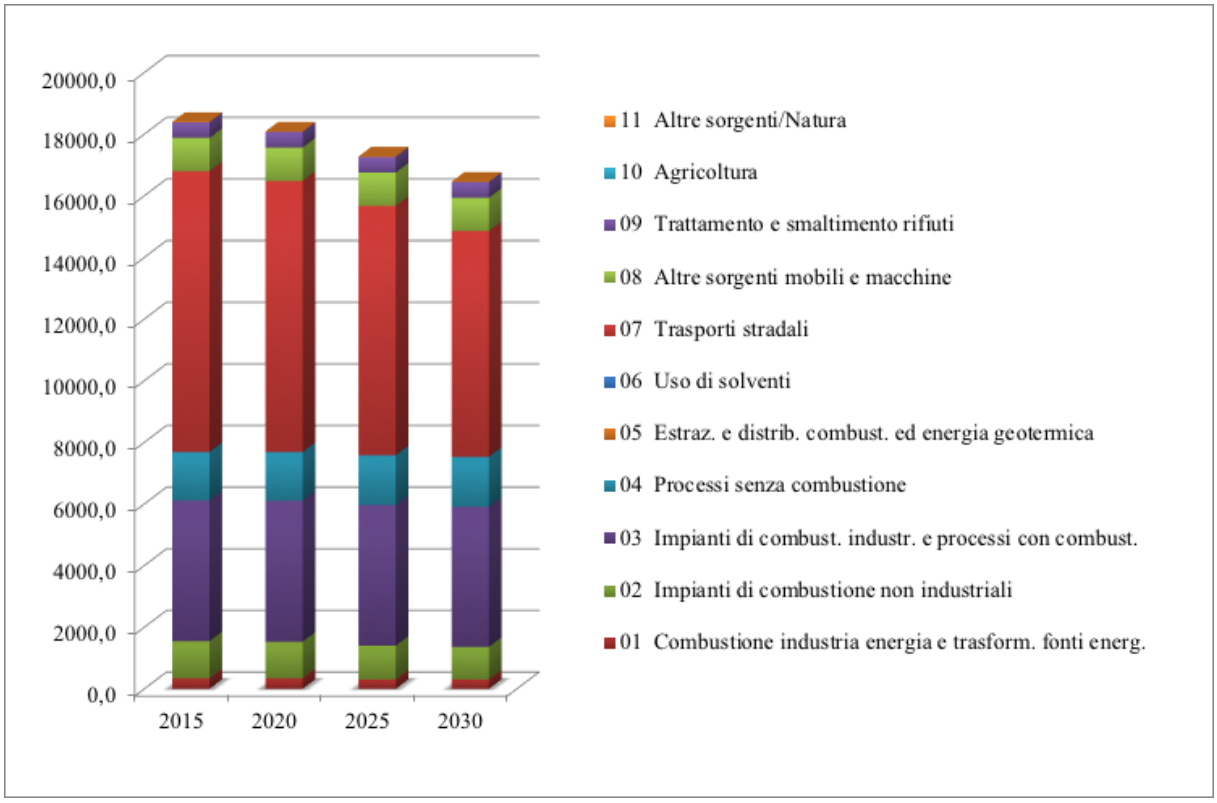

Figura 42 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_X) nello scenario tendenziale regionale

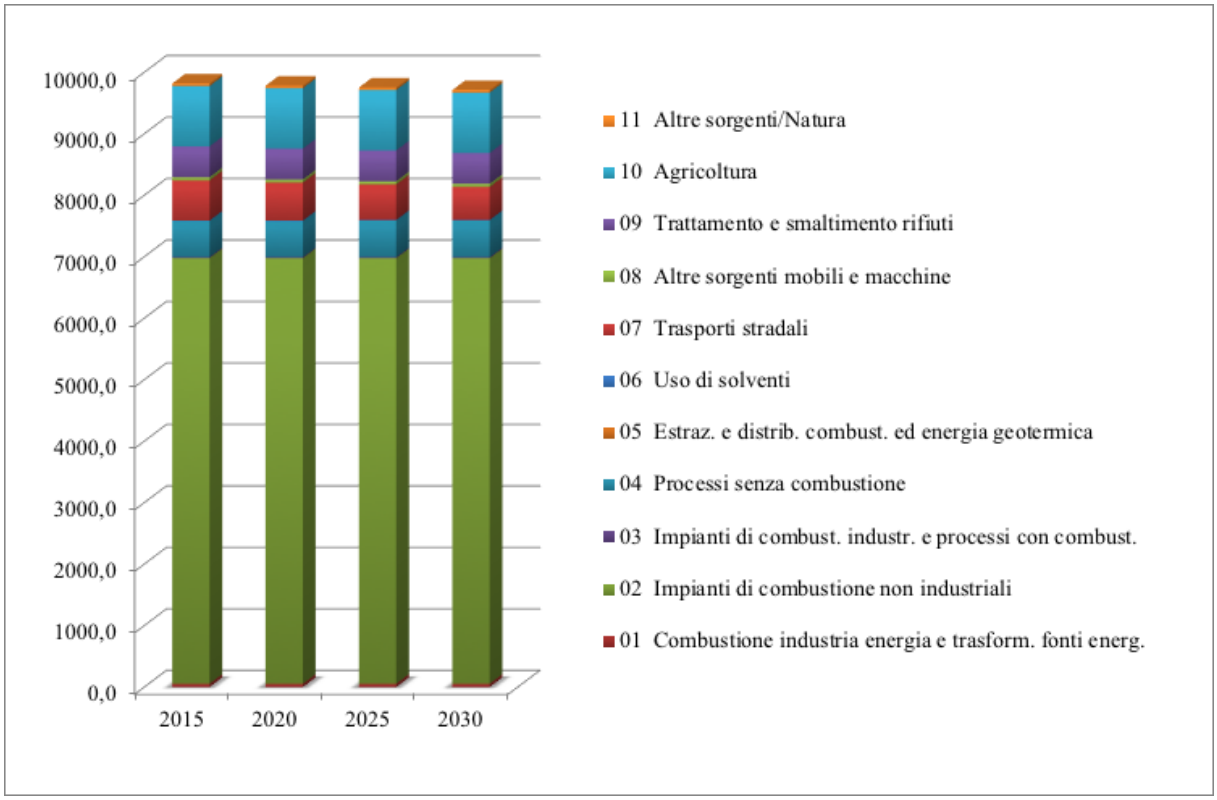

Figura 43 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale

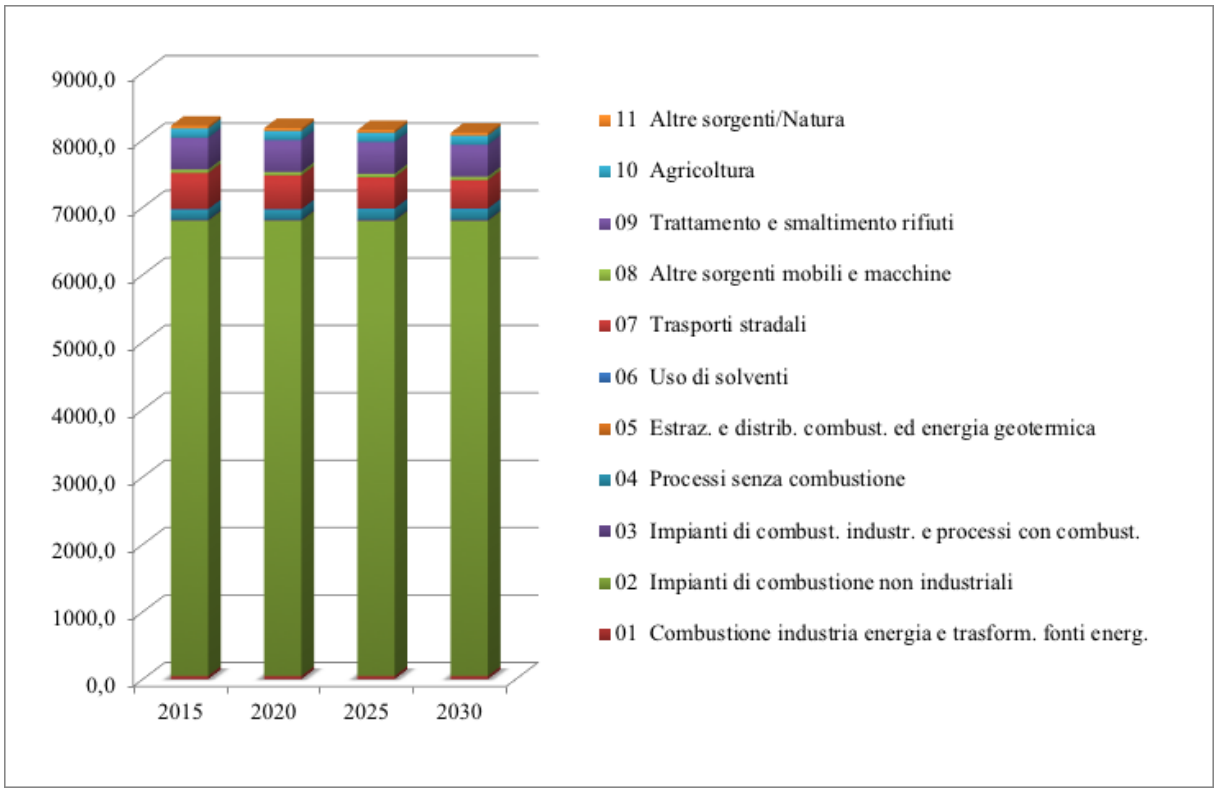

Figura 44 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 2,5 micron ($PM_{2.5}$) nello scenario tendenziale regionale

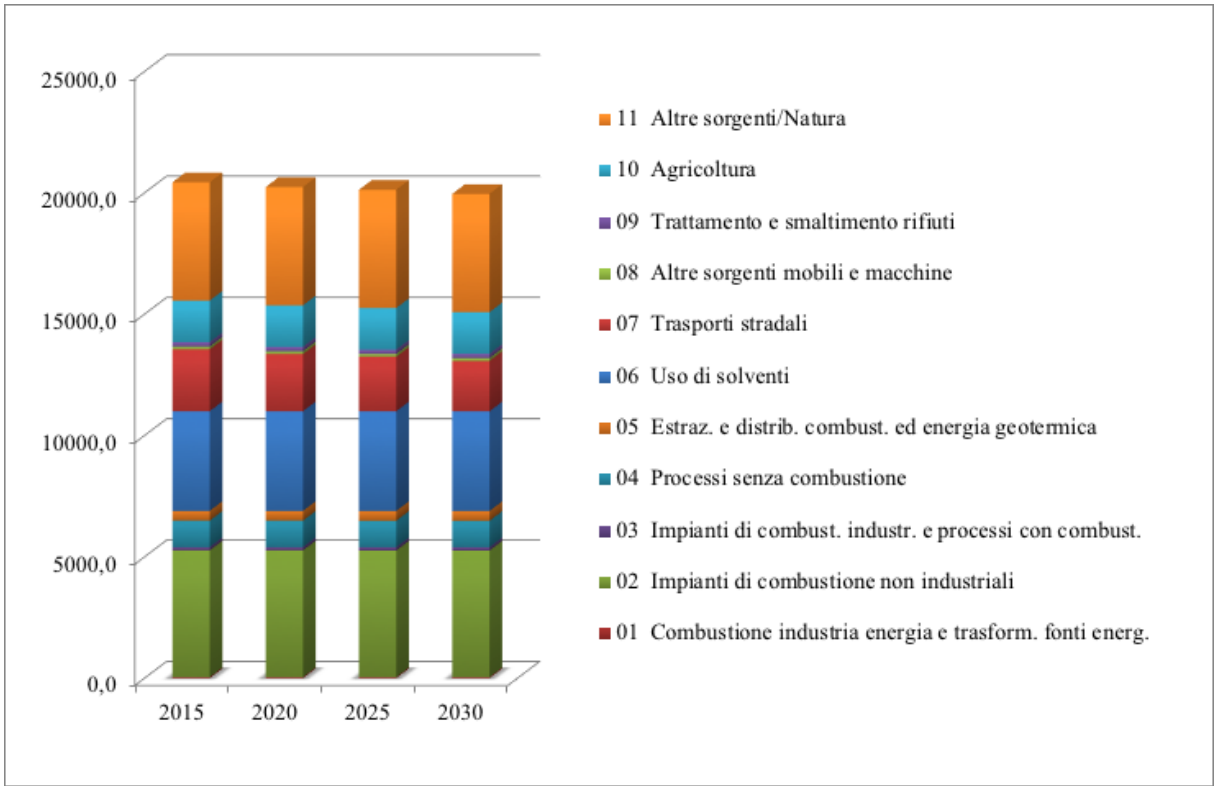

Figura 45 –Andamento delle emissioni totali (Mg) di composti organici volatili non metanici (COVNM) nello scenario tendenziale regionale

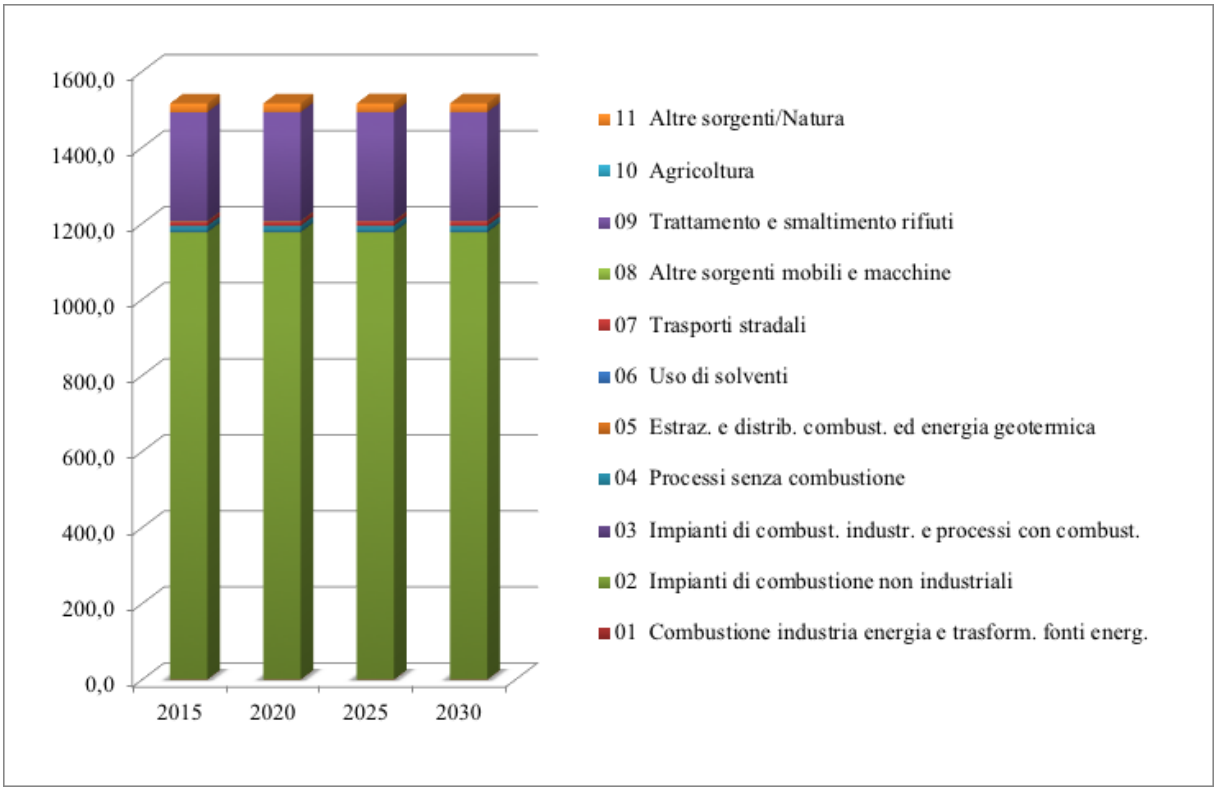

Figura 46 –Andamento delle emissioni totali (kg) di benzo(a)pirene (BAP) nello scenario tendenziale regionale

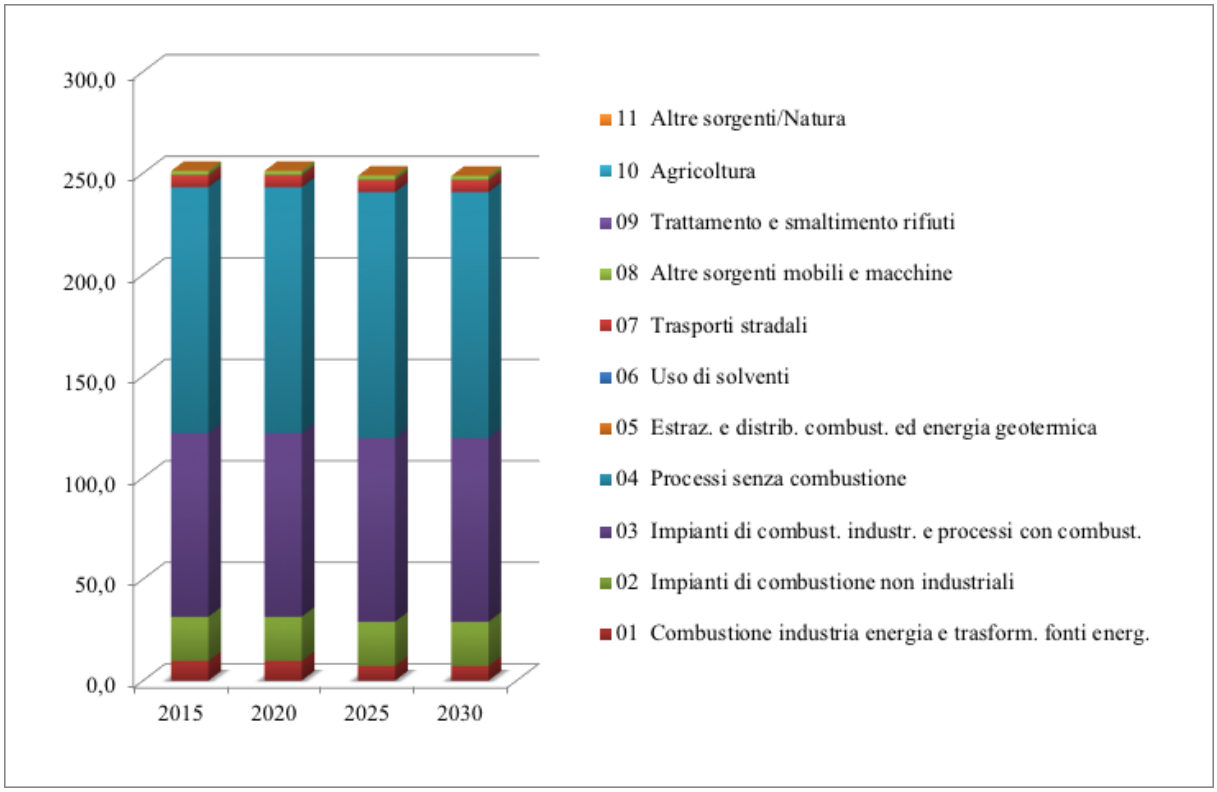

Figura 47 – Andamento delle emissioni totali (kg) di nickel nello scenario tendenziale regionale

Relativamente all'evoluzione delle emissioni per ciascun inquinante si può rilevare come:

- le emissioni totali di ***ossidi di azoto*** diminuiscono del 2% al 2020, e del 6% al 2025 e del'11% al 2030; la riduzione è in particolare ai ***Trasporti stradali*** con riduzioni del 3% al 2020, 11% al 2025 e 20% al 2030, riduzioni poco significative sul totale negli altri macrosettori;
- le emissioni di ***particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron*** diminuiscono complessivamente in modo trascurabile (1% a partire dal 2025) per la riduzione delle emissioni dai ***Trasporti stradali*** (che si riducono sul totale del macrosettore del 5% al 2020, del 11% al 2025 e del 18% al 2030);
- le emissioni di ***particelle sospese con diametro inferiore a 2,5 micron*** diminuiscono complessivamente in modo trascurabile (1 a partire dal 2025) per la riduzione delle emissioni dai ***Trasporti stradali*** (che si riducono sul totale del macrosettore del 7% al 2020, del 14% al 2025 e del 21% al 2030);
- per le emissioni di ***composti organici volatili non metanici*** si assiste ad una riduzione dell'1 al 2020 e del 2% a partire dal 2025 per la riduzione delle emissioni dai ***Trasporti stradali*** (che si riducono sul totale del macrosettore dell'8% al 2020, del 12% al 2025 e del 19% al 2030);
- le emissioni di ***benzo(a)pirene*** e di ***Nichel*** sono praticamente costanti per tutto il periodo.

Passando ad un'interpretazione per macrosettore in cui si evidenziano le riduzioni più importanti per gli inquinanti maggiormente rilevanti nel macrosettore stesso:

- nel macrosettore 01 relativo alla ***Combustione nell'industria dell'energia e delle trasformazioni delle fonti dell'energia*** si assiste ad una riduzione prevalentemente degli ***ossidi di azoto*** (13% del macrosettore a partire dal 2025 per la chiusura dell'ENEL Bastardo ma con un contributo trascurabile sul totale regionale) e del **nickel** (25% del macrosettore a partire dal 2025 per la chiusura dell'ENEL Bastardo ma con un contributo trascurabile dell'1% sul totale regionale);
- con riferimento agli ***Impianti di combustione non industriali*** (macrosettore 02) si prevede una riduzione delle emissioni per gli ***ossidi di azoto*** (che si riducono sul totale del macrosettore dell'1% al 2020, dell'8% al 2025 e del 12% al 2030);
- nei ***Trasporti stradali*** (macrosettore 07), si assiste ad una riduzione significativa: degli ***ossidi di azoto*** (3% al 2020, 12% al 2025 e 20% al 2030), delle ***particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron*** (5% al 2020, 11% al 2025 e 18% al 2030), delle ***particelle sospese con diametro inferiore a 2,5 micron*** (7% al 2020, 14% al 2025 e 21% al 2030) e dei ***composti organici volatili non metanici*** (3% al 2017, 11% al 2025 e 21% al 2030); tali riduzioni sono dovute alla modifica del parco circolante.

4.3.2 I risultati relativi ai comuni principali

In seguito i risultati in proiezione sono dettagliati per i maggiori comuni della regione degli ***ossidi di azoto*** e delle ***particelle con diametro inferiore a 10 micron*** (PM_{10}). Non sono riportati gli andamenti relativi agli altri inquinanti perché poco significativi.

4.3.2.1 Comune di Perugia

In Figura 48 è riassunto, per il **comune di Perugia**, l'andamento delle emissioni totali per gli ossidi di azoto nello scenario tendenziale regionale distintamente per macrosettore.

Sulla base dei risultati si può affermare che, per il comune di Perugia, le emissioni di ***ossidi di azoto*** diminuiscono complessivamente del 2% al 2020, 8% al 2025 e 15% al 2030 in misura superiore al trend regionale data la maggiore incidenza locale del macrosettore del traffico; la riduzione è guidata, infatti, dal settore dei ***Trasporti stradali***, che rappresenta quasi l'80% delle emissioni al 2015, con riduzioni del 3% al 2020, 10% al 2025 e 17% al 2030.

Le emissioni di PM_{10} sono sostanzialmente costanti (Figura 49) perché a fronte di una riduzione del contributo dei ***Trasporti stradali***, con riduzioni del 7% al 2020, 14% al 2025 e 22% al 2030, l'incidenza sul totale delle emissioni è solo dell'1-2%. Le emissioni di $PM_{2,5}$ seguono lo stesso trend di quelle di PM_{10}.

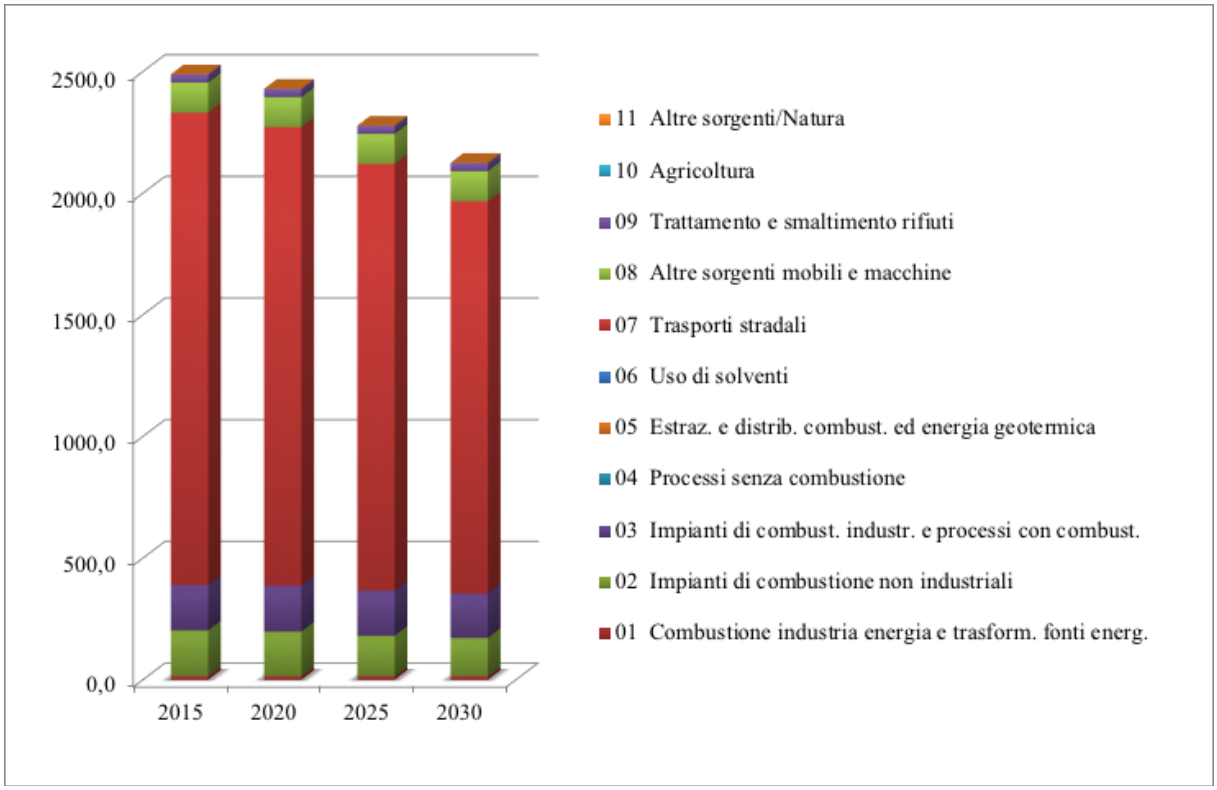

Figura 48 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Perugia

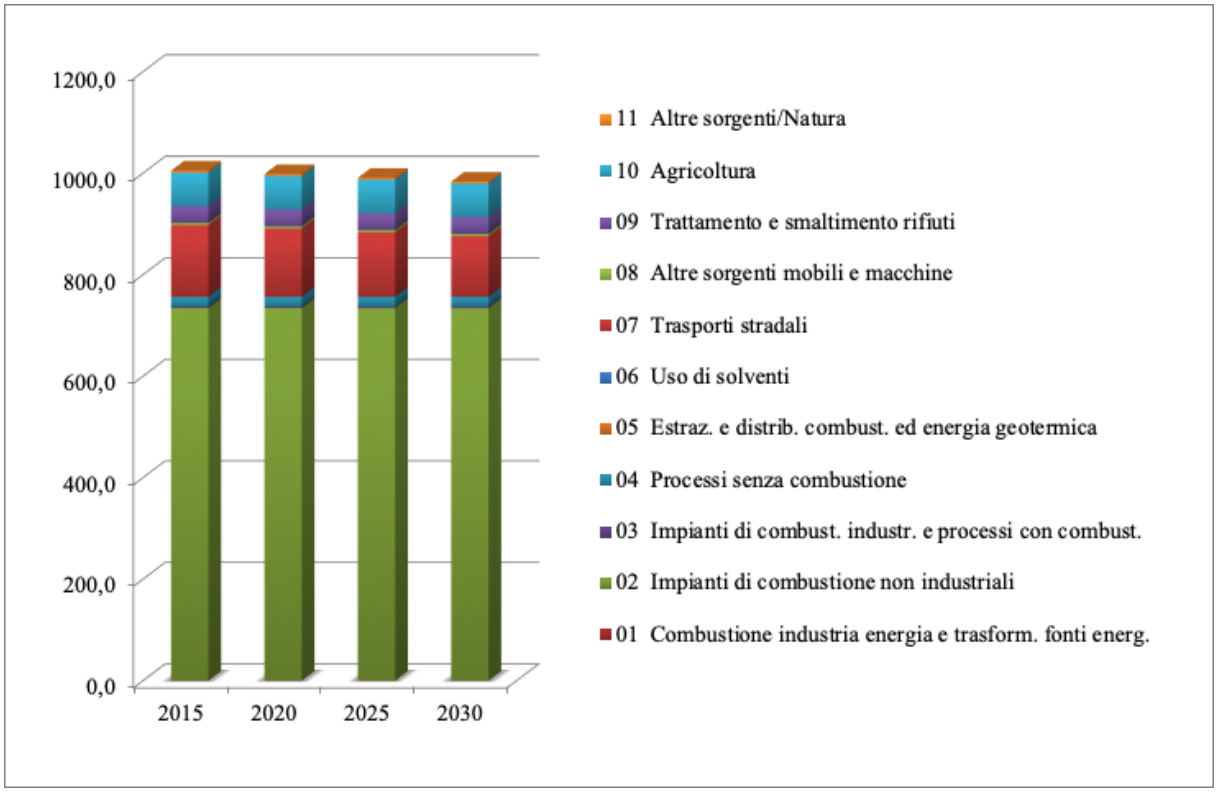

Figura 49 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Perugia

4.3.2.2 Comune di Terni

In Figura 50 è riassunto, per il **comune di Terni**, l'andamento delle emissioni totali per gli ossidi di azoto nello scenario tendenziale regionale distintamente per macrosettore.

Sulla base dei risultati si può affermare che, per il comune di Terni, le emissioni di ***ossidi di azoto*** diminuiscono complessivamente del 2% al 2020, 5% al 2025 e 8% al 2030 in misura molto inferiore al trend regionale data la minore incidenza locale del macrosettore del traffico; la riduzione è guidata, infatti, dal settore dei ***Trasporti stradali***, che rappresenta solo il 32% delle emissioni al 2015, con riduzioni del 6% al 2020, 15% al 2025 e 24% al 2030.

Le emissioni di PM_{10} sono sostanzialmente costanti (Figura 51) perché a fronte di una riduzione del contributo dei ***Trasporti stradali***, con riduzioni del 7% al 2020, 14% al 2025 e 22% al 2030, l'incidenza sul totale delle emissioni è solo del 2-4%. Le emissioni di $PM_{2,5}$ seguono lo stesso trend di quelle di PM_{10}.

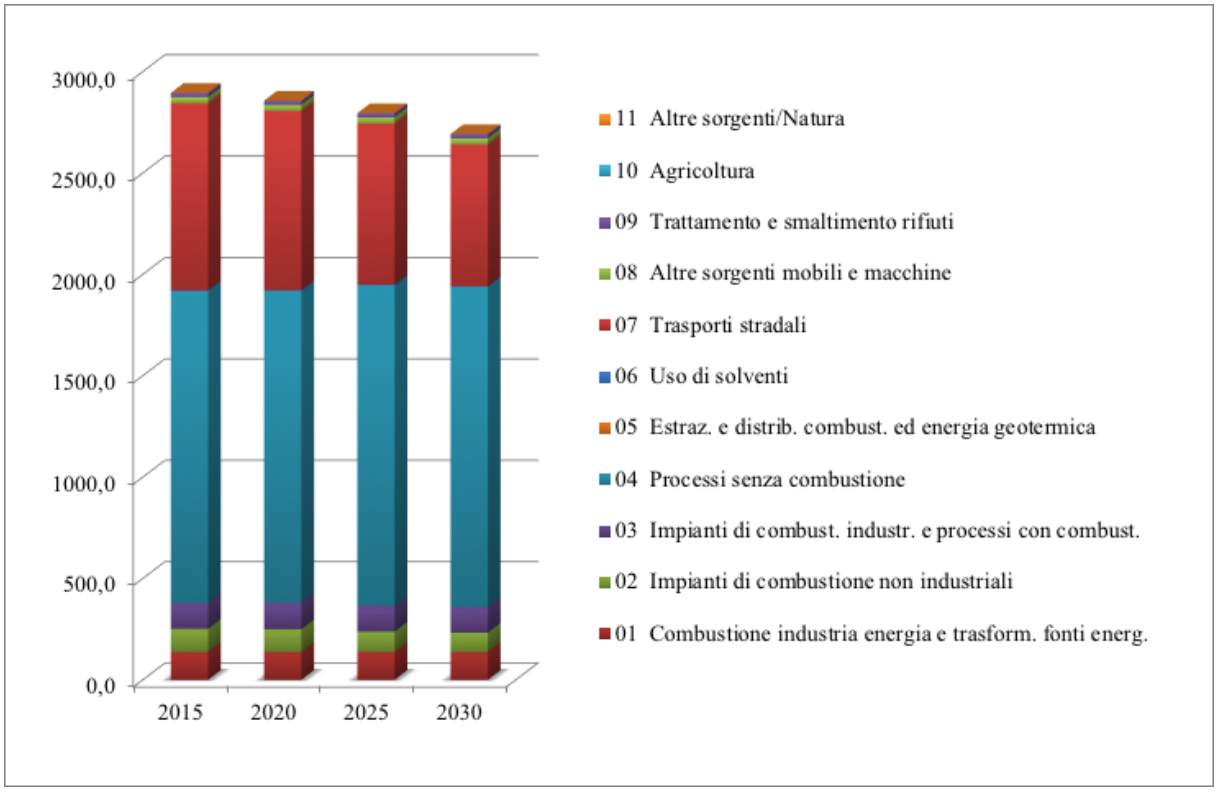

Figura 50 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Terni

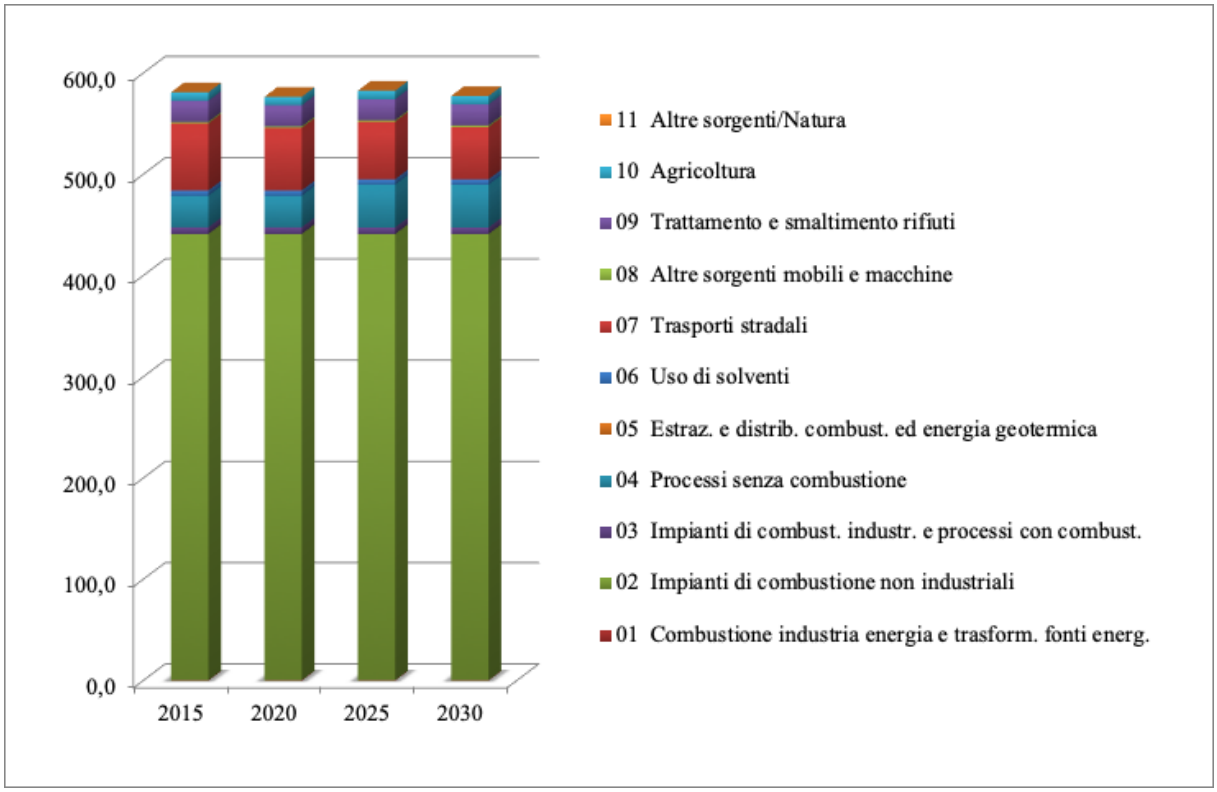

Figura 51 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Terni

4.3.2.3 Comune di Narni

In Figura 52 è riassunto, per il **comune di Narni**. l'andamento delle emissioni totali per gli ossidi di azoto nello scenario tendenziale regionale distintamente per macrosettore.

Sulla base dei risultati si può affermare che, per il comune di Narni, le emissioni di ***ossidi di azoto*** diminuiscono complessivamente del 1% al 2020, 4% al 2025 e 8% al 2030 in misura inferiore al trend regionale data la minore incidenza locale del macrosettore del traffico; la riduzione è guidata, infatti, dal settore dei ***Trasporti stradali***, che rappresenta il 50% delle emissioni al 2015, con riduzioni del 3% al 2020, 8% al 2025 e 14% al 2030.

Le emissioni di PM_{10} sono sostanzialmente costanti (Figura 53) perché a fronte di una riduzione del contributo dei ***Trasporti stradali***, con riduzioni del 4% al 2020, 8% al 2025 e 13% al 2030, l'incidenza sul totale delle emissioni è solo dell'1%. Le emissioni di $PM_{2,5}$ seguono lo stesso trend di quelle di PM_{10}.

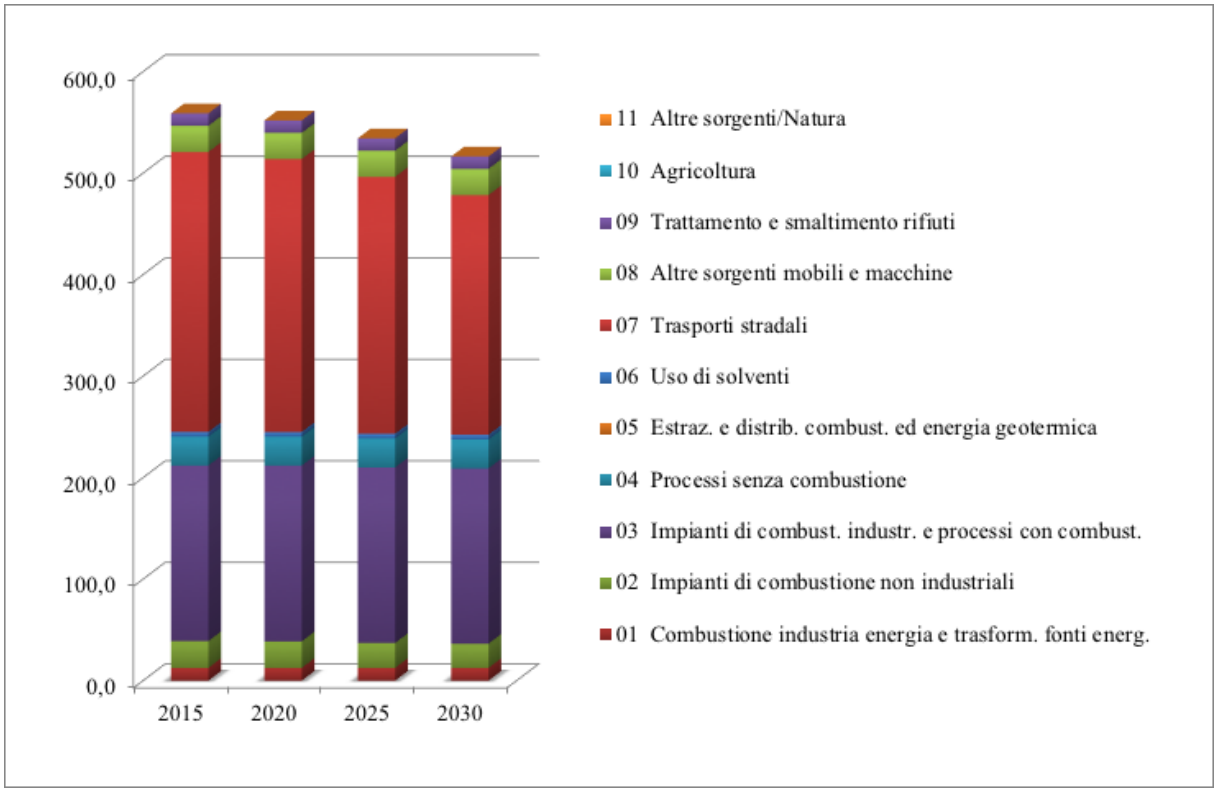

Figura 52 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Narni

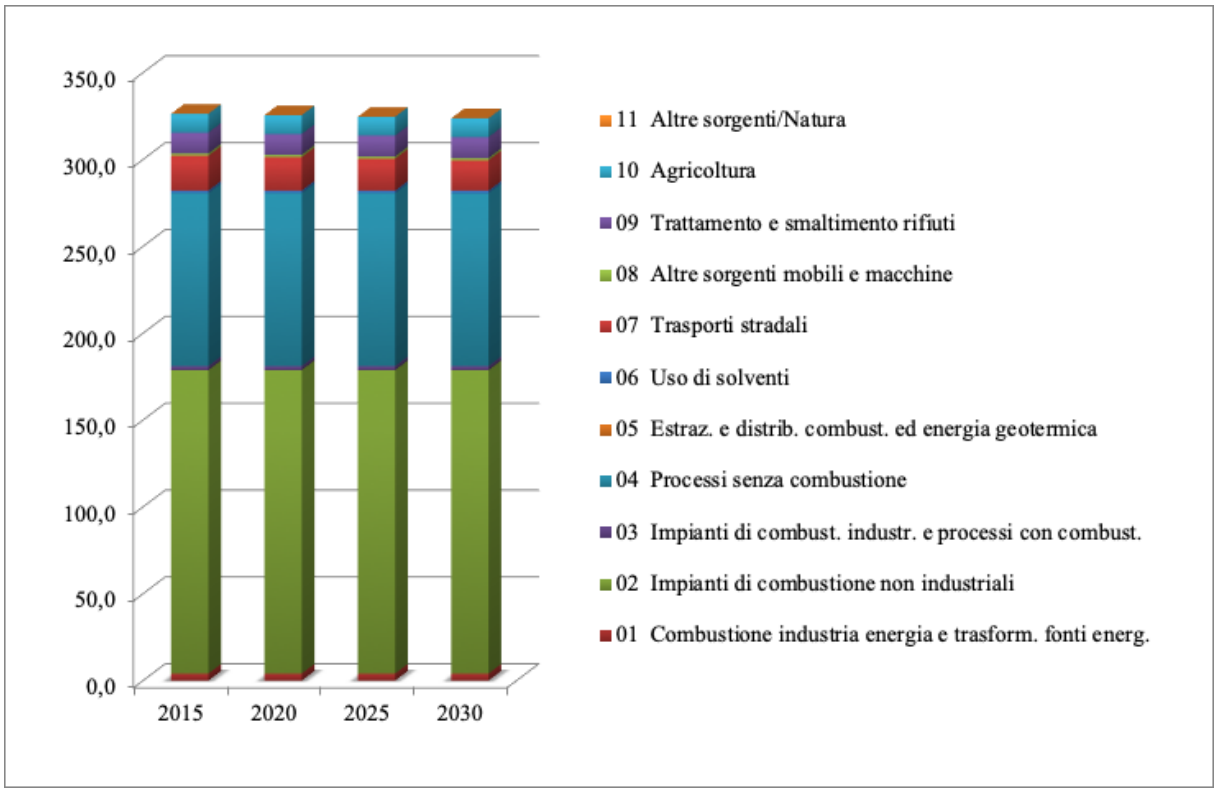

Figura 53 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Narni

4.3.2.4 ***Comune di** Foligno*

In Figura 54 è riassunto, per il **comune di Foligno**, l'andamento delle emissioni totali per gli ossidi di azoto nello scenario tendenziale regionale distintamente per macrosettore.

Sulla base dei risultati si può affermare che, per il comune di Foligno, le emissioni di ossidi di azoto diminuiscono complessivamente del 3% al 2020, 11% al 2025 e 20% al 2030 in misura superiore al trend regionale data la maggiore incidenza locale del macrosettore del traffico; la riduzione è guidata, infatti, dal settore dei ***Trasporti stradali***, che rappresenta il 76% delle emissioni al 2015, con riduzioni del 4% al 2020, 13% al 2025 e 23% al 2030.

Le emissioni di PM_{10} sono sostanzialmente costanti (Figura 55) perché a fronte di una riduzione del contributo dei ***Trasporti stradali***, con riduzioni del 6% al 2020, 14% al 2025 e 21% al 2030, l'incidenza sul totale delle emissioni è solo dell'1-2%. Le emissioni di $PM_{2,5}$ seguono lo stesso trend di quelle di PM_{10}.

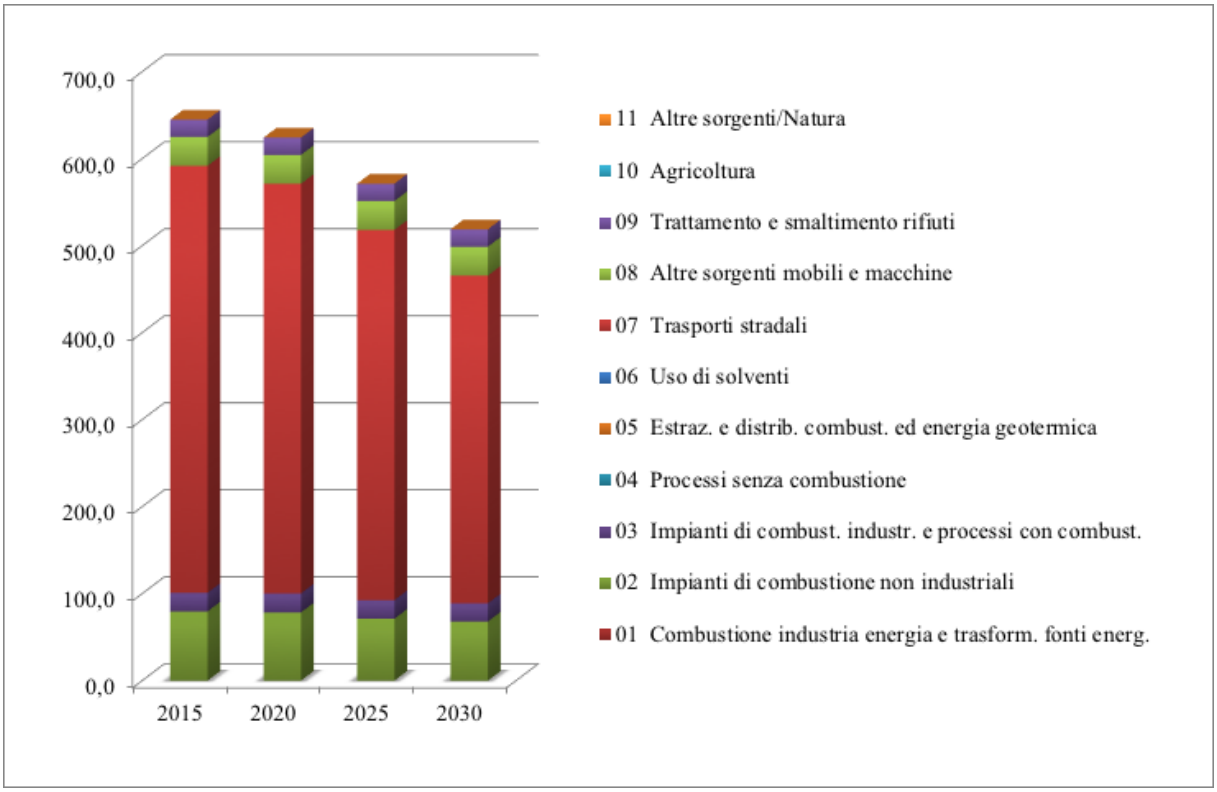

Figura 54 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Foligno

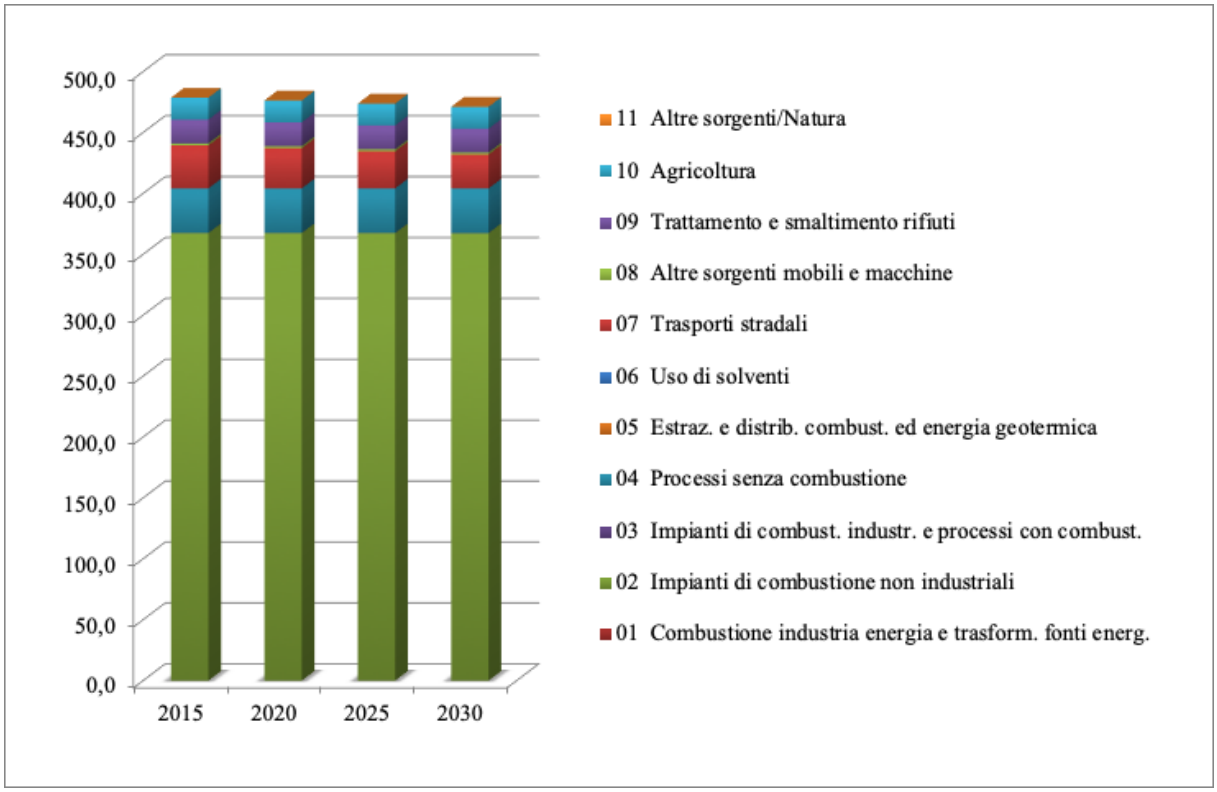

Figura 55 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Foligno

4.3.2.5 Comune di Citta di Castello

In Figura 56 , è riassunto, per il **comune di Città di Castello**, l'andamento delle emissioni totali per gli ossidi di azoto nello scenario tendenziale regionale distintamente per macrosettore.

Sulla base dei risultati si può affermare che, per il comune di Città di Castello, le emissioni di ***ossidi di azoto*** diminuiscono complessivamente del 2% al 2020, 9% al 2025 e 15% al 2030 in misura superiore al trend regionale data la maggiore incidenza locale del macrosettore del traffico; la riduzione è guidata, infatti, dal settore dei ***Trasporti stradali***, che rappresenta il 72% delle emissioni al 2015, con riduzioni del 3% al 2020, 11% al 2025 e 19% al 2030.

Le emissioni di PM_{10} sono sostanzialmente costanti (Figura 57) perché a fronte di una riduzione del contributo dei ***Trasporti stradali***, con riduzioni del 5% al 2020, 11% al 2025 e 17% al 2030, l'incidenza sul totale delle emissioni è solo dell1%. Le emissioni di $PM_{2,5}$ seguono lo stesso trend di quelle di PM_{10}.

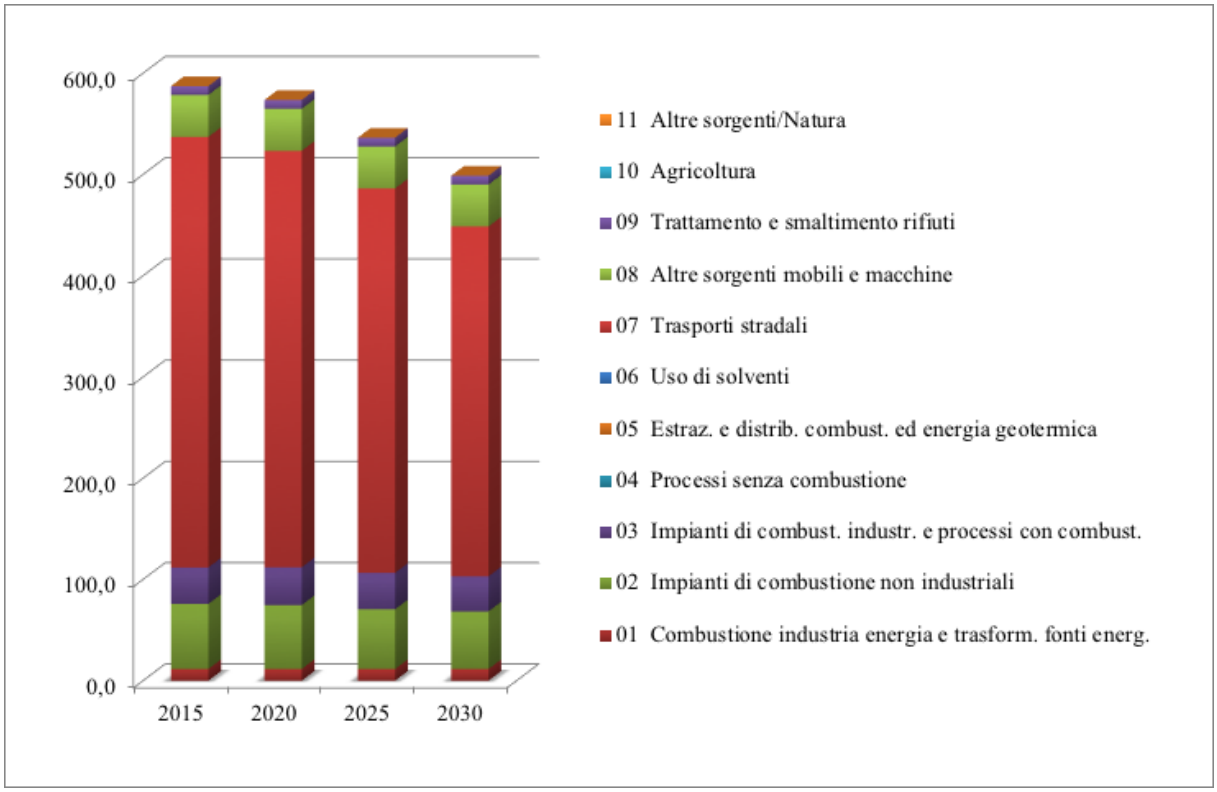

Figura 56 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Città di Castello

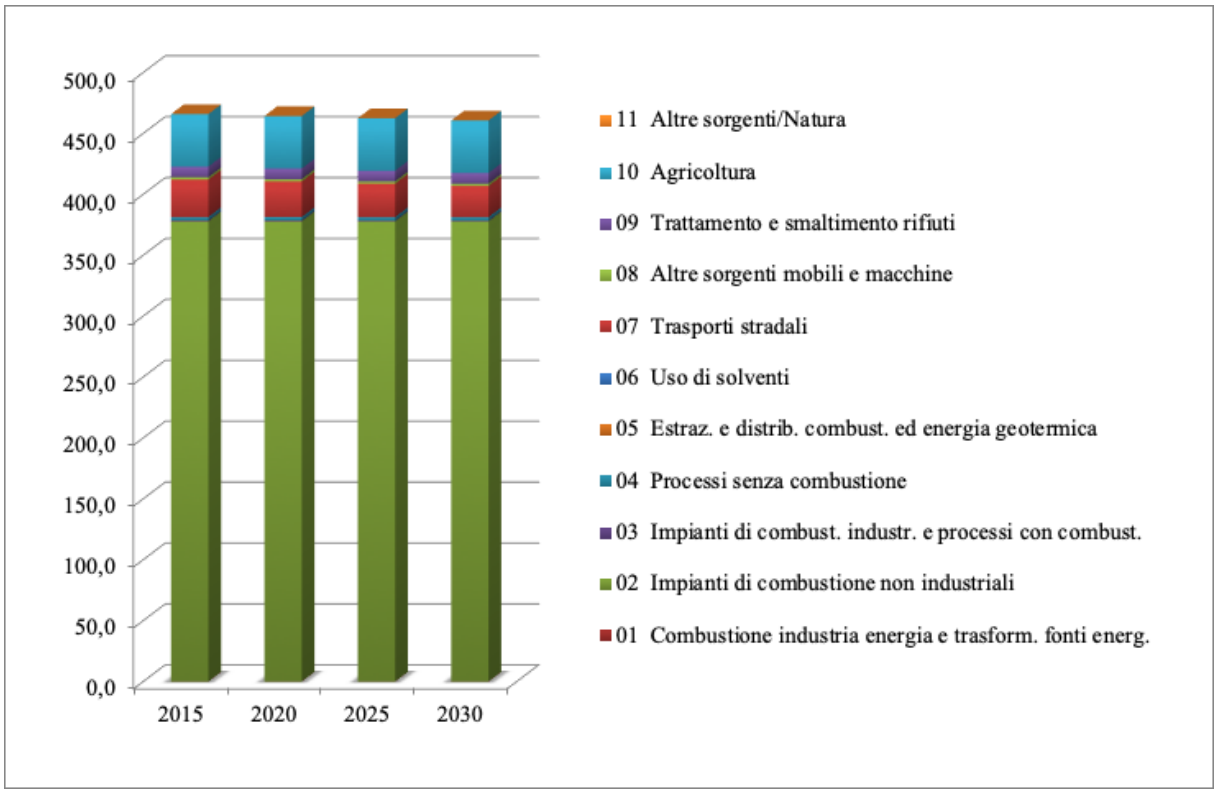

Figura 57 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Città di Castello

4.3.2.6 *Comune di Spoleto*

In Figura 56, infine, è riassunto, per il **comune di Spoleto**, l'andamento delle emissioni totali per gli ossidi di azoto nello scenario tendenziale regionale distintamente per macrosettore.

Sulla base dei risultati si può affermare che, per il comune di Spoleto, le emissioni di ***ossidi di azoto*** diminuiscono complessivamente del 1% al 2020, 5% al 2025 e 8% al 2030 in misura molto inferiore al trend regionale data la minore incidenza locale del macrosettore del traffico; la riduzione è guidata, infatti, dal settore dei ***Trasporti stradali***, che rappresenta solo il 28% delle emissioni al 2015, con riduzioni del 4% al 2020, 14% al 2025 e 24% al 2030.

Le emissioni di PM_{10} sono sostanzialmente costanti (Figura 59) perché a fronte di una riduzione del contributo dei ***Trasporti stradali***, con riduzioni del 7% al 2020, 14% al 2025 e 22% al 2030, l'incidenza sul totale delle emissioni è solo dell'2-4%. Le emissioni di $PM_{2,5}$ seguono lo stesso trend di quelle di PM_{10}.

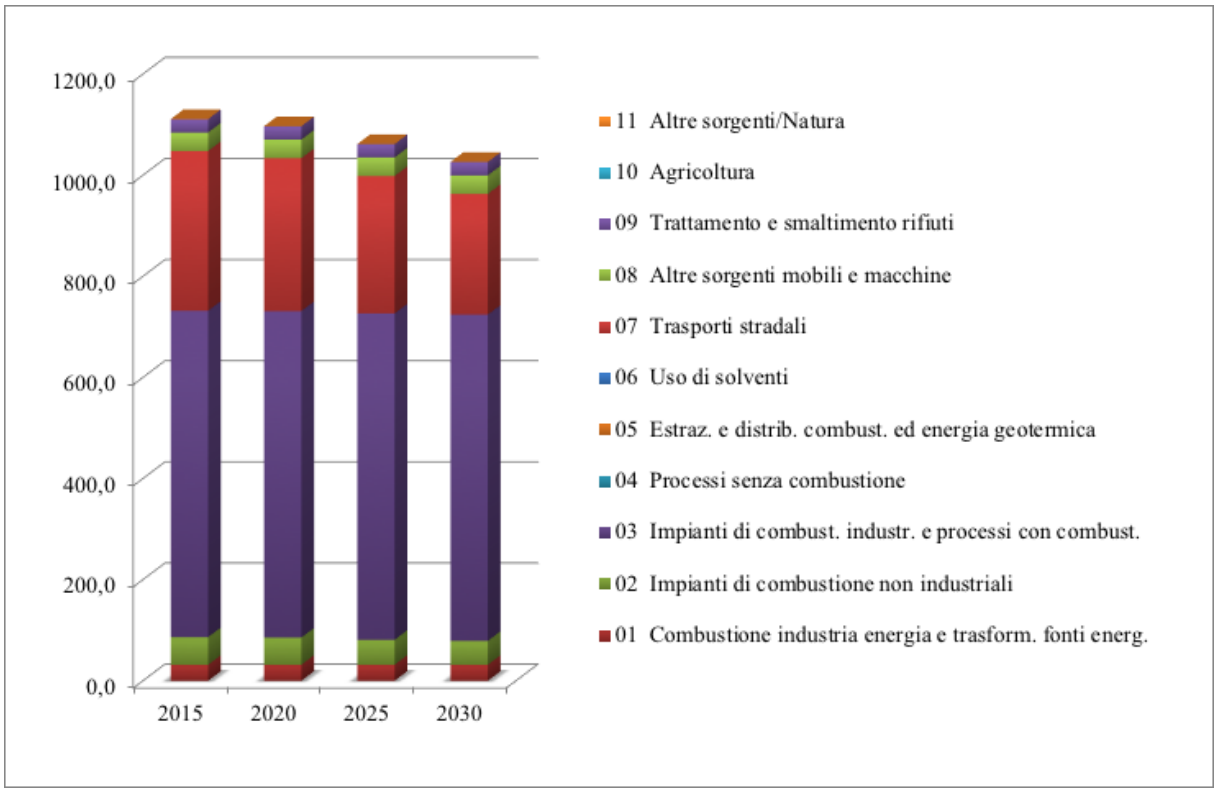

Figura 58 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Spoleto

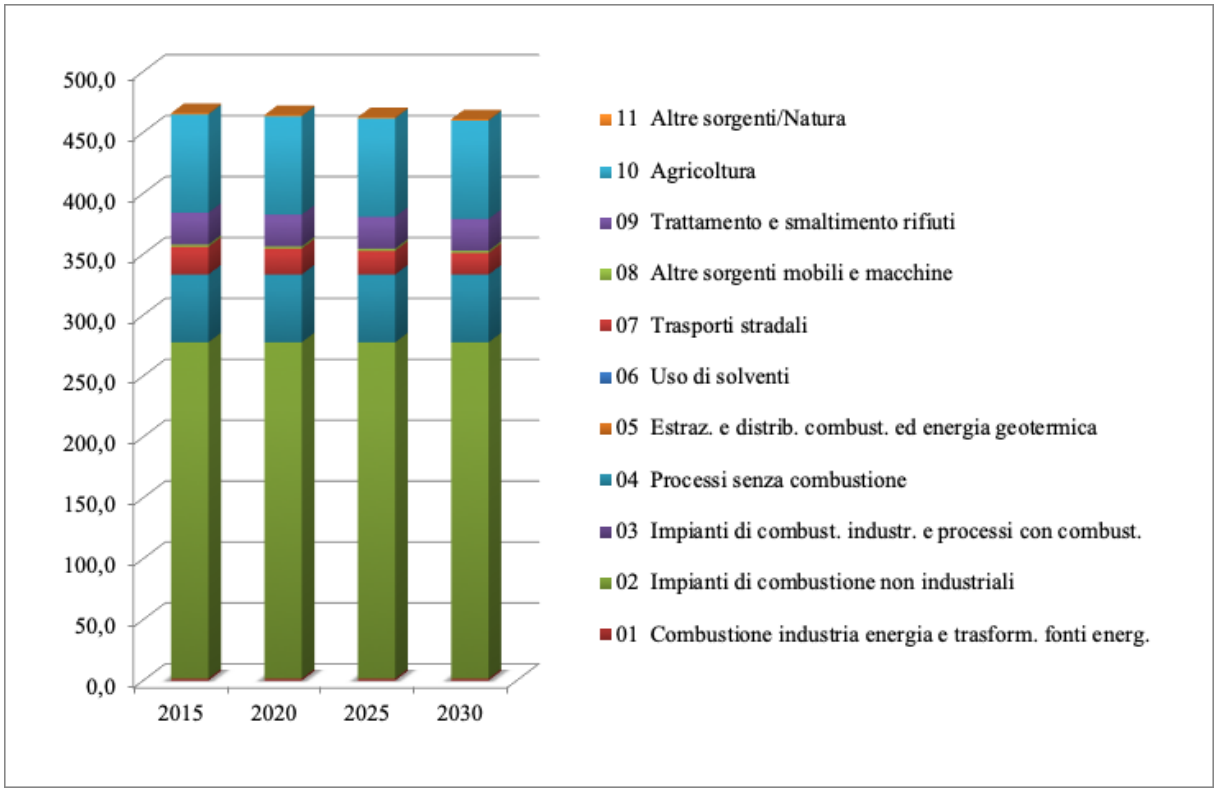

Figura 59 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario tendenziale regionale per il comune di Spoleto

4.4 Valutazione modellistica della qualità dell'aria

In questo capitolo sono riportati i risultati dell'applicazione dei modelli descritti nei precedenti capitoli con l'inventario delle emissioni al 2025 in Scenario Tendenziale.

I dati emissivi di ingresso al modello sono quelli elaborati nello Scenario Tendenziale di cui al paragrafo precedente relativamente all'anno 2025.

4.4.1 I risultati della applicazione del modello

Nelle figure seguenti, sono mostrate le mappe che rappresentano le concentrazioni medie annuali dei principali inquinanti atmosferici su tutto il territorio regionale. In particolare:

- in Figura 60 e Figura 61 sono riportate le mappe relative al biossido di azoto (NO_2) rispettivamente con riferimento ai valori assoluti ed al rispetto delle soglie di valutazione previste dalla legislazione;
- in Figura 62 e Figura 63 sono riportate le mappe relative alle particelle sospese con diametro inferiore a 10 µm (PM_{10}) rispettivamente con riferimento ai valori assoluti ed al rispetto delle soglie di valutazione previste dalla legislazione;
- in Figura 64 e Figura 65 sono riportate le mappe relative alle particelle sospese con diametro inferiore a 10 µm (PM_{10}) di origine antropica rispettivamente con riferimento ai valori assoluti ed al rispetto delle soglie di valutazione previste dalla legislazione;

- in Figura 66 e Figura 67 sono riportate le mappe relative alle particelle sospese con diametro inferiore a 2,5 µm ($PM_{2,5}$) rispettivamente con riferimento ai valori assoluti ed al rispetto delle soglie di valutazione previste dalla legislazione.
- in Figura 68 è riportata la mappa relativa all'ozono troposferico (O_3);
- in Figura 69 è infine riportata la mappa relativa al biossido di zolfo (SO_2).

Deve essere sottolineato come il modello permette la valutazione della concentrazione media per il PM_{10} (definito nei grafici PM_{10} Totale) e della frazione di questo inquinante dovuta unicamente alle attività umane (definito nei grafici PM_{10} Antropico); questa suddivisione è qui proposta per evidenziare come la maggior parte del particolato che rientra nella misura delle stazioni di monitoraggio provenga da sorgenti di tipo naturale come polveri da erosione del suolo, sale marino, sabbie africane e altre sorgenti biogeniche.

L'analisi dei dati di concentrazione ha consentito anche la valutazione del rispetto degli standard stabiliti per gli inquinanti atmosferici dal Decreto Legislativo 155/2010 relativamente alle medie orarie, di otto ore e giornaliere. I risultati per i superamenti dei valori limite e delle soglie di valutazione inferiore sono riportati in Figura 70 per la media oraria del biossido di azoto, in Figura 71 per la media giornaliera del PM_{10} ed in Figura 72 per la sola sua componente antropica, in Figura 73 per la media di otto ore dell'ozono, in Figura 74 per la media giornaliera ed in Figura 75 per la media oraria del biossido di zolfo.

Nella legenda delle figure relative al rispetto delle soglie di valutazione previste dalla legislazione sono indicati con <SVI i valori minori della soglia di valutazione inferiore, SVI-SVS i valori compresi tra la soglia di valutazione inferiore e quella superiore, >SVS i valori compresi tra la soglia di valutazione superiore ed i limiti, e >LIM i valori maggiori dei limiti.

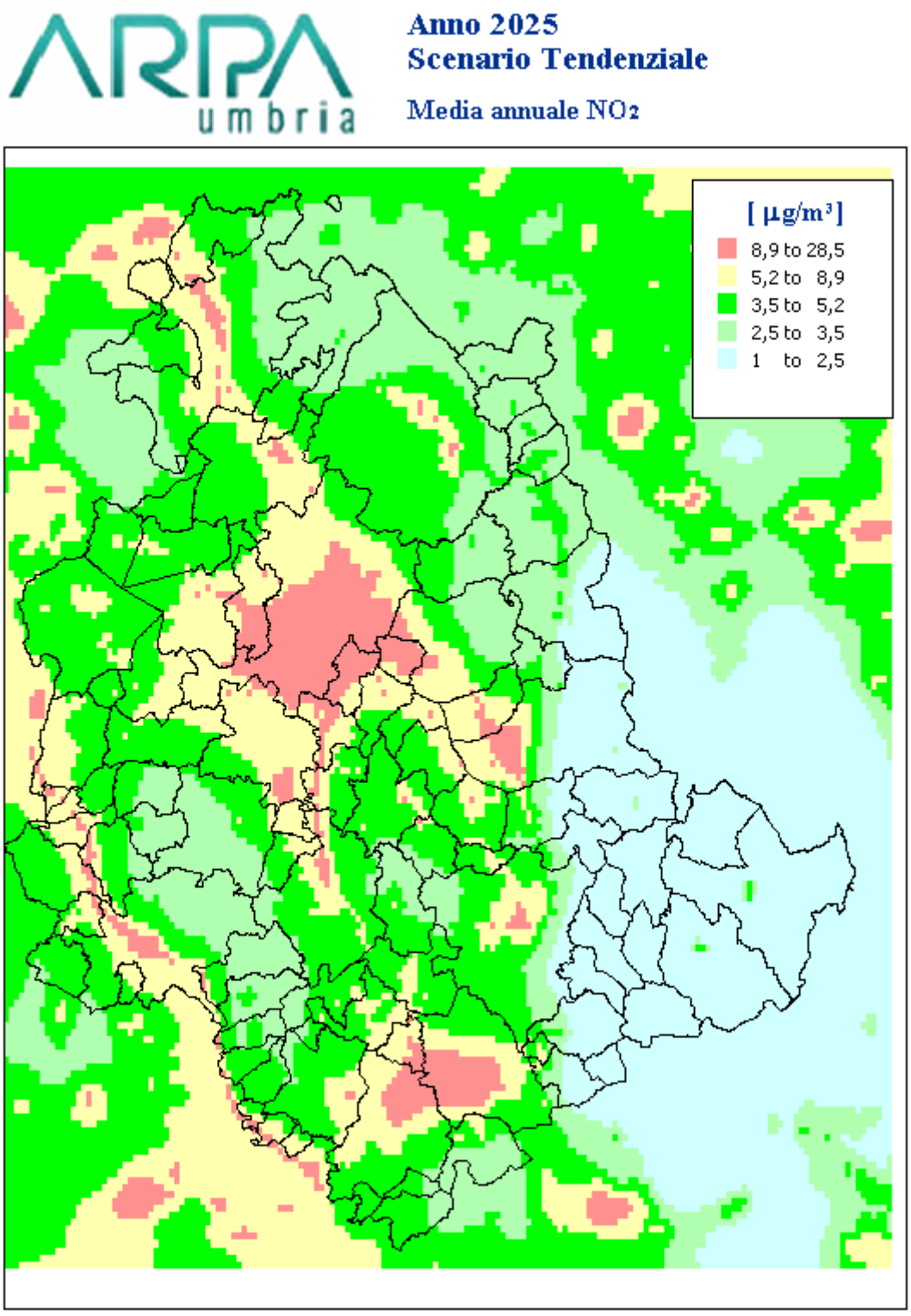

Figura 60 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale

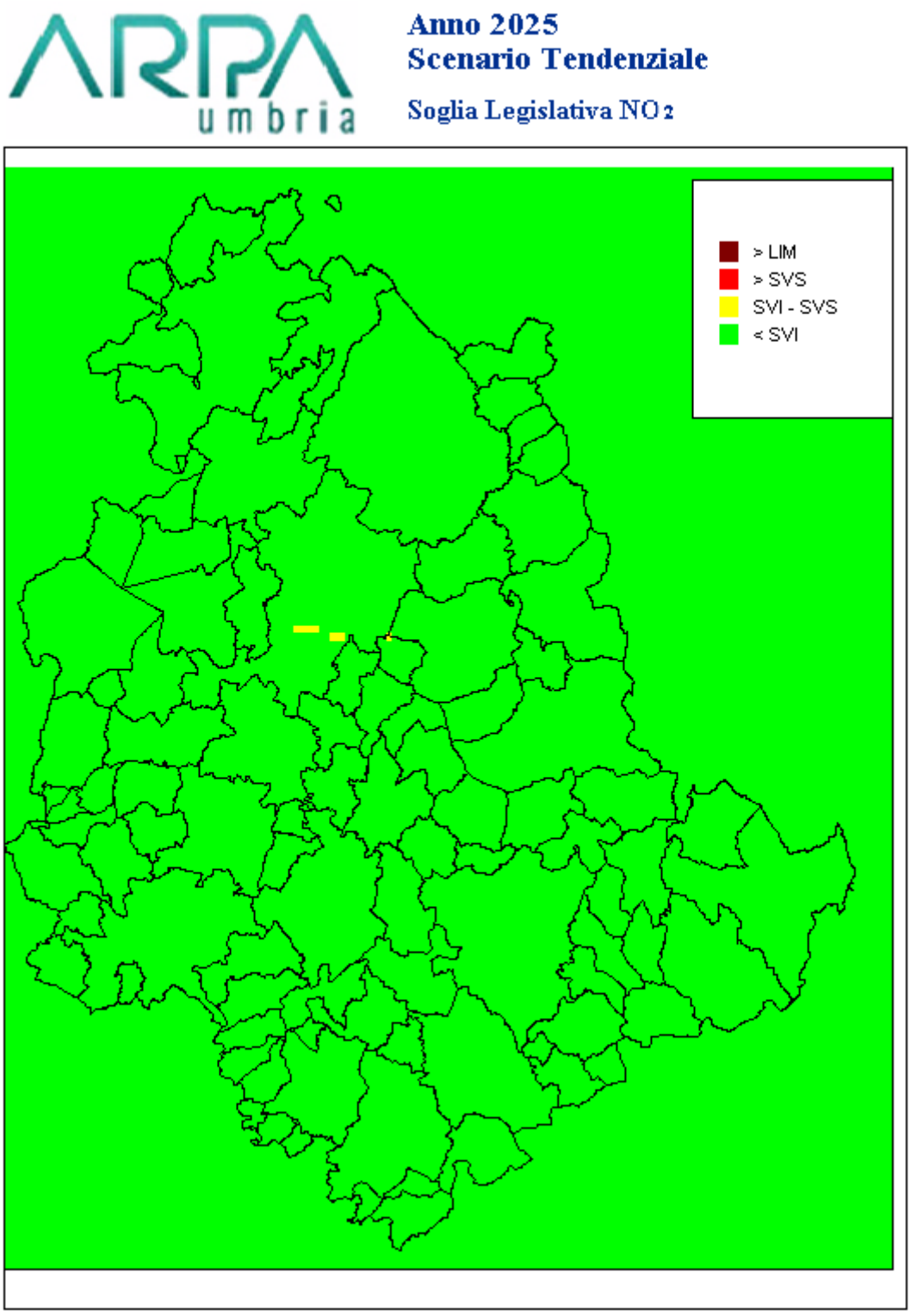

Figura 61 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale con riferimento alle soglie legislative

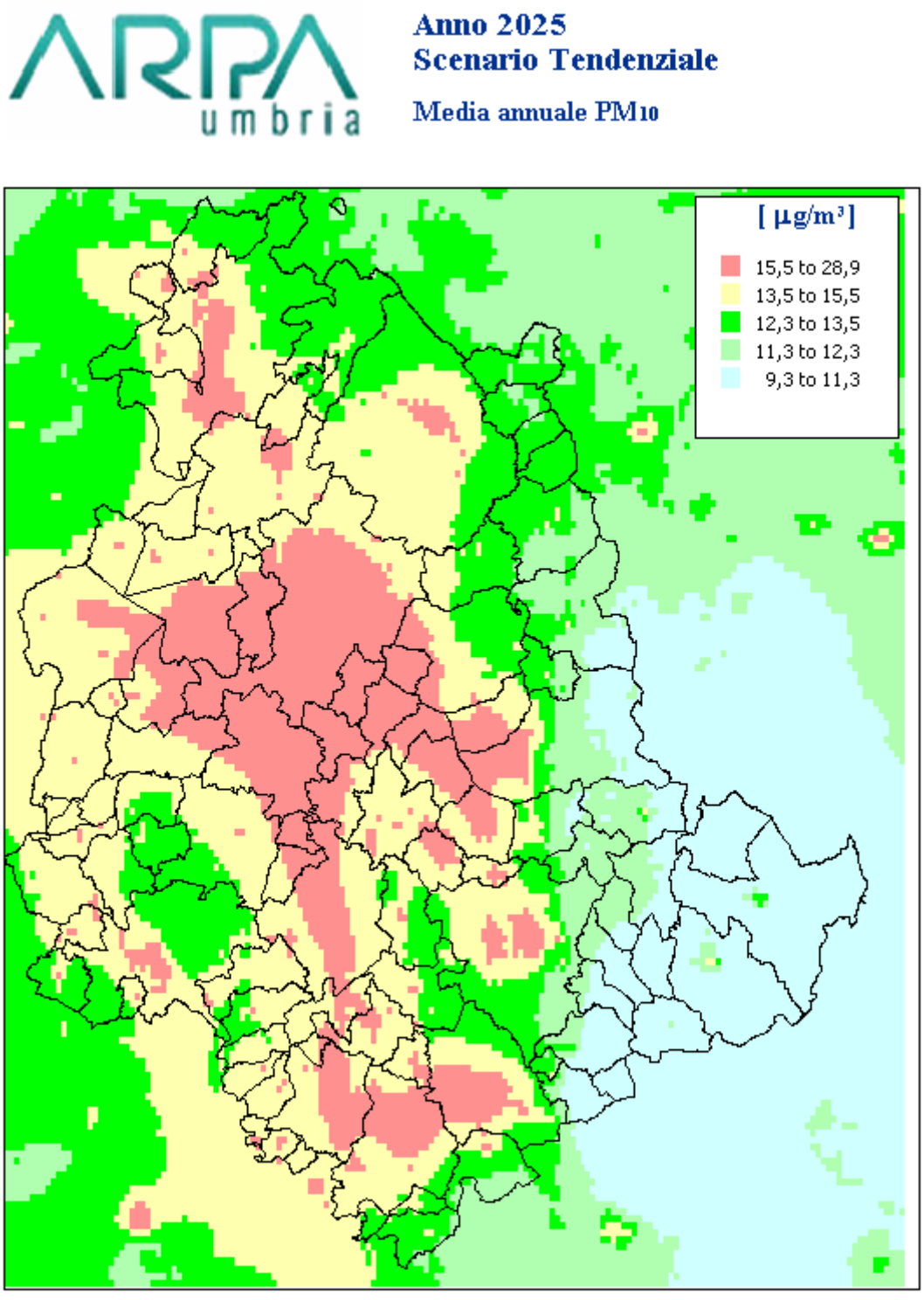

Figura 62 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale

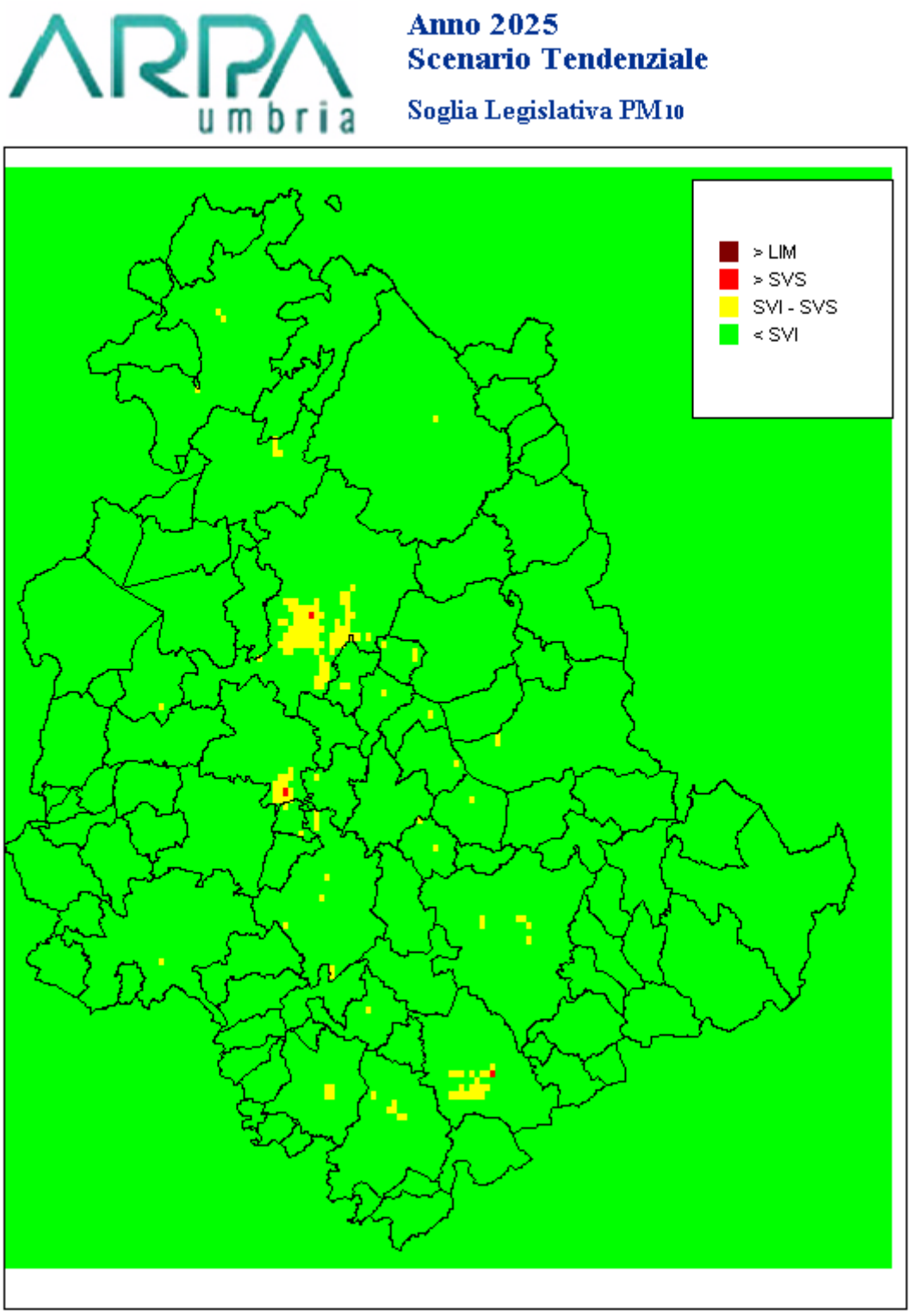

Figura 63 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale con riferimento alle soglie legislative

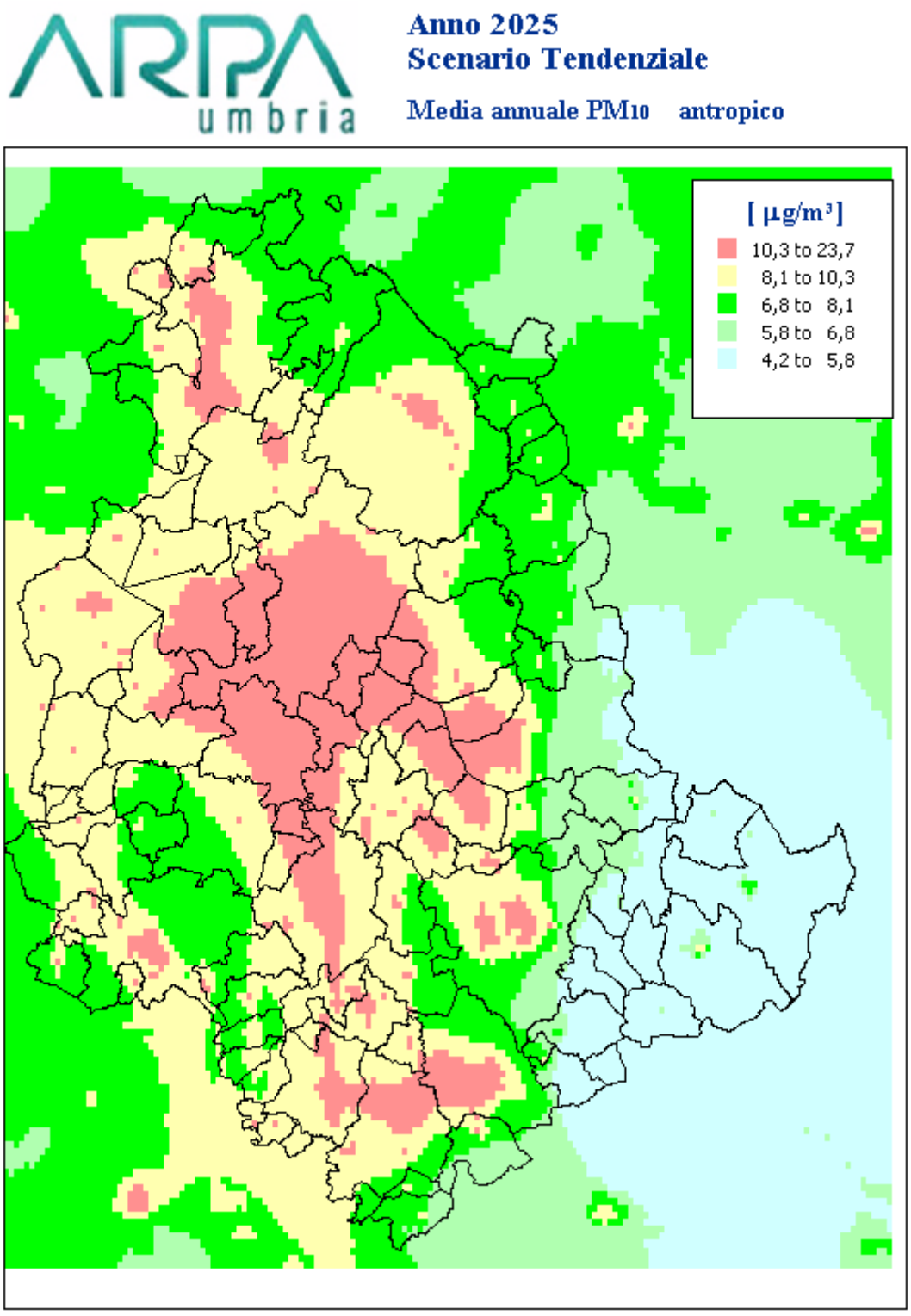

Figura 64 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} antropico valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale

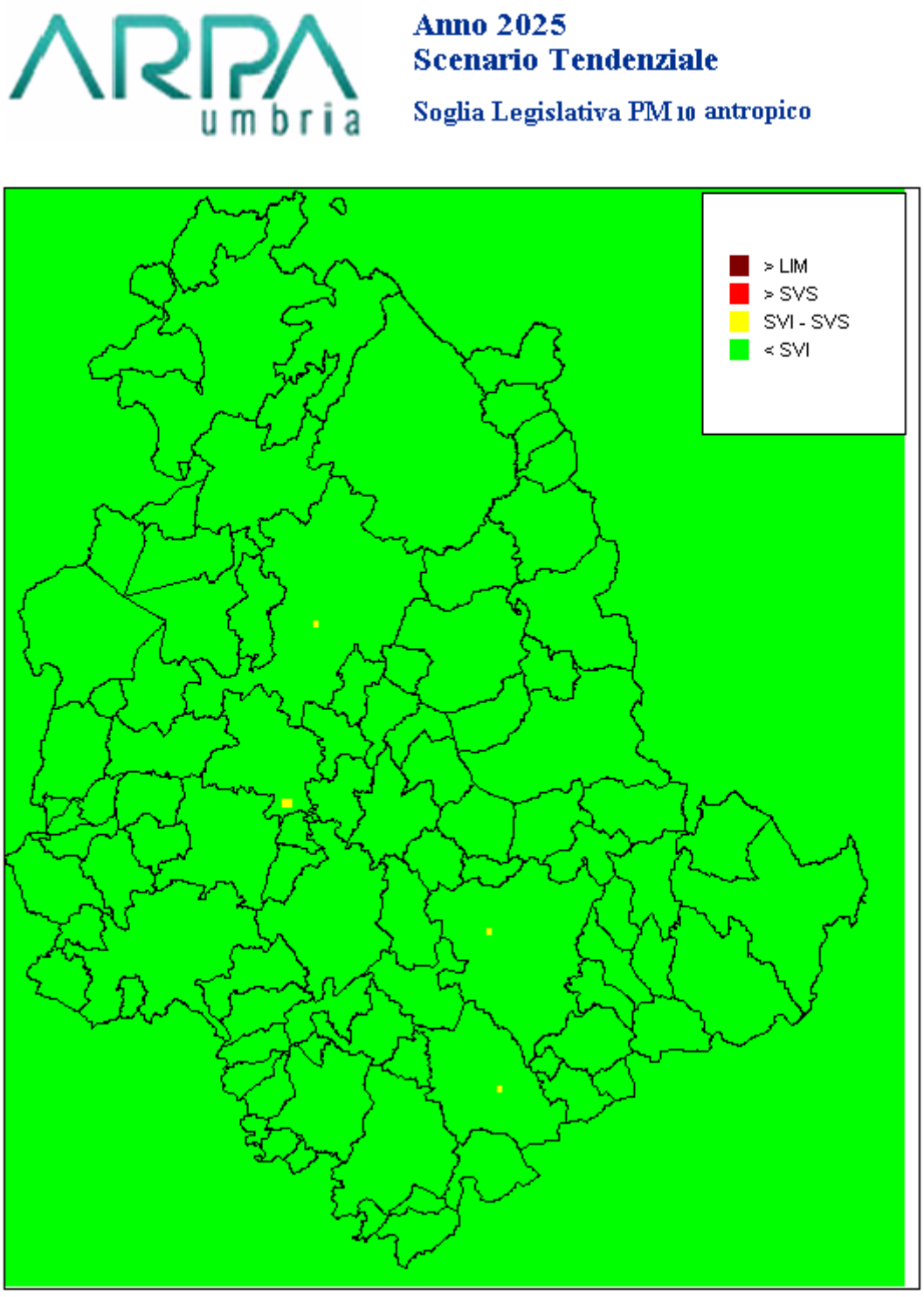

Figura 65 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} antropico valutate con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale con riferimento alle soglie legislative

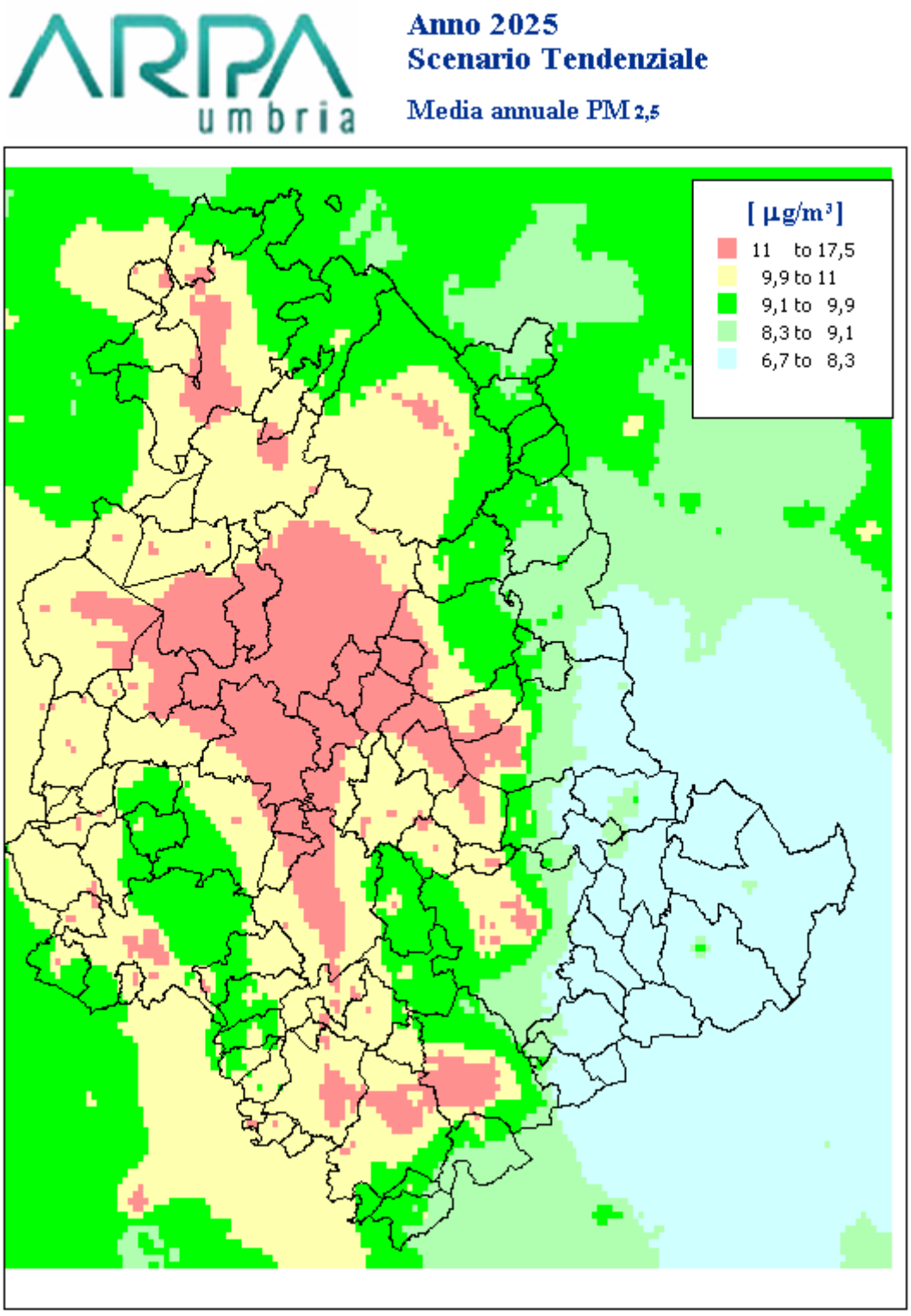

Figura 66 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale

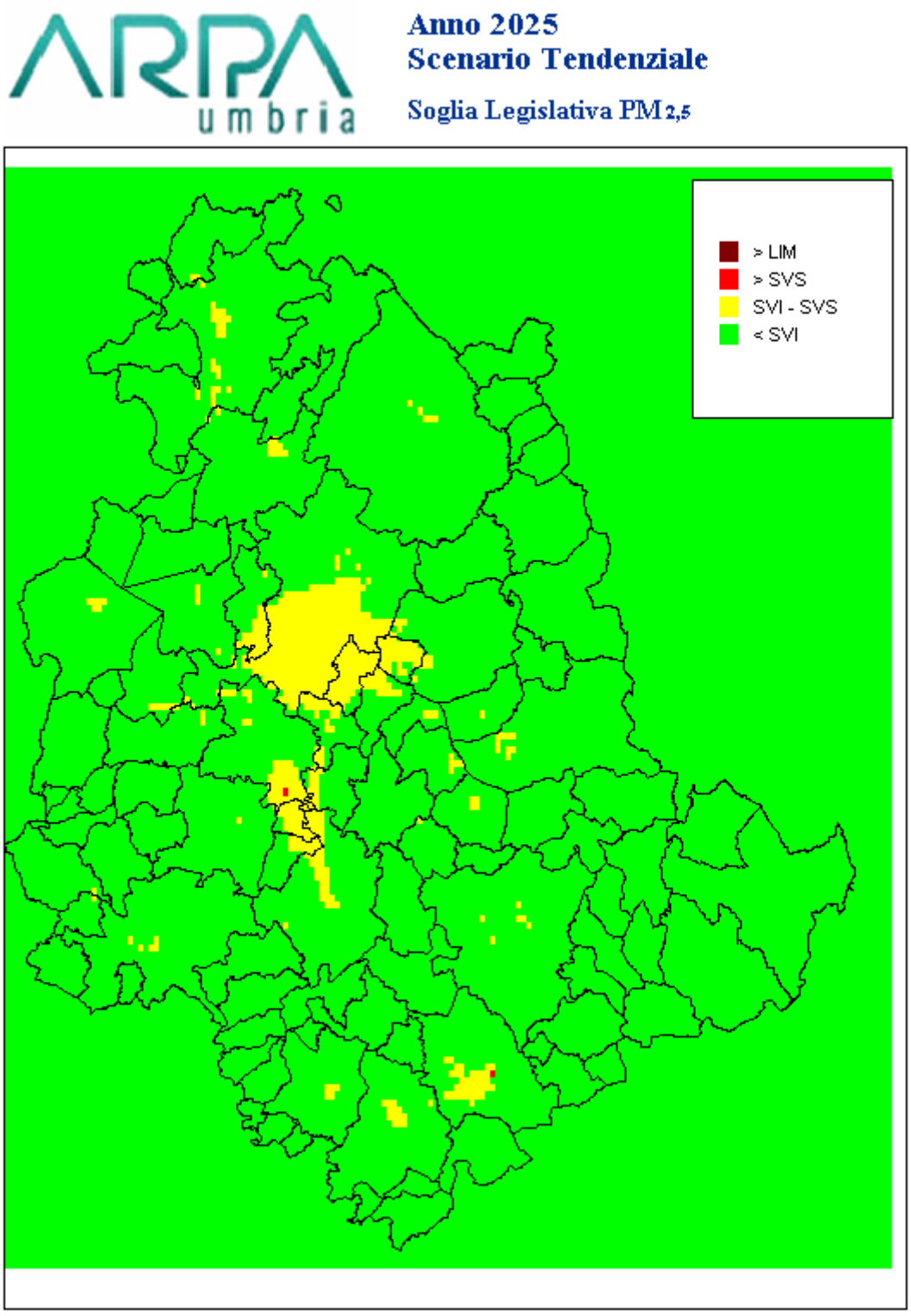

Figura 67 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale con riferimento alle soglie legislative

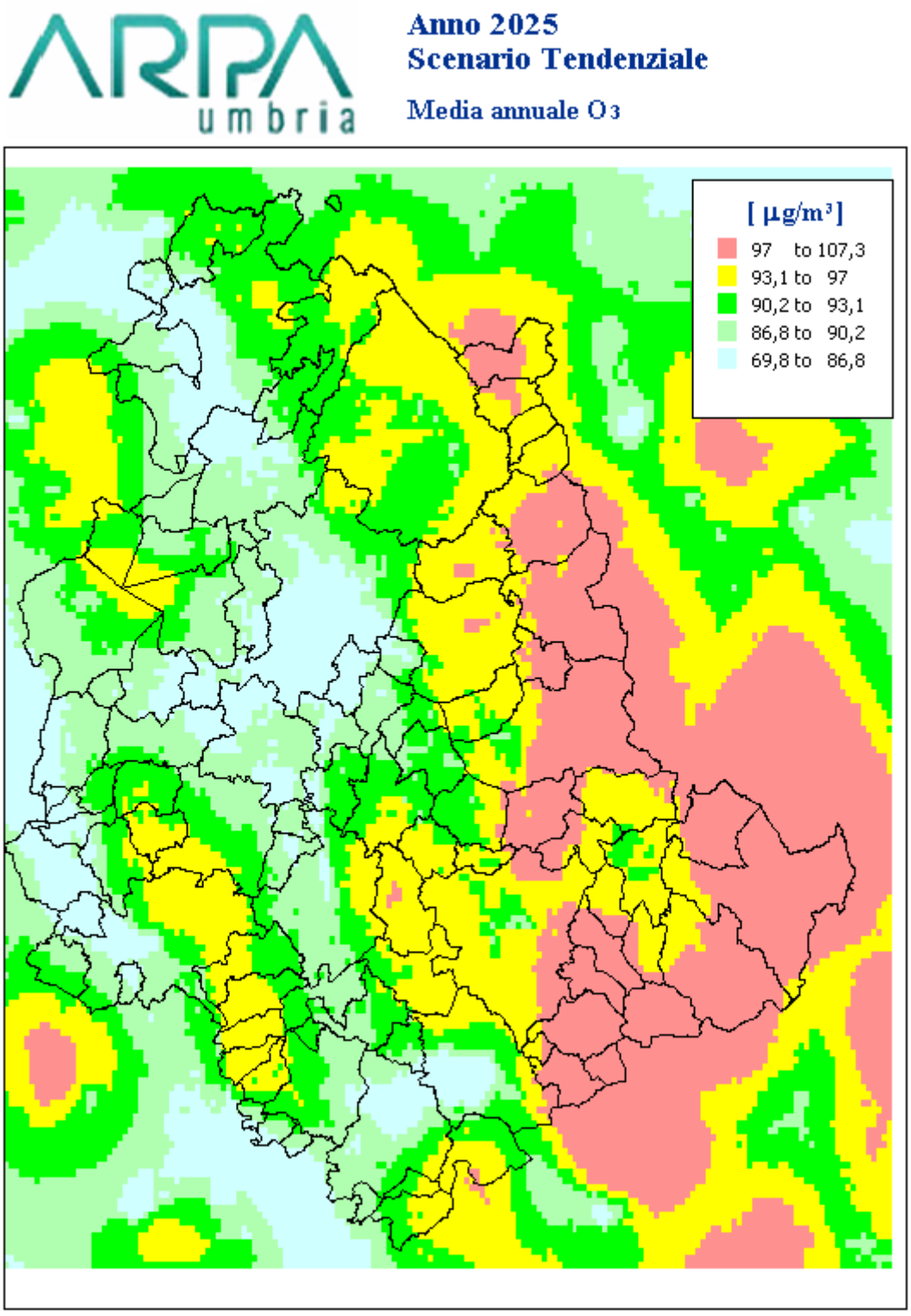

Figura 68 – Media annuale delle concentrazioni di ozono valutate con il modello Chimere (µg/m^3) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale

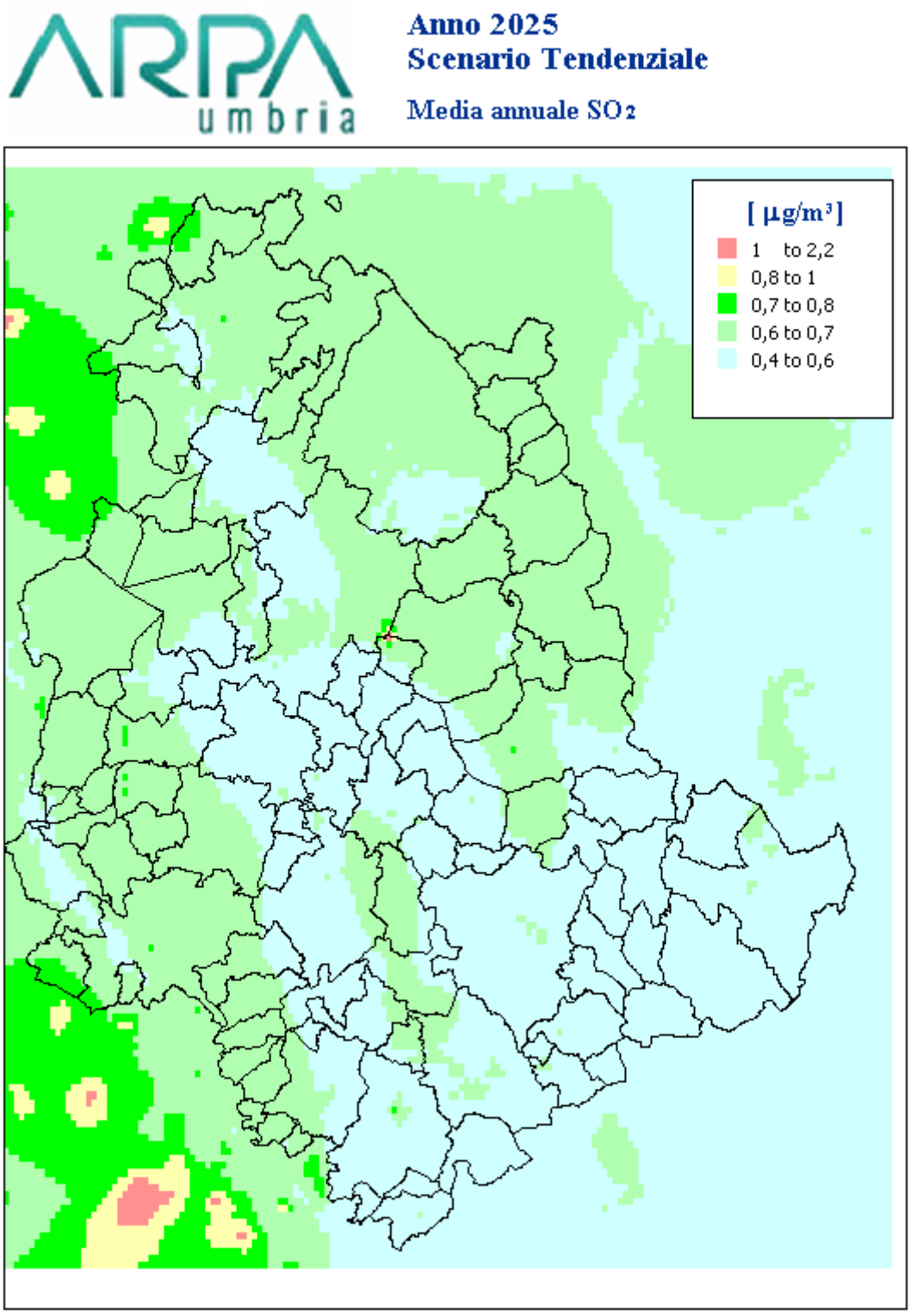

Figura 69 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di zolfo (SO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale

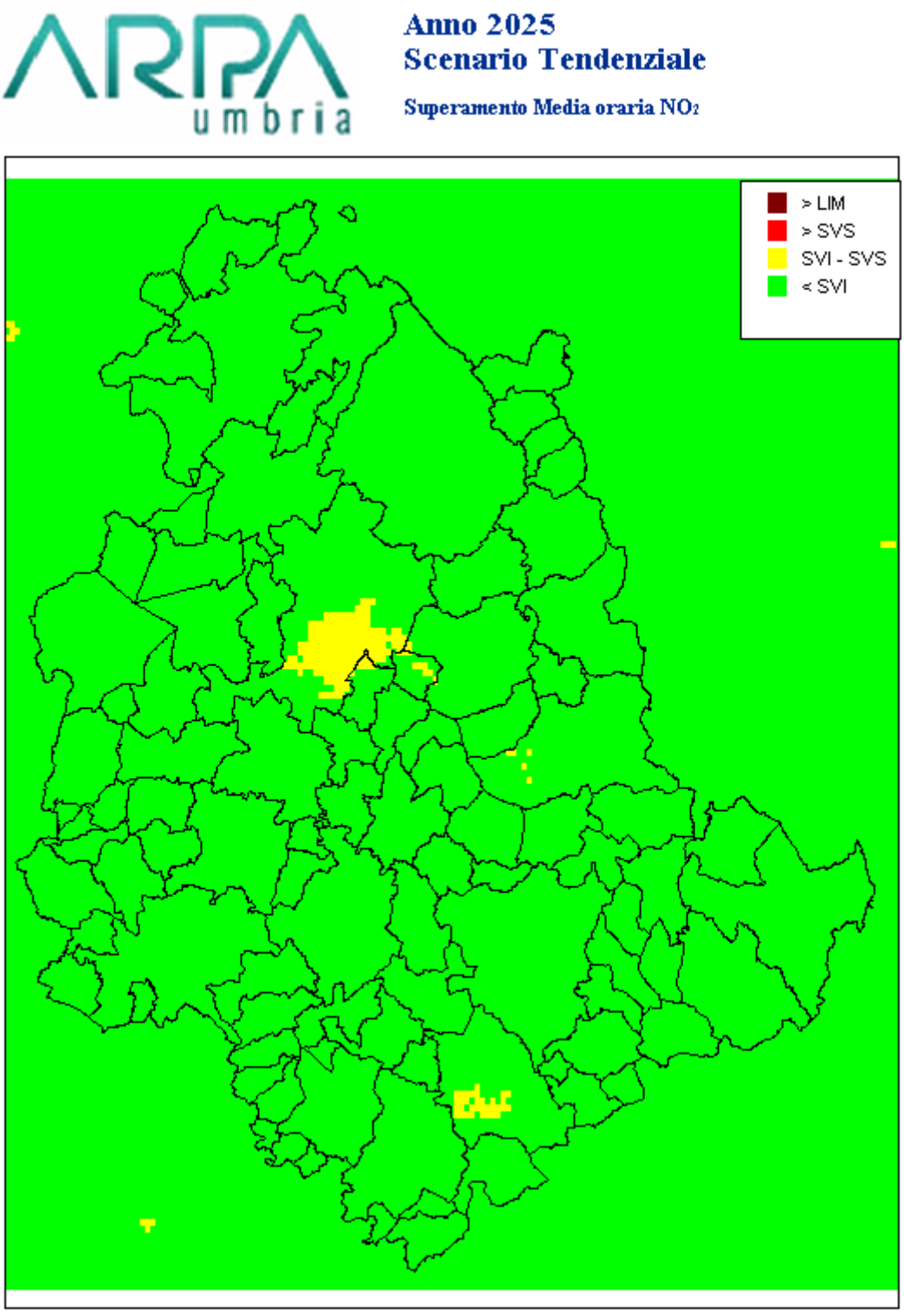

Figura 70 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite stabilite per la media oraria del biossido di azoto valutati con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale

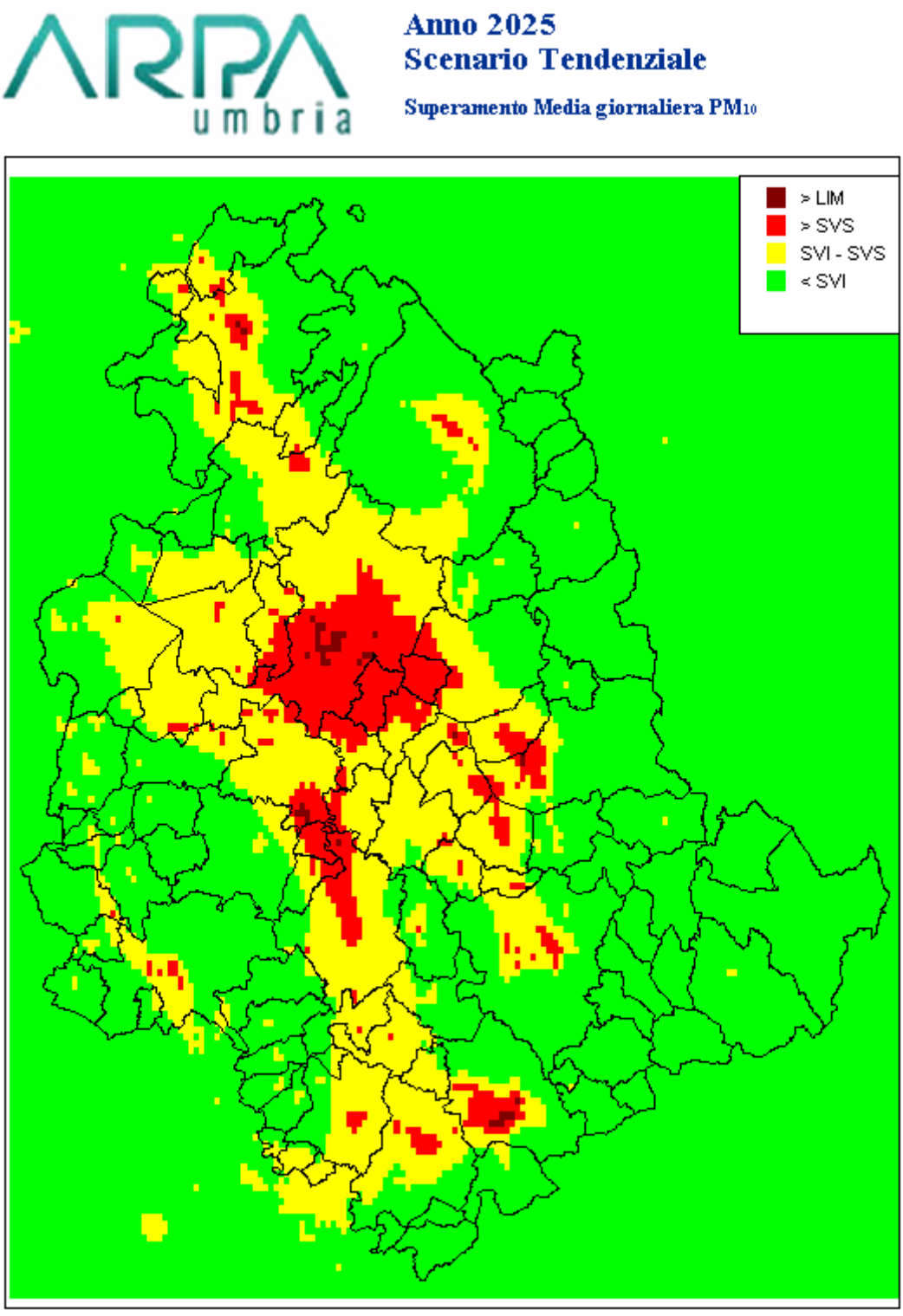

Figura 71 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite per la media giornaliera del PM_{10} valutati con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale

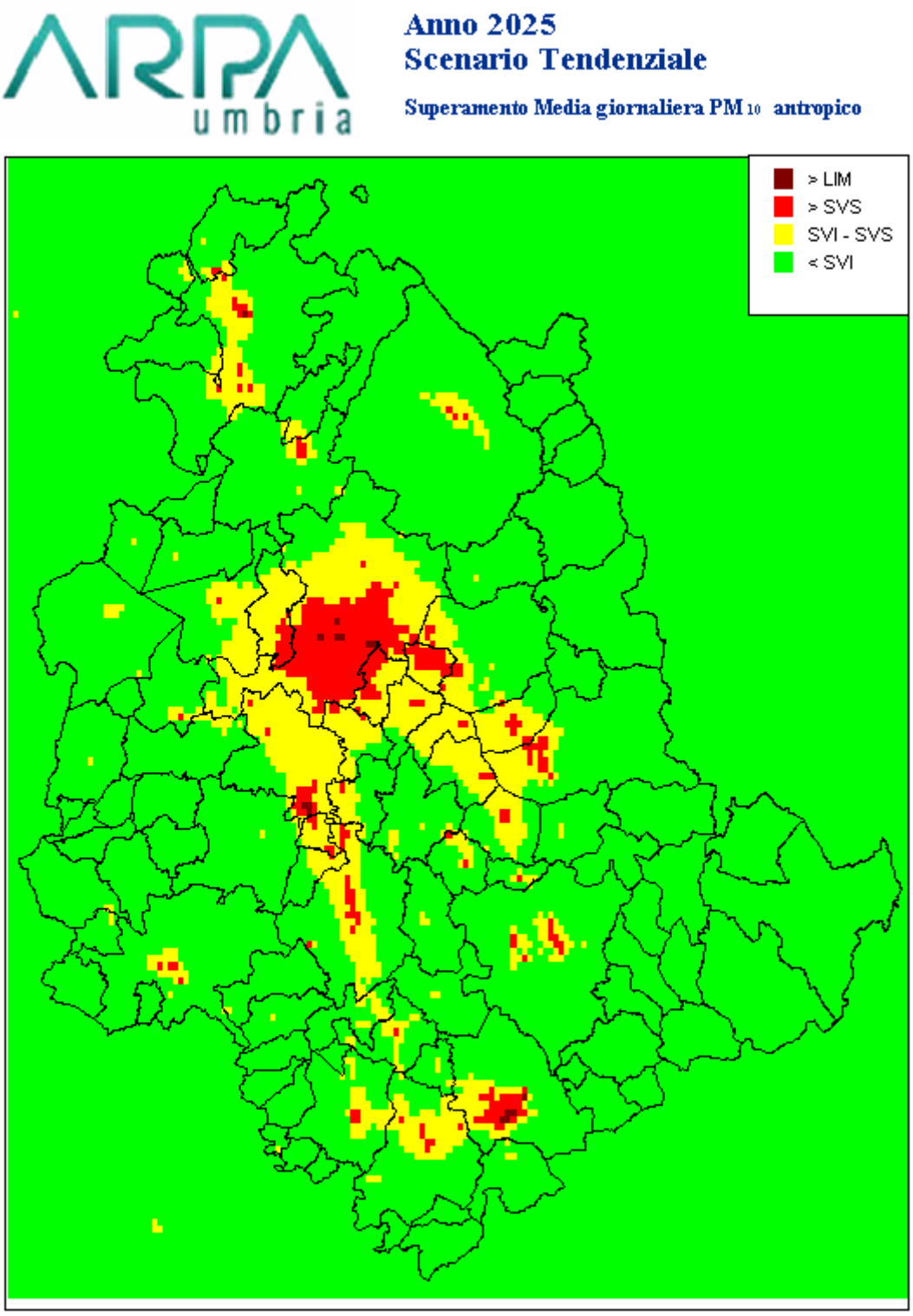

Figura 72 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite per la media giornaliera del PM_{10} antropico valutati con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale

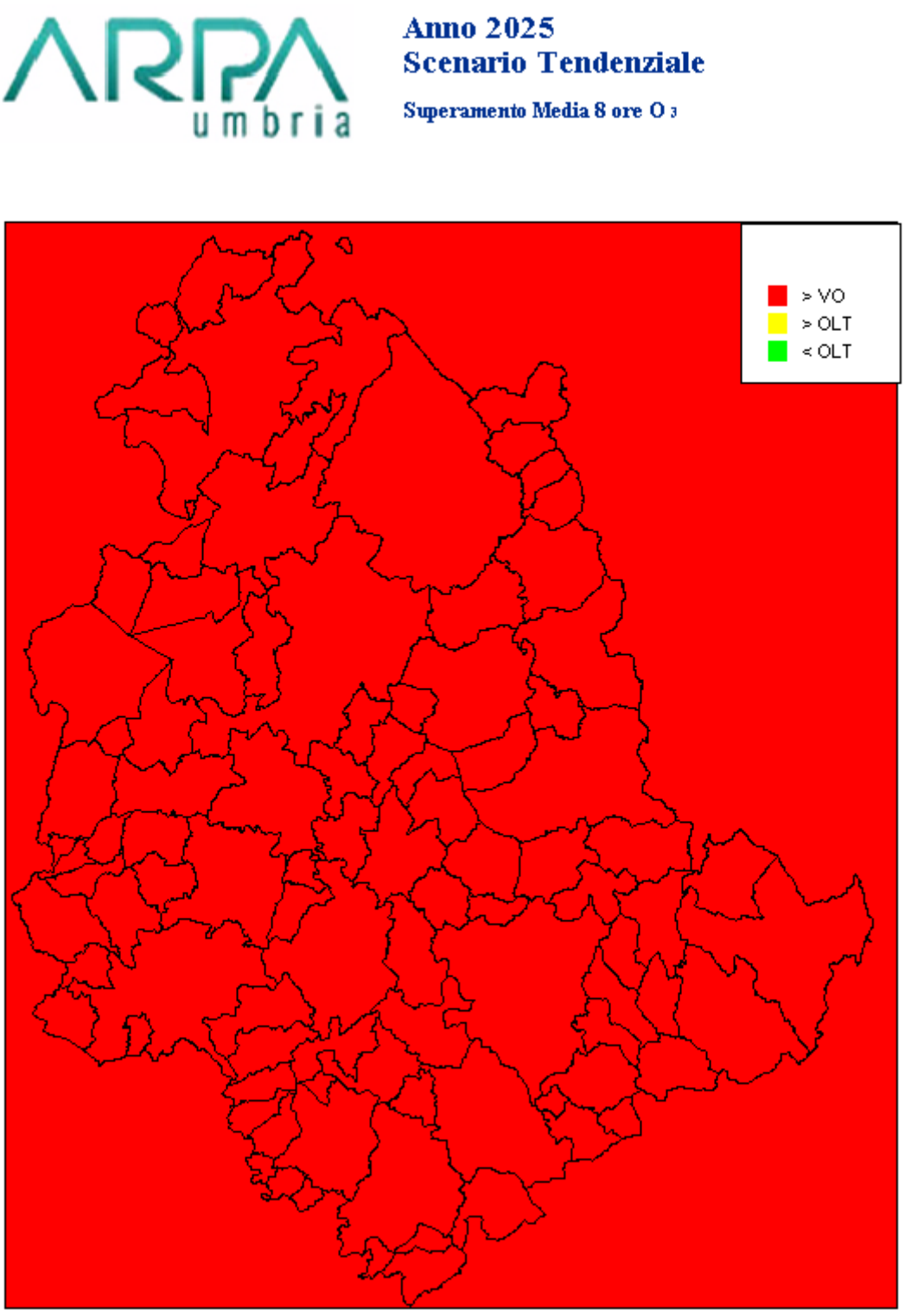

Figura 73 – Stima dei superamenti del valore obiettivo per la media di otto ore dell'ozono valutati con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale

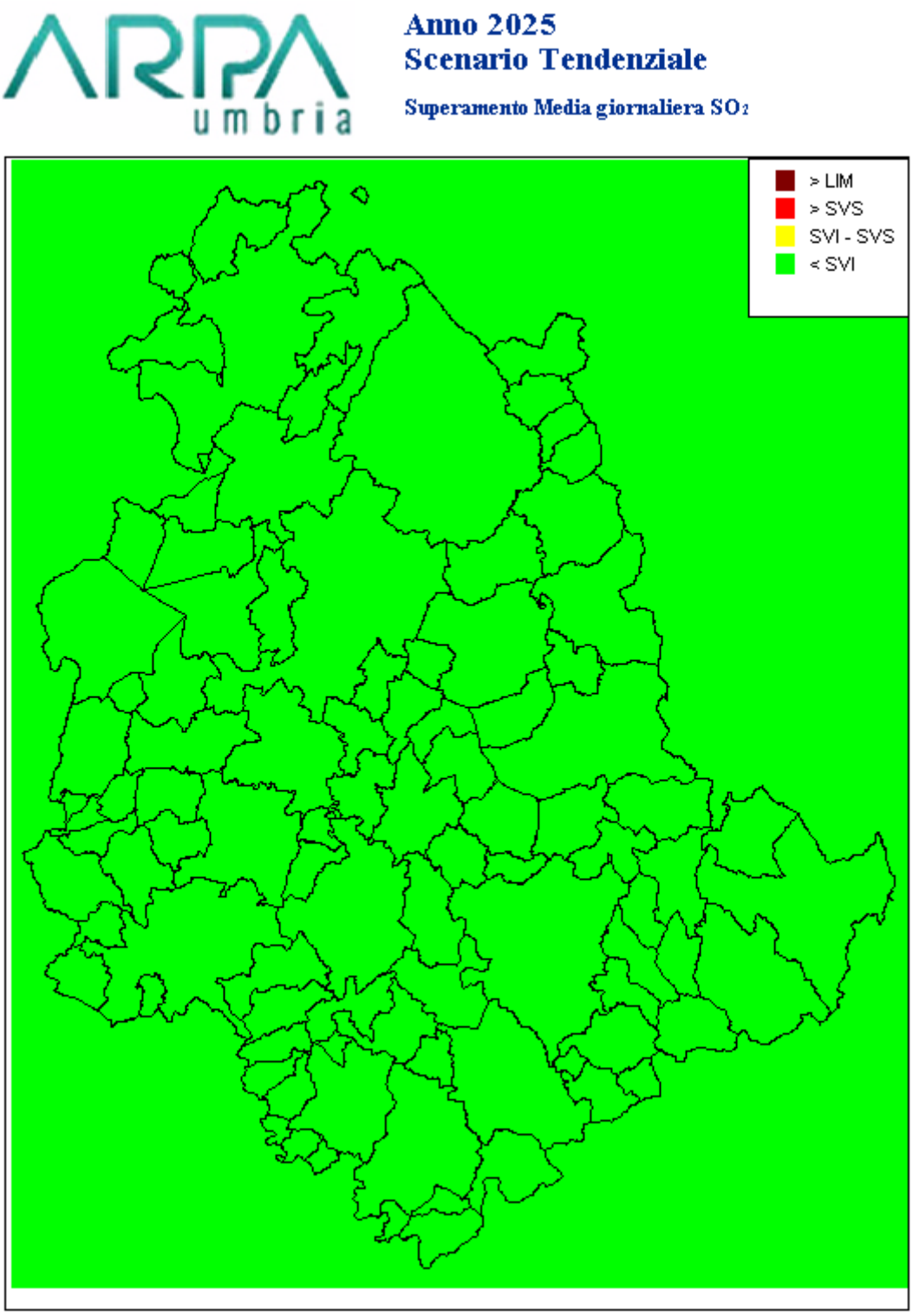

Figura 74 – Stima dei superamenti di soglie di valutazione e valore limite per la media giornaliera degli ossidi di zolfo valutati con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale

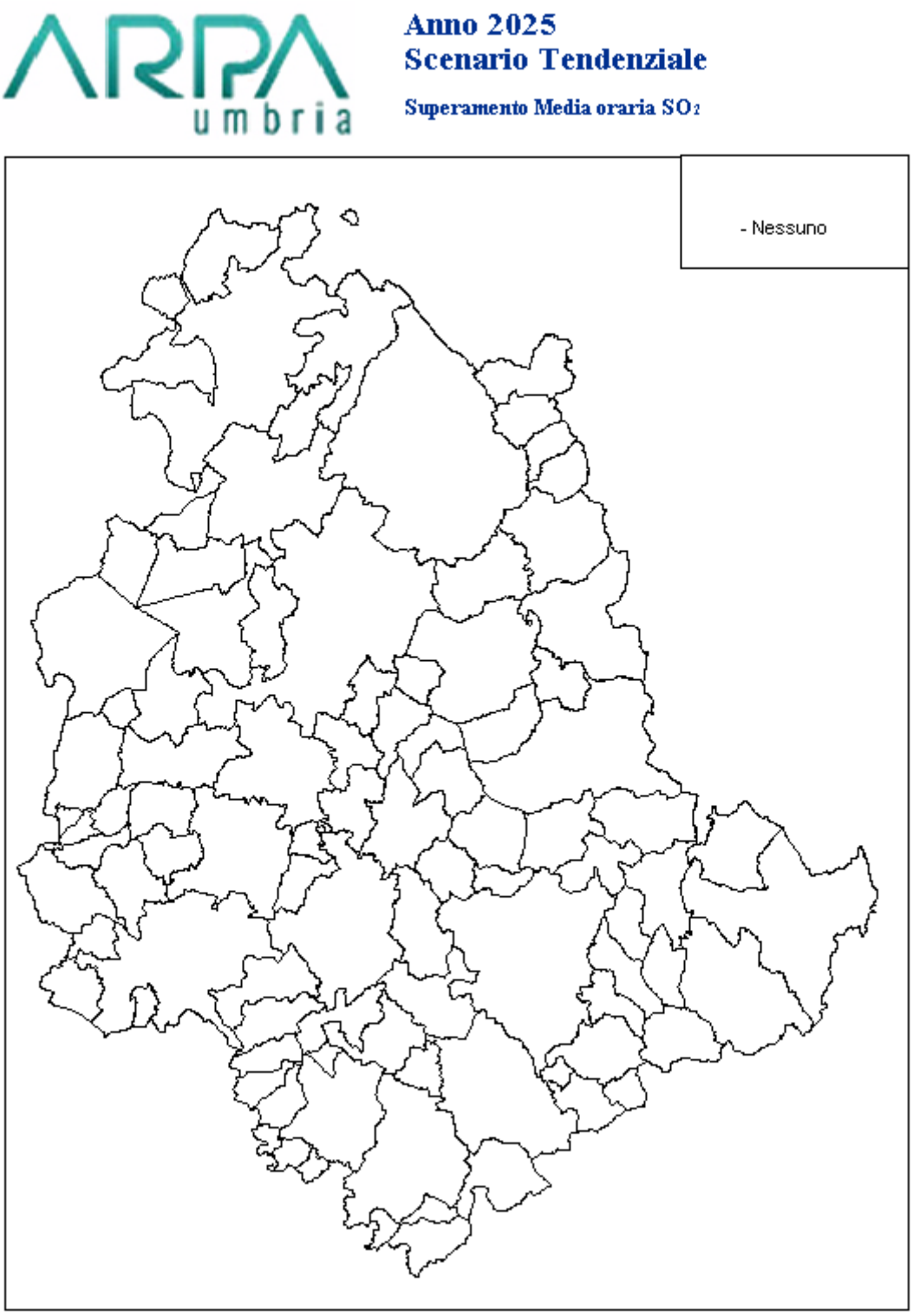

Figura 75 – Stima dei superamenti del valore limite per la media oraria degli ossidi di zolfo valutati con il modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale

4.4.2 Sintesi regionale

Dall'analisi dei risultati dell'applicazione del modello Chimere si possono trarre le seguenti conclusioni:

- con riferimento al biossido di azoto:
  - la distribuzione delle concentrazioni resta coerente con la distribuzione delle sorgenti emissive, mostrando valori più elevati in concomitanza degli agglomerati e nei dintorni delle sorgenti emissive maggiori sono altresì individuabili i contributi dovuti alle arterie stradali maggiori;
  - permangono le considerazioni già svolte per lo scenario attuale e relative alla sottovalutazione rispetto ai risultati delle misurazioni nei pressi delle aree urbane maggiori dovuta alla diluizione delle concentrazioni insita nella applicazione modellistica regionale che non può rispecchiare situazioni locali, in particolare nelle immediate vicinanze delle arterie stradali;
- con riferimento al PM_{10} ed al $PM_{2,5}$ la situazione è sostanzialmente invariata rispetto al 2015, nonostante l'aumento delle emissioni della Thyssenkrupp Acciai Speciali Terni;
- con riferimento all'ozono permane il superamento del valore obiettivo della media mobile di otto ore in tutta la regione;
- le concentrazioni di biossido di zolfo rimangono basse su tutto il territorio regionale.

Tabella 52 – Emissioni 2015 della Thyssenkrupp Acciai Speciali Terni e nuove emissioni dal laminatoio autorizzato

	Unità della Struttura	NO_x (Mg)	PM_{10} (Mg)	$PM_{2,5}$ (Mg)
001	Centrale termica	34,0	0,5	0,5
003	Produzione di Acciaio (forno elettrico)	996,9	11,3	9,9
004	Laminatoi a caldo	128,7	2,8	2,8
005	Laminatoi a freddo - acciai magnetici	407,3	14,1	14,1
006	Laminatoi a freddo - acciai inossidabili	0,0	0,0	0,0
007	Laminazione Titanio	3,7	0,3	0,3
	TOTALE	1570,5	28,8	27,4
	Nuovo laminatoio a freddo	42	11	11
	Incidenza del nuovo laminatoio sul totale delle emissioni	3%	38%	40%

5 SCENARIO DI PIANO CONCA TERNANA

Lo *Scenario di Piano Conca Ternana* assume misure specifiche aggiuntive rispetto allo scenario tendenziale specifiche per la Conca Ternana in linea con l'*Accordo di programma per l'adozione di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nella Regione Umbria* tra Il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, e il Presidente della Regione Umbria.

5.1 Accordo di programma tra Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e Regione Umbria

Con l'accordo (articolo 1) le Parti individuano una serie di interventi comuni da porre in essere, in concorso con quelli previsti dalle norme vigenti, nel quadro di un'azione coordinata e congiunta, nei settori maggiormente responsabili di emissioni inquinanti, ai fini del miglioramento della qualità dell'aria e del contrasto all'inquinamento atmosferico.

Per l'attuazione degli interventi previsti dal presente accordo la Parti promuovono, per quanto di competenza, il reperimento di nuove risorse ed il riorientamento di quelle disponibili.

L'accordo prevede che la Regione Umbria si impegna a:

a) prevedere, nel Piano regionale per la qualità dell'aria o nei relativi provvedimenti attuativi, la limitazione della circolazione nella "Zona di Salvaguardia" della Conca Ternana (la cui identificazione cartografica è riportata in Figura 76) dal 1° novembre al 31 marzo di ogni anno dalle ore 8,30 alle 12,30 e dalle ore 15,30 alle ore 19,30, salve le deroghe indispensabili, con le seguenti tempistiche:
   - dal 1° gennaio 2019 al 31 marzo 2019, divieto di circolazione, per almeno tre giorni alla settimana, di:
     - veicoli per trasporto persone categoria M1 e M2 e veicoli per trasporto merci di categoria N1, N2 ad alimentazione diesel o benzina di categoria inferiore o uguale ad "Euro 3";
     - veicoli per trasporto merci di categoria N3 ad alimentazione diesel di categoria inferiore o uguale ad "Euro 2";
     - motoveicoli e ciclomotori di categoria inferiore o uguale ad "Euro 1";
   - dal 1° novembre 2019 al 31 marzo 2020, divieto di circolazione, per almeno quattro giorni alla settimana, di:
     - veicoli per trasporto persone categoria M1 e M2 e veicoli per trasporto merci di categoria N1, N2 ad alimentazione benzina di categoria inferiore o uguale ad "Euro 3" e diesel di categoria inferiore o uguale ad "Euro 4";
     - veicoli per trasporto merci di categoria N3 ad alimentazione diesel di categoria inferiore o uguale ad "Euro 2";
     - motoveicoli e ciclomotori di categoria inferiore o uguale ad "Euro 1";
   - dal 1° novembre 2020 al 31 marzo 2021, e negli anni a seguire in analogo periodo, divieto di circolazione per almeno cinque giorni alla settimana di:

- veicoli per trasporto persone categoria M1 e M2 e veicoli per trasporto merci di categoria N1, N2 ad alimentazione diesel o benzina di categoria inferiore o uguale ad "Euro 4"
- veicoli per trasporto merci di categoria N3 ad alimentazione diesel di categoria inferiore o uguale ad "Euro 3";
- motoveicoli e ciclomotori di categoria inferiore o uguale ad "Euro 2";

- al perdurare delle condizioni di mancato rispetto dei limiti di concentrazione del PM10, a partire dall'anno 2023, estensione del divieto di circolazione per almeno cinque giorni alla settimana nel periodo che va dal 1° novembre al 31 marzo dell'anno successivo:
  - veicoli per trasporto persone categoria M1 e M2 e veicoli per trasporto merci di categoria N1, N2 ad alimentazione diesel o benzina di categoria inferiore o uguale ad "Euro 5"
  - veicoli per trasporto merci di categoria N3 ad alimentazione diesel di categoria inferiore o uguale ad "Euro 4";
  - motoveicoli e ciclomotori di categoria inferiore o uguale ad "Euro 2";

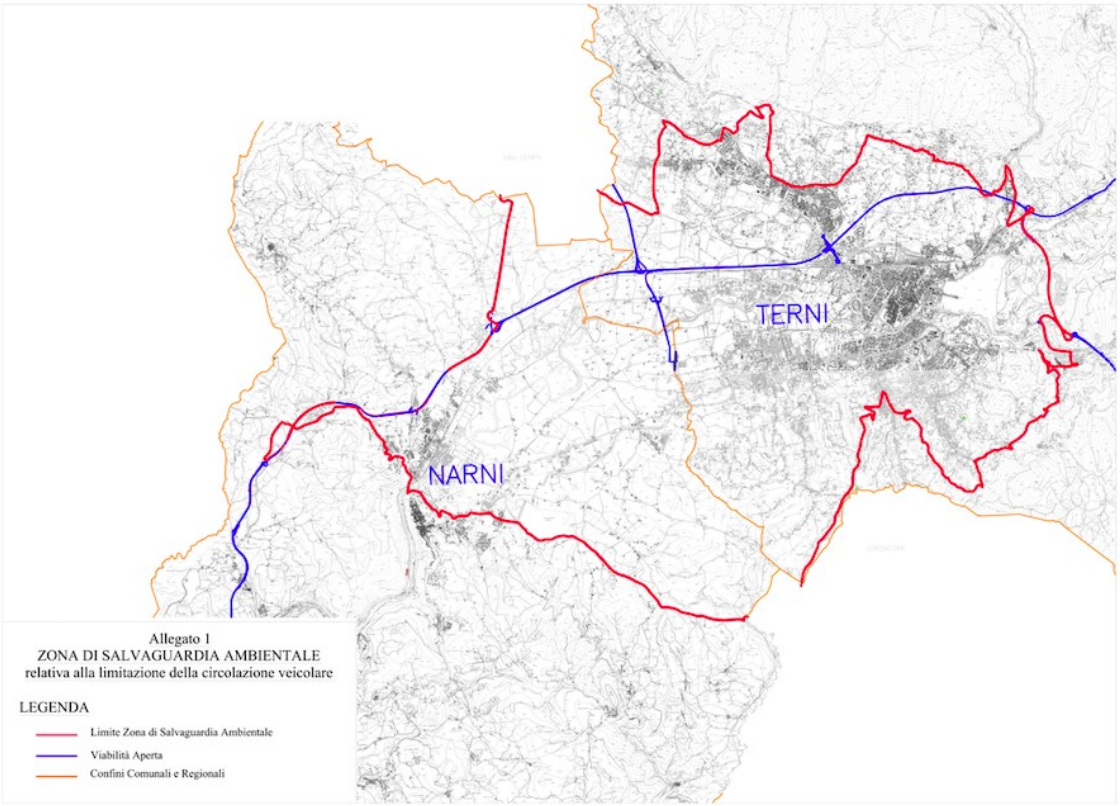

Figura 76 – Zona di salvaguardia ambientale della Conca Ternana

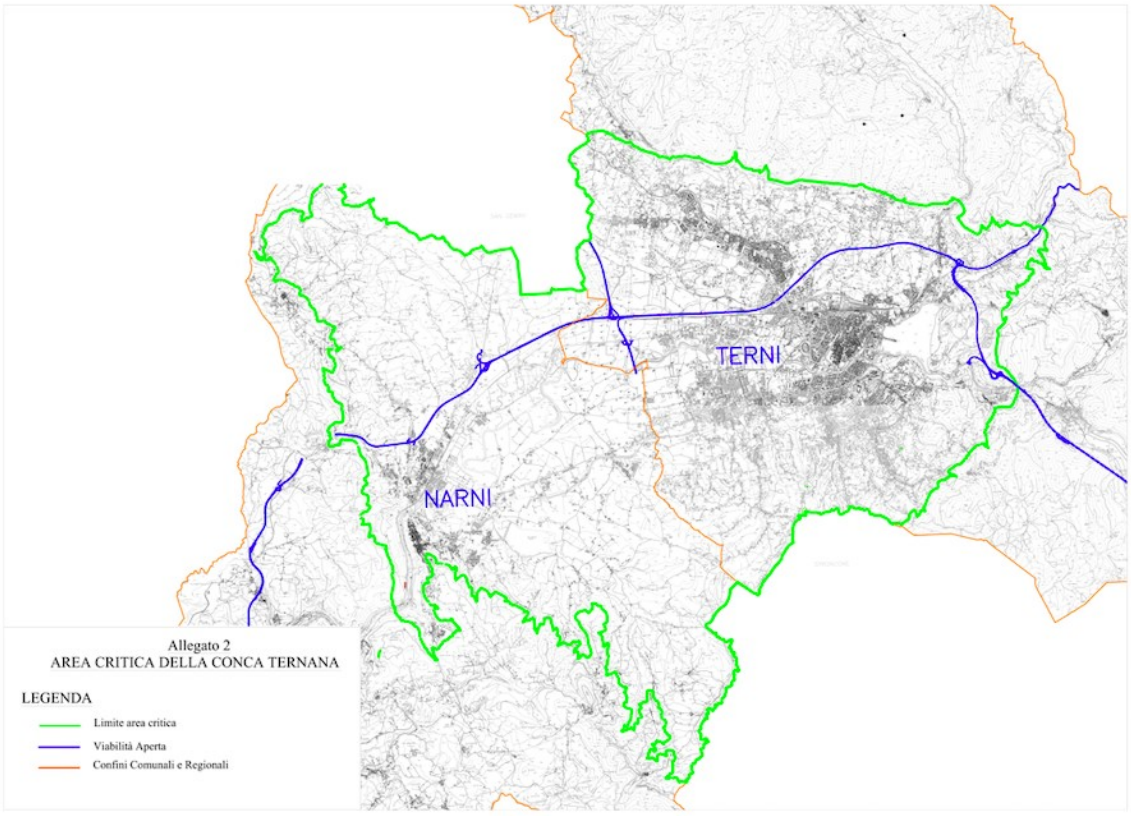

Figura 77 – Area critica della Conca Ternana

5.2 Misure previste nello scenario

Nel seguito sono discusse le misure che sono quantificate nello scenario.

5.2.1 Limitazione della circolazione

Per la valutazione della misura *a* relativa alla limitazione della circolazione nella "Zona di Salvaguardia" della Conca Ternana dal 1° novembre al 31 marzo di ogni anno dalle ore 8,30 alle 12,30 e dalle ore 15,30 alle ore 19,30, si è elaborata una specifica procedura di riduzione su base oraria, mensile e giornaliera delle emissioni.

5.2.2 Generatori di calore alimentati a biomassa e pellet per il riscaldamento domestico

Per la quantificazione delle misure *g*, *h* ed *i* si farà riferimento al Regolamento Ministeriale[15] per la certificazione dei generatori di calore alimentati a biomasse combustibili solide.

Si farà l'ipotesi qualitativa che la misura:

- dia lo stimolo ad una parziale sostituzione degli apparati a legna con apparati di tecnologia più efficiente (3 stelle o superiori);

[15] Ministero dell'ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n. 186 del 7 novembre 2017: Regolamento recante la disciplina dei requisiti, delle procedure e delle competenze per il rilascio di una certificazione dei generatori di calore alimentati a biomasse combustibili solide

- comporti una parziale sostituzione del consumo in apparati a legna con apparati a gas, a GPL o elettrici (pompe di calore in prevalenza) già esistenti (ove la legna è utilizzata come combustibile non esclusivo);
- comporti una parziale riduzi one del consumo energetico complessivo con la riduzione di una frazione del consumo di legna.

Sulla base di queste ipotesi, utilizzando per la legna ed il pellet i fattori di emissione presenti nell'inventario delle emissioni regionale ed il volume di gas generato dalla combustione della biomassa residenziale di fonte EMEP/EEA[16], si ottengono a partire dal 2020, nei giorni e nelle aree in cui la misura è applicata:

- una riduzione media delle emissioni degli apparati a legna pari al 99% per le polveri (PST, PM_{10} e $PM_{2,5}$), i COVNM ed il Benzo(a)pirene, del 97% del CO e del 60% per gli NO_x;
- una riduzione media delle emissioni degli apparati a pellet pari al 90% per le polveri (PST, PM_{10} e $PM_{2,5}$) i COVNM ed il Benzo(a)pirene, del 70% del CO e del 60% per gli NO_x.

5.2.3 Altri interventi di stimolo allo sviluppo della mobilità sostenibile ed al risparmio energetico nel settore civile

Le misure *b*, *c*, *d*, *e*, *f* possono essere di supporto allo sviluppo della mobilità elettrica, ciclopedonale e del tasporto pubblico. Analogamente la misura *p* è di supporto alla riduzione dei consumi energetici nel settore civile. Non si ritiene di quantificare tali misure per l'incertezza sulla loro entità ed in quanto si ritengono sufficientemente modellate nello scenario di riferimento.

5.2.4 Combustione all'aperto del materiale vegetale

A seguito della misura *m* di limitazione della combustione all'aperto di materiale vegetale dal 1° novembre al 31 marzo, tenuto anche conto del periodo di periodo di grave pericolosità per gli incendi boschivi (il periodo estivo) in cui il divieto è valido su tutto il territorio regionale si ipotizza una riduzione complessiva della quantità combusta ed un rispettivo aumento della quantità riutilizzata abbastanza limitata. Si ritiene pertanto, anche a scopo conservativo, che la misura possa portare ad un ritardo nella combustione dei residui raccolti piuttosto che in una completa eliminazione. In questo contesto si ipotizza dunque di ridurre del 10% la quantità di rifiuti agricoli bruciati all'aperto.

5.2.5 Impianti di combustione industriale e per la produzione di energia elettrica

La misura limita la possibilità di incremento delle emissioni ma non comporta riduzioni da quantificare nello scenario.

5.2.6 Inteventi di supporto

Gli interventi *j*, *k*, *l*, *o* sono di supporto alle misure di piano ma non producono effetti diretti quantificabili nello scenario.

[16] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Technical guidance to prepare national emission inventories: 1.A.4 Small combustion, EEA Report No 21/2016

5.3 Valutazione modellistica della qualità dell'aria

Nel seguito sono riportati i risultati dell'applicazione del modello Chimere per la Conca Ternana per i mesi Gennaio-Marzo. I dati emissivi di ingresso al modello sono quelli elaborati nello Scenario Conca Ternana di cui al paragrafo precedente relativamente all'anno 2020.

Nelle figure seguenti, sono mostrate le mappe che rappresentano la stima delle riduzioni, rispetto al 2015, che si ottengono nei mesi Gennaio – Marzo del 2020 nelle concentrazioni medie delle particelle sospese con diametro inferiore a 10 µm sull'area della Conca Ternana con la applicazione delle misure sulla combustione della biomassa (Figura 78) e sul traffico (Figura 79).

Le figure mostrano come le misure sulla combustione della legna hanno una influenza molto maggiore sulla qualità dell'aria, come era d'altro canto prevedibile dall'analisi delle emissioni.

Va sottolineato tuttavia, con riferimento ai risultati ottenuti, che questi vanno interpretati come risultati medi sulle aree prese in considerazione (maglie di un chilometro quadrato).

Effetti maggiori delle riduzioni delle emissioni da traffico possono rilevarsi a lato strada dove c'è un influsso diretto delle emissioni, che il modello nella sua risoluzione di un chilometro quadrato restituisce in forma mediata.

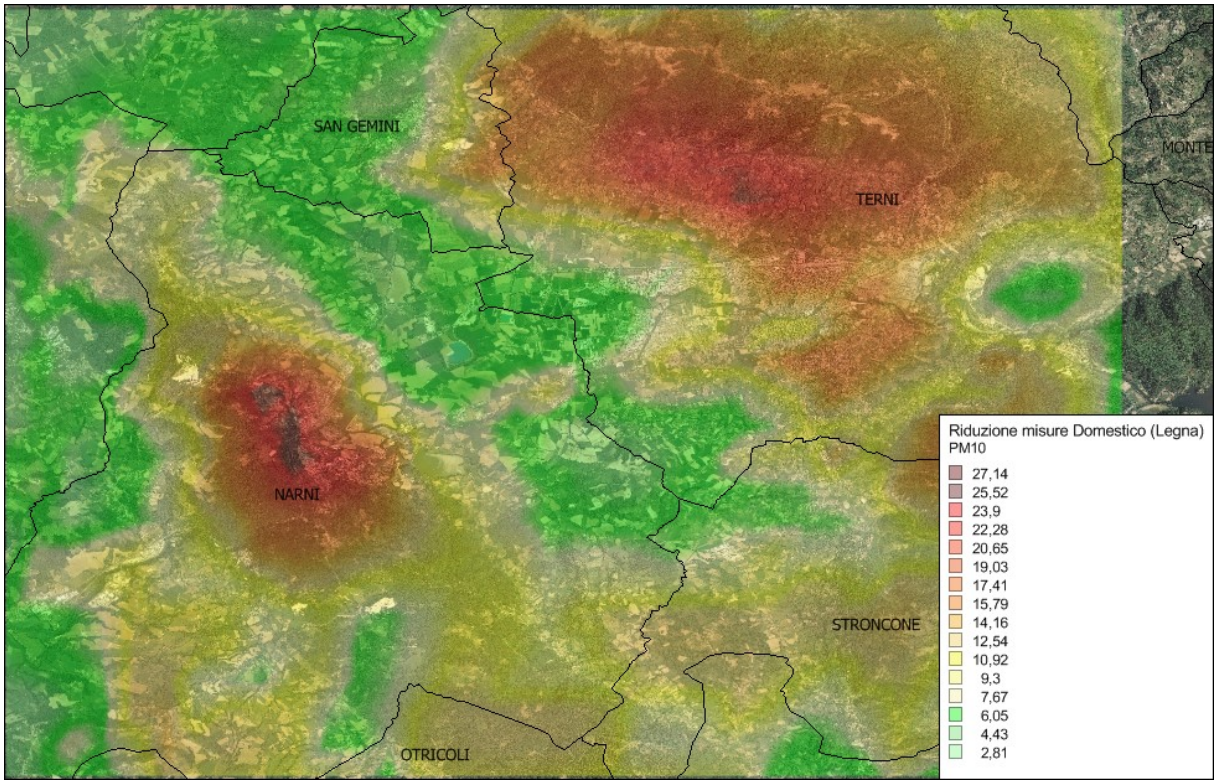

Figura 78 – Stima della riduzione percentuale nella media delle concentrazioni di PM_{10} valutate con il modello Chimere (µg/m3) per l'anno 2020 (Gennaio-Marzo) in Scenario Conca Ternana rispetto all'analogo periodo del 2015: misure sulla combustione legna nel domestico e sulla combustione dei residui agricoli

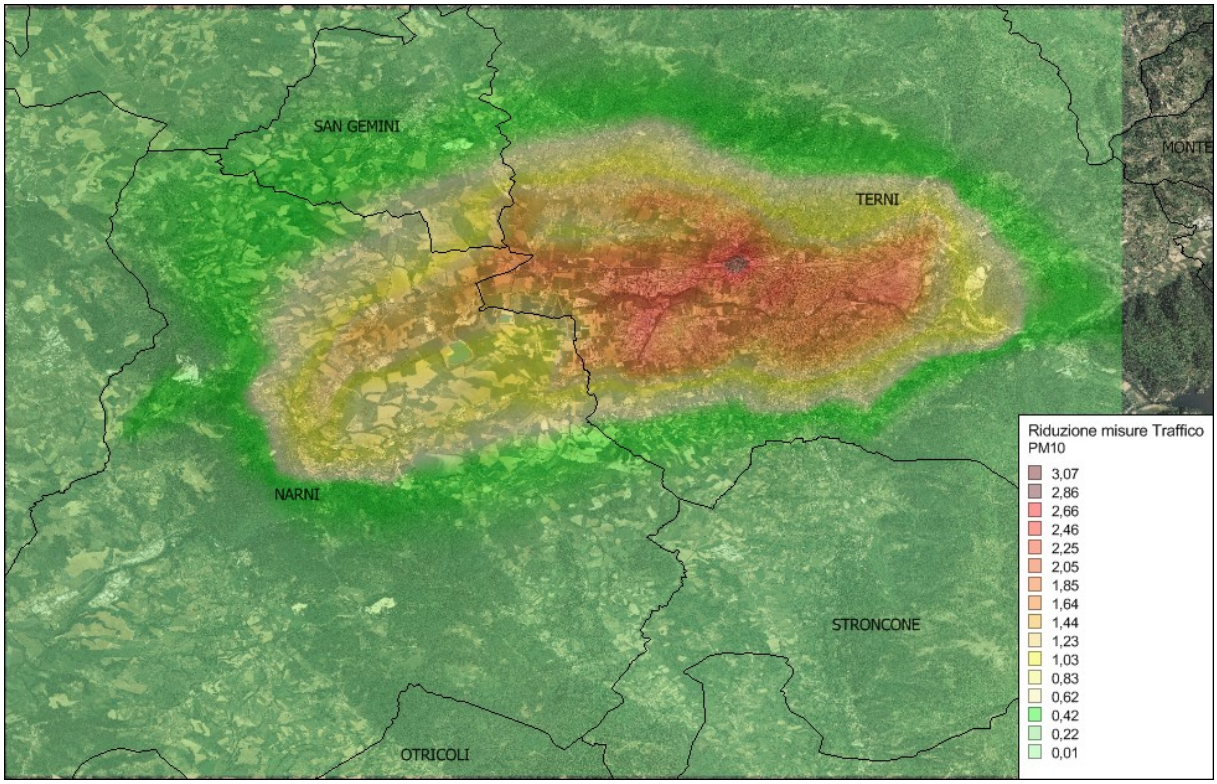

Figura 79 – Stima della riduzione percentuale nella media delle concentrazioni di PM_{10} valutate con il modello Chimere (µg/m3) per l'anno 2020 (Gennaio-Marzo) in Scenario Conca Ternana rispetto all'analogo periodo del 2015: misure sul traffico

6 SCENARIO REGIONALE DI PIANO

Lo *Scenario regionale di piano*:

- prende in esame le variazioni previste nello *Scenario tendenziale regionale*;
- include le misure definite nello *Scenario di Piano della Conca Ternana*;
- estende alle cosiddette "aree critiche" specifiche misure per la riduzione delle emissioni necessarie al fine di raggiungere e mantenere gli standard di qualità dell'aria su tutto il territorio regionale.

È, in particolare, prevista nello scenario regionale l'estensione alle aree critiche delle seguenti misure, essenzialmente diretta alla riduzione del particolato e del benzo(a)pirene:

- Limitazioni all'uso di caminetti e stufe tradizionali. Nelle "Area Critiche" individuate all'interno delle Aree di superamento (corrispondenti alle porzioni di territorio posto a una quota inferiore ai 300 m nei comuni di Città di Castello, Foligno, Marsciano, Narni, Perugia e Terni). Si applicano le seguenti limitazioni nell' utilizzo di generatori di calore alimentati a biomassa per il riscaldamento domestico, in funzione della certificazione prevista dal D.M. n.186 del 7 novembre 2017 "Regolamento recante la disciplina dei requisiti, delle procedure e delle competenze per il rilascio di una certificazione dei generatori di calore alimentati a biomasse combustibili solide":
  - divieto, entro sei mesi dall'approvazione dell'aggiornamento del Piano regionale per la qualità dell'aria, di utilizzare, dal lunedì al venerdì h24, generatori con una classe di prestazione emissiva inferiore a "2 stelle";
  - divieto, entro un anno dall'approvazione dell'aggiornamento del Piano regionale per la qualità dell'aria, di installare generatori con una classe di prestazione emissiva inferiore alla classe "3 stelle";
  - divieto, entro il 31 dicembre 2020, di installare generatori con una classe di prestazione emissiva inferiore alla classe "4 stelle" e di continuare ad utilizzare generatori con una classe di prestazione emissiva inferiore a "3 stelle";
- Limitazione della combustione all'aperto di materiale vegetale dal 1° novembre al 31 marzo.

6.1 Modellistica della qualità dell'aria in scenario di piano

La modellistica atmosferica descritta al capitolo 2.1.2 è stata implementata, in scenario di piano, nelle aree riportate in Figura 80. Sono prese in esame tutte e solo le aree per le quali sono previste specifiche misure per la riduzione delle emissioni, le cosiddette "aree critiche", per il resto del territorio regionale valgono le considerazioni svolte per lo scenario tendenziale.

La modellistica è stata applicata con le emissioni calcolate al 2025 così come nello scenario tendenziale regionale di cui al capitolo 4, ovvero effettuando una riduzione delle emissioni su tutte le maglie 1km x 1km con altezza media inferiore ai 300 m (indicate in rosso in Figura 81).

In dettaglio, come già discusso al capitolo 5.2.2, si valutano, nei giorni e nelle aree in cui la misura è applicata:

- una riduzione media delle emissioni degli apparati a legna pari al 99% per le polveri (PST, PM_{10} e $PM_{2,5}$), i COVNM ed il Benzo(a)pirene, del 97% del CO e del 60% per gli NO_x;

- una riduzione media delle emissioni degli apparati a pellet pari al 90% per le polveri (PST, PM_{10} e $PM_{2,5}$) i COVNM ed il Benzo(a)pirene, del 70% del CO e del 60% per gli NO_x.

Nel seguito sono riportate le concentrazioni nello scenario di piano e per confronto con lo scenario tendenziale nelle singole aree critiche.

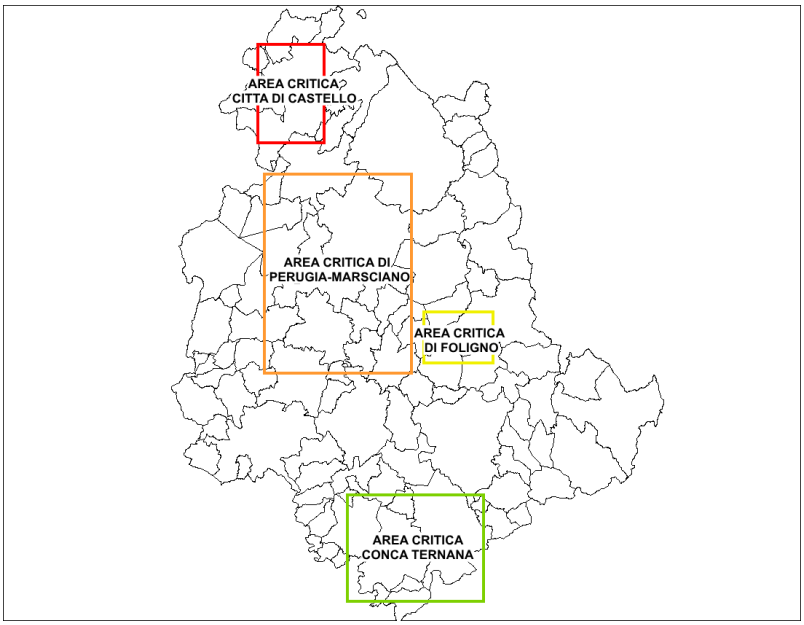

Figura 80 – Aree di applicazione del modello Chimere per l'anno 2025 in Scenario di Piano

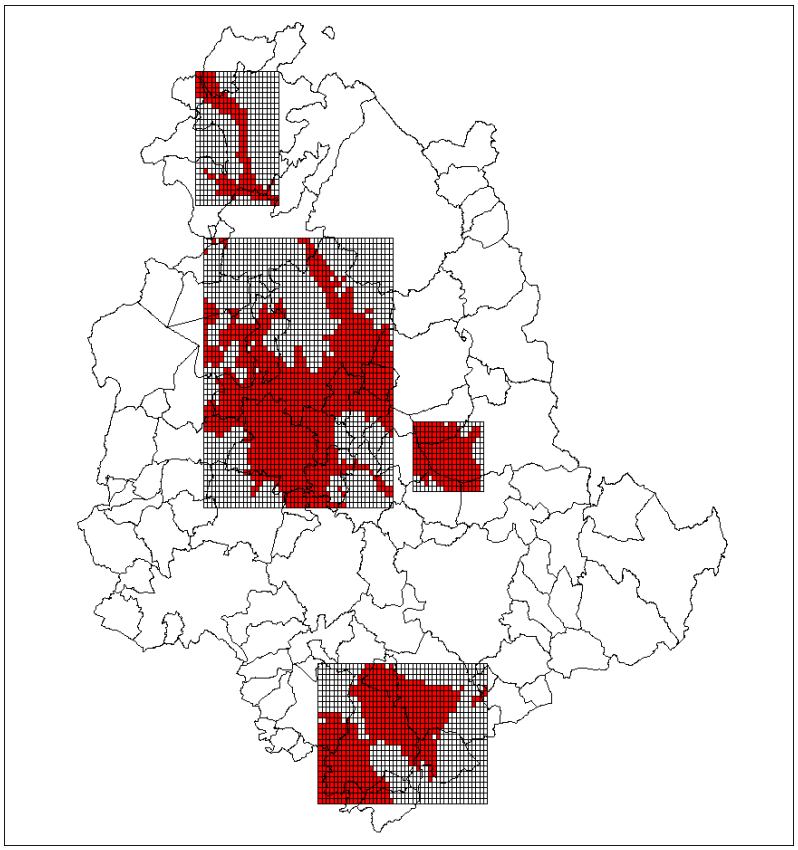

Figura 81 – Maglie di territorio posto a una quota inferiore ai 300 m nelle Aree critiche

6.1 Valutazione delle emissioni nello scenario di piano e confronto con scenario tendenziale

Nel seguito, la valutazione delle emissioni nello scenario di piano è riportata per i comuni oggetto di intervento relativamente agli ***ossidi di azoto*** ed alle ***particelle con diametro inferiore a 10 micron*** (PM_{10}). Non sono riportati gli andamenti relativi agli altri inquinanti perché poco significativi.

6.1.1 Comune di Perugia

In Figura 82 è riassunto, per il **comune di Perugia**, l'andamento delle emissioni totali, distintamente per macrosettore, per le particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) nello scenario di piano per il 2025 confrontate con le emissioni al 2025 nello scenario tendenziale regionale e con le emissioni al 2015.

Sulla base dei risultati si può affermare che, per il comune di Perugia, le emissioni di ***particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10})***, al 2025, diminuiscono complessivamente circa del 28% rispetto allo scenario tendenziale; la riduzione è guidata, dal settore degli ***Impianti di combustione non industriali***, con il 27% di riduzione sul totale delle emissioni comunali, per gli interventi sulla combustione della legna, ed in misura minore dal settore del ***Trattamento e smaltimento rifiuti***, con l'1% di riduzione, per gli interventi sulla combustione dei residui agricoli.

Le emissioni di ossidi di azoto sono sostanzialmente invariate (Figura 83), con l'1% di riduzione rispetto allo scenario tendenziale.

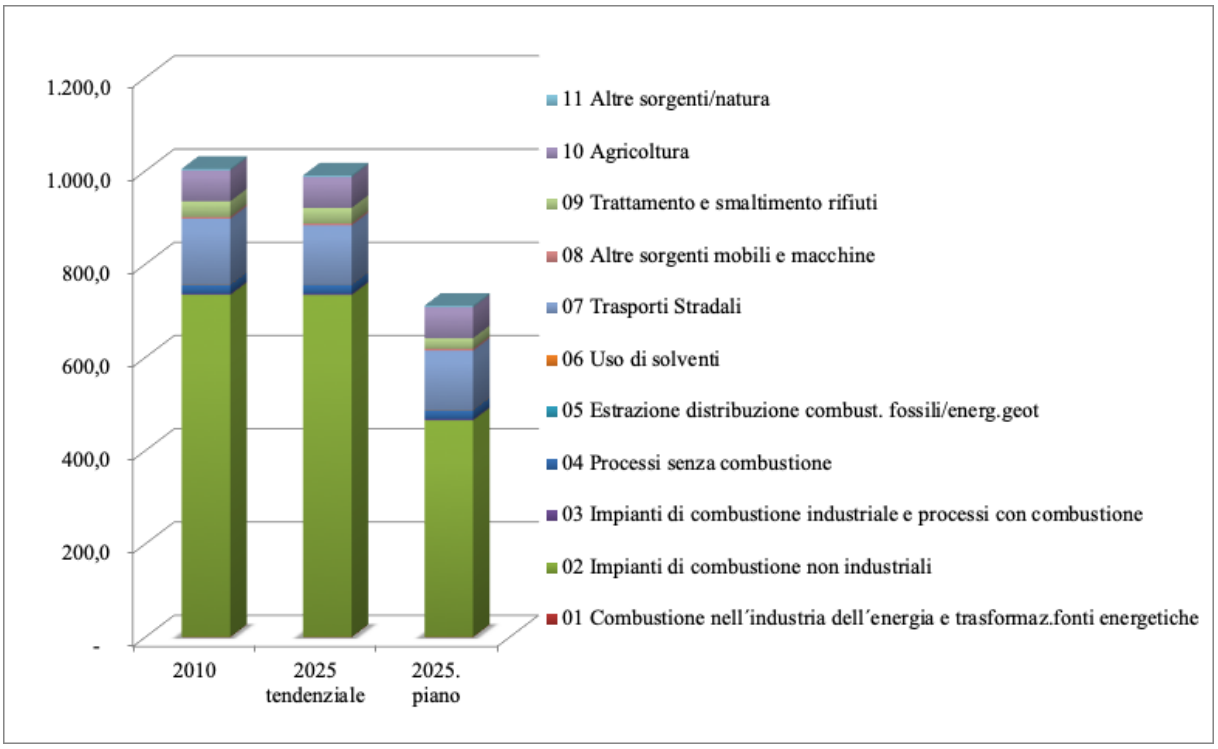

Figura 82 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Perugia

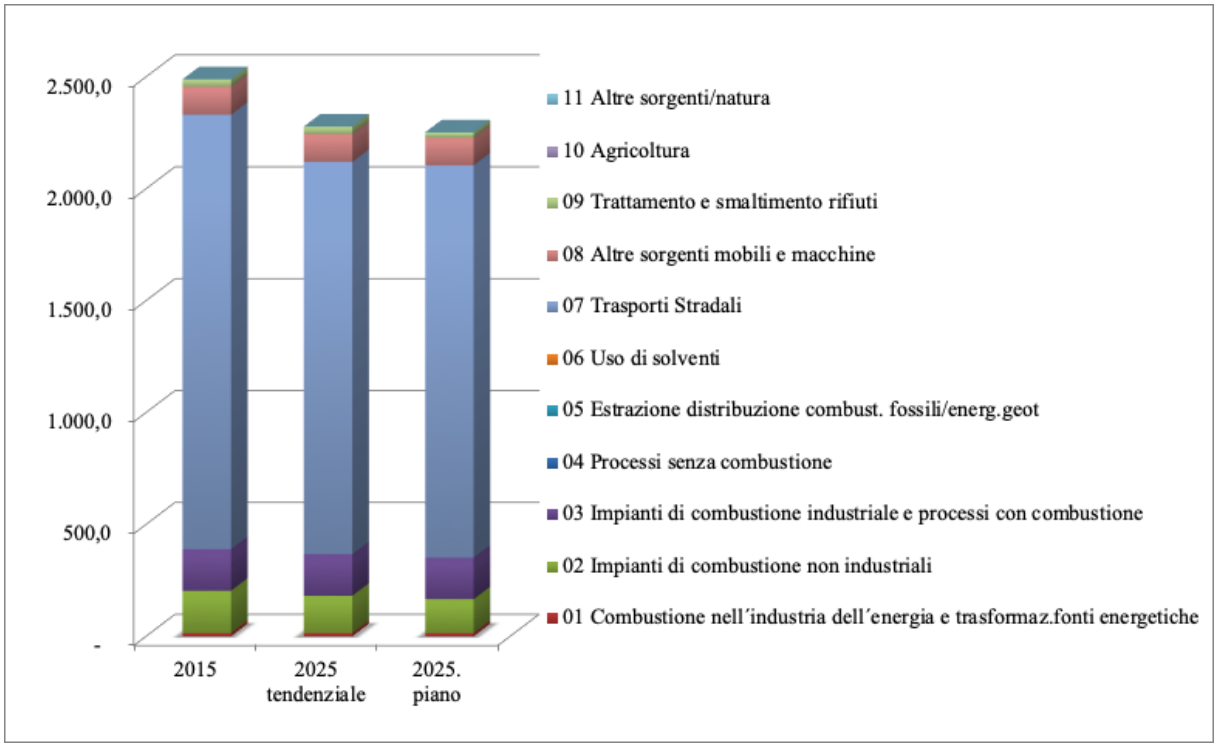

Figura 83 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Perugia

6.1.1.1 Comune di Terni

In Figura 84 è riassunto, per il **comune di Terni**, l'andamento delle emissioni totali per le particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}), distintamente per macrosettore, nello scenario di piano per il 2025 confrontate con le emissioni al 2025 nello scenario tendenziale regionale e con le emissioni al 2015.

Sulla base dei risultati si può affermare che, per il comune di Terni, le emissioni di ***particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10})***, al 2025, diminuiscono complessivamente di circa il 42% rispetto allo scenario tendenziale; la riduzione è guidata, dal settore degli ***Impianti di combustione non industriali***, con il 40% di riduzione sul totale delle emissioni comunali, per gli interventi sulla combustione della legna ed in misura minore (entrambi con l'1% di riduzione) dai ***Trasporti stradali*** per gli interventi sul traffico e dal settore del ***Trattamento e smaltimento rifiuti*** per gli interventi sulla combustione dei residui agricoli.

Le emissioni di ossidi di azoto (Figura 85), si riducono del 4% rispetto allo scenario tendenziale, essenzialmente per le misure sui ***Trasporti stradali***.

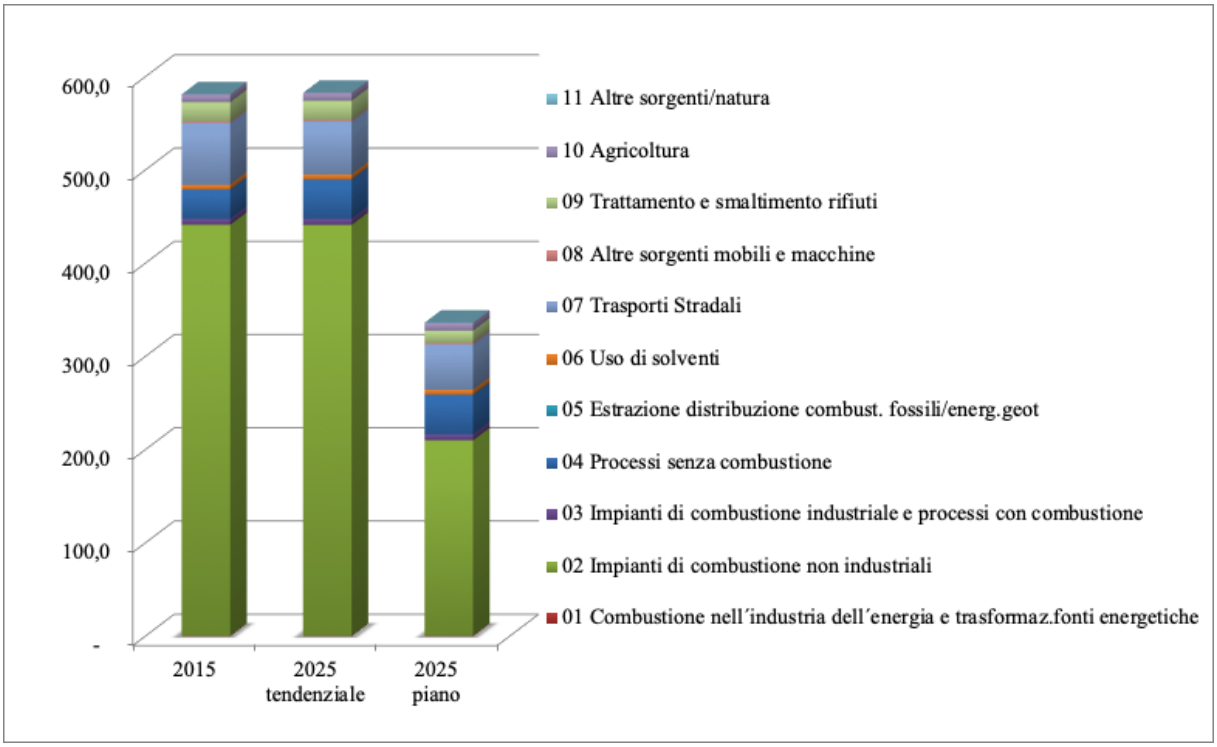

Figura 84 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Terni

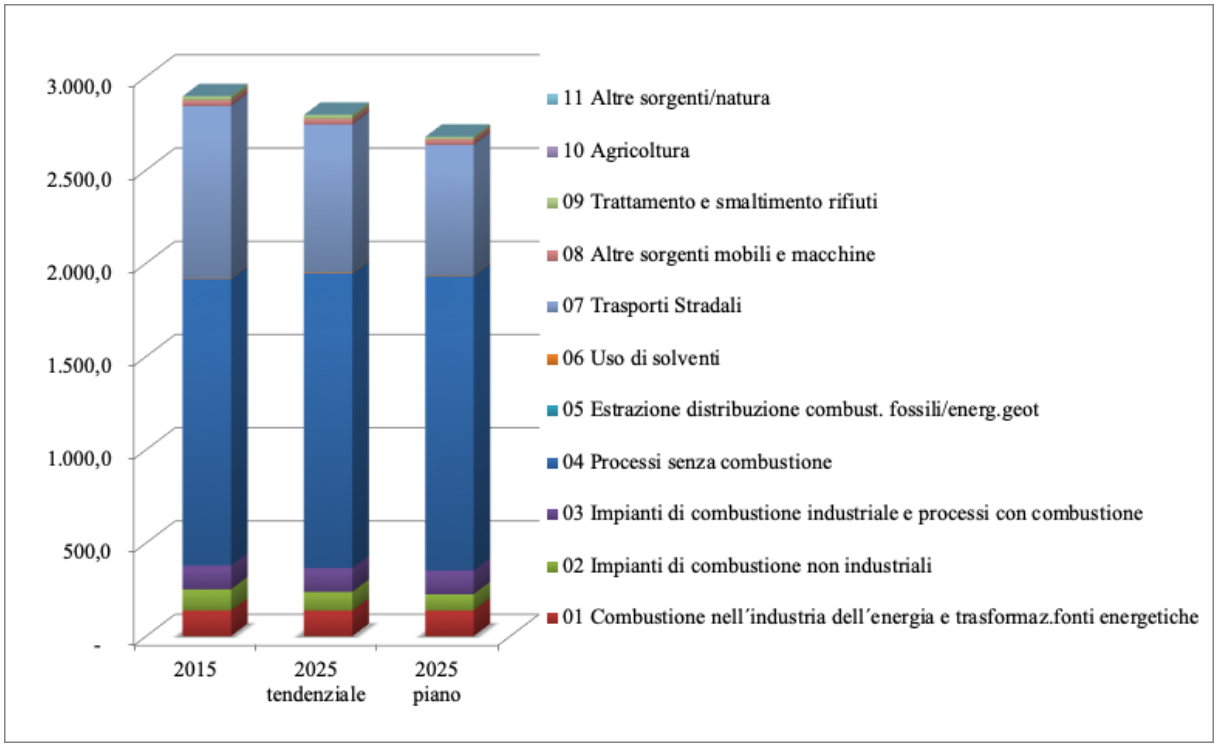

Figura 85 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Terni

6.1.1.2 Comune di Narni

In Figura 86 è riassunto, per il **comune di Narni**, l'andamento delle emissioni totali per alle particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}), distintamente per macrosettore, nello scenario di piano per il 2025 confrontate con le emissioni al 2025 nello scenario tendenziale regionale e con le emissioni al 2015.

Sulla base dei risultati si può affermare che, per il comune di Narni, le emissioni di ***particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10})***, al 2025, diminuiscono complessivamente circa del 34% rispetto allo scenario tendenziale; la riduzione è guidata, dal settore degli ***Impianti di combustione non industriali***, con il 31% di riduzione sul totale delle emissioni comunali per gli interventi sulla combustione della legna; riduzioni minori sono attribuibili ai ***Trasporti stradali*** (con l'1% di riduzione), per gli interventi sul traffico, ed al settore del ***Trattamento e smaltimento rifiuti*** (con il 2% di riduzione) per gli interventi sulla combustione dei residui agricoli.

Le emissioni di ossidi di azoto (Figura 87), si riducono del 10% rispetto allo scenario tendenziale, essenzialmente per le misure sui ***Trasporti stradali***, con la riduzione delle emissioni del macrosettore che incide per l'8% della riduzione totale. Minore il contributo degli ***Impianti di combustione non industriali*** (con l'1% di riduzione) per gli interventi sulla legna e del settore del ***Trattamento e smaltimento rifiuti*** (con l'1% circa di riduzione) per gli interventi sulla combustione dei residui agricoli. Si deve notare che per il comune di Narni l'incidenza degli interventi sul totale delle emissioni è maggiore rispetto al comune di Terni a causa del contributo delle emissioni industriali, più rilevanti nel caso di Terni.

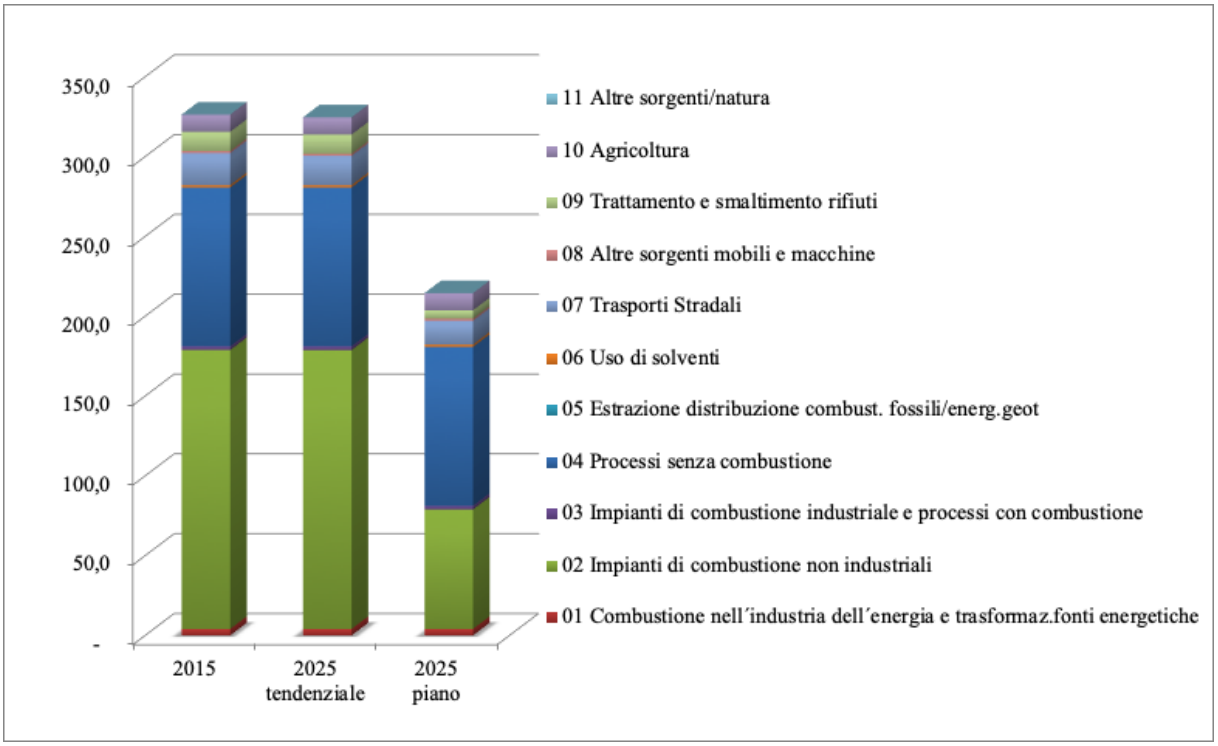

Figura 86 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Narni

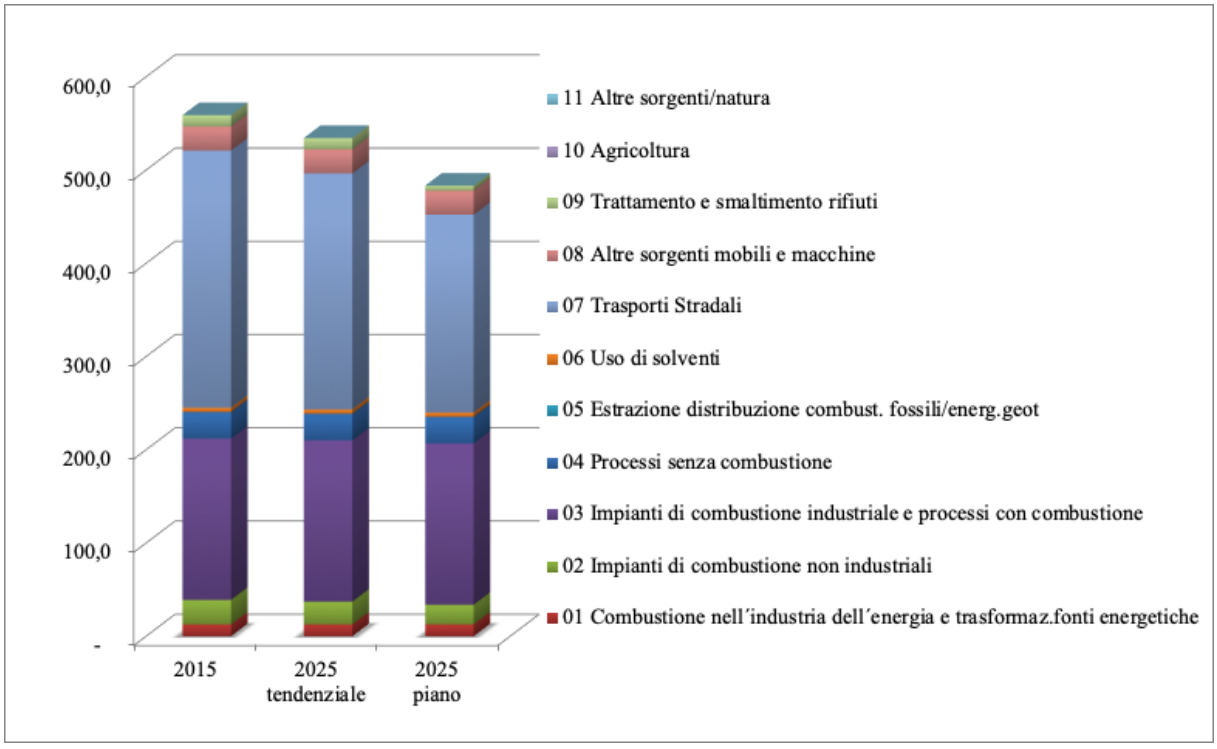

Figura 87 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Narni

6.1.1.3 Comune di Foligno

In Figura 87 è riassunto, per il **comune di Foligno**, l'andamento delle emissioni totali per le particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}), distintamente per macrosettore, nello scenario di piano per il 2025 confrontate con le emissioni al 2025 nello scenario tendenziale regionale e con le emissioni al 2015.

Sulla base dei risultati si può affermare che, per il comune di Foligno, le emissioni di ***particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10})***, al 2025, diminuiscono complessivamente quasi del 40% rispetto allo scenario tendenziale; la riduzione è dovuta, quasi esclusivamente, al settore degli ***Impianti di combustione non industriali***.

Le emissioni di ossidi di azoto sono sostanzialmente invariate (Figura 88), con il 2% di riduzione rispetto allo scenario tendenziale.

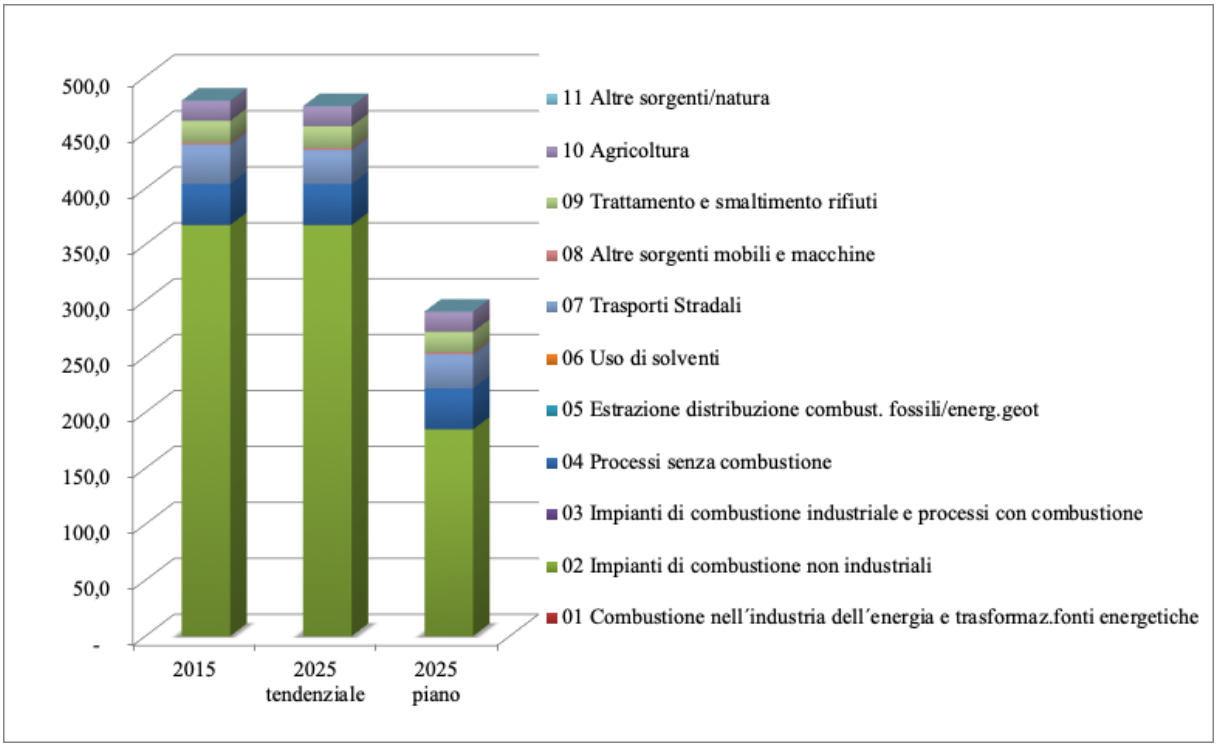

Figura 88 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Foligno

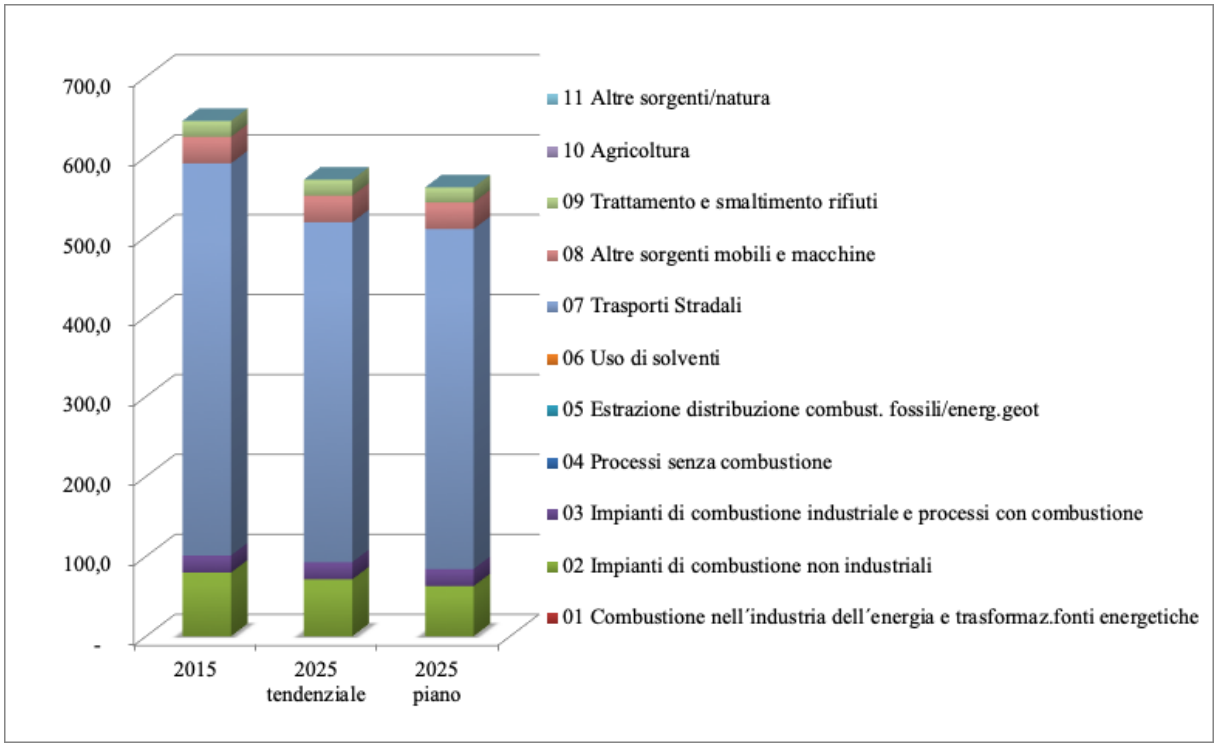

Figura 89 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Foligno

6.1.1.4 Comune di Citta di Castello

In Figura 90 è riassunto, per il **comune di Città di Castello**, l'andamento delle emissioni totali per le particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}), distintamente per macrosettore, nello scenario di piano per il 2025 confrontate con le emissioni al 2025 nello scenario tendenziale regionale e con le emissioni al 2015.

Sulla base dei risultati si può affermare che, per il comune di Città di Castello, le emissioni di ***particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10})***, al 2025, diminuiscono complessivamente del 33% rispetto allo scenario tendenziale; la riduzione è pressocché totalmente attribuibile al settore degli ***Impianti di combustione non industriali***, per gli interventi sulla combustione della legna.

Le emissioni di ossidi di azoto sono, anche in questo caso, sostanzialmente invariate (Figura 91), con l'1% di riduzione rispetto allo scenario tendenziale.

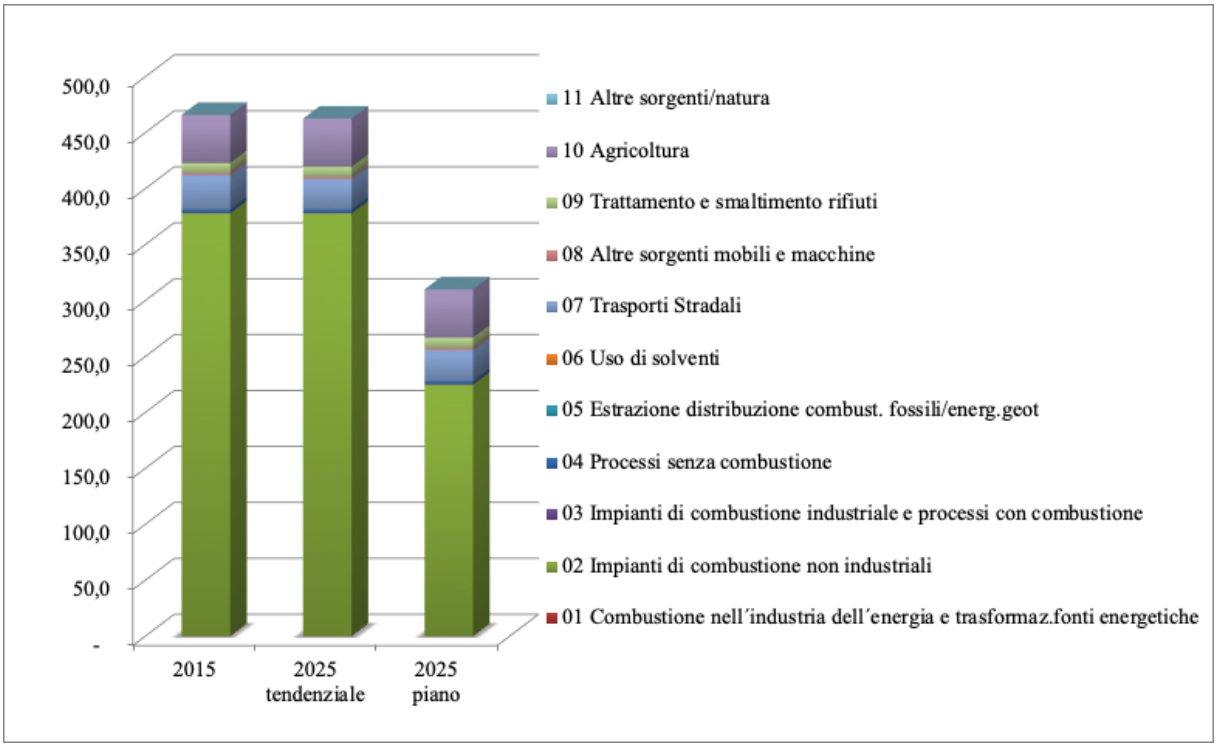

Figura 90 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di particelle con diametro inferiore a 10 micron (PM_{10}) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Città di Castello

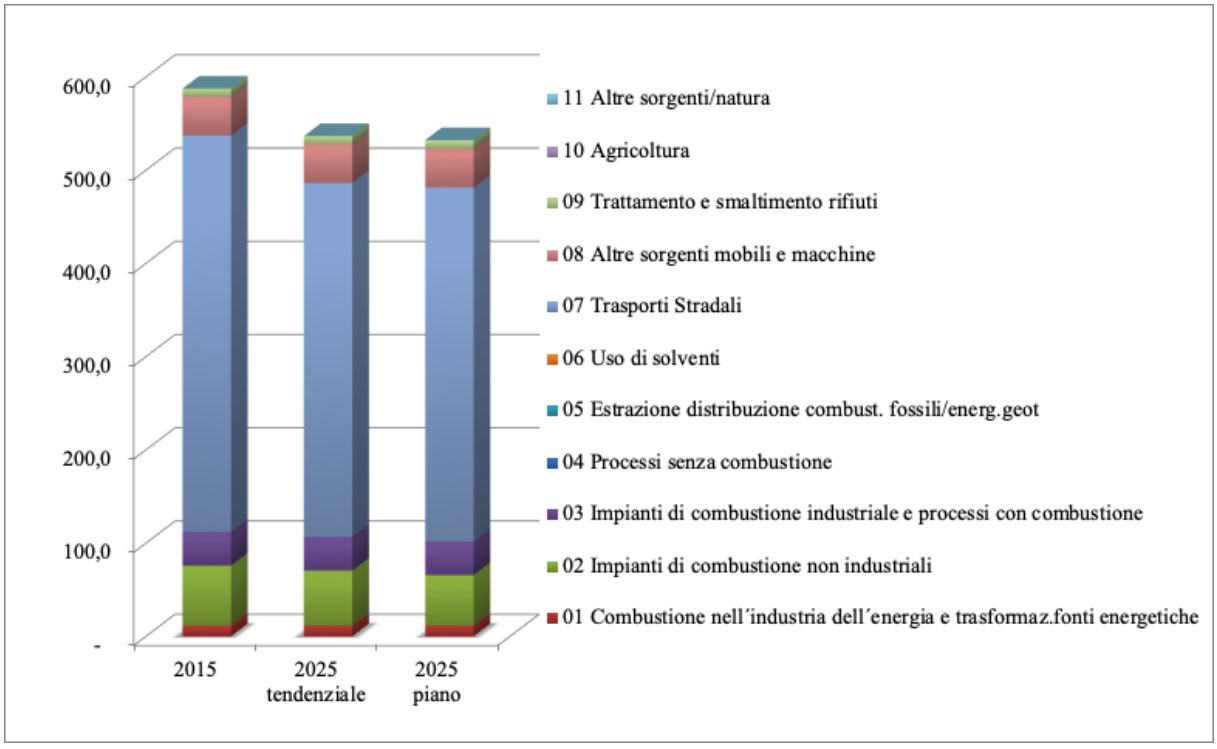

Figura 91 – Andamento delle emissioni totali (Mg) di ossidi di azoto (NO_x) negli scenari tendenziale regionale e di piano per il comune di Città di Castello

6.2 Valutazione qualità dell'aria nello scenario di piano e confronto con scenario tendenziale

6.2.1 Area critica conca ternana (Terni e Narni)

6.2.1.1 Particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron

In Figura 92 per lo scenario di piano, ed in Figura 93, per confronto, nello scenario tendenziale sono riportate le concentrazioni medie annuali di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere per l'area critica conca ternana.

Le concentrazioni massime sono di poco inferiori a 23 $\mu g/m^3$, al di sotto della soglia di valutazione superiore prevista per questo inquinante e con una riduzione massima del 21% circa rispetto allo scenario tendenziale. Le riduzioni maggiori sulle singole maglie (Figura 94) sono rilevate negli agglomerati urbani.

Relativamente ai superamenti del valore limite sulla media giornaliera del PM_{10} totale, si rileva come si ottenga il rispetto del limite su tutto il territorio (Figura 95) al contrario di quanto rilevato per lo scenario tendenziale (Figura 96).

6.2.1.2 Particelle sospese con diametro inferiore a 2,5 micron

Con riferimento al $PM_{2,5}$ nello scenario di piano le concentrazioni (Figura 97) si riducono in modo significativo rispetto allo scenario tendenziale (Figura 98) soprattutto in riferimento alle aree con concentrazioni maggiori, il valore massimo si riduce del 10% circa mentre la riduzione massima sulla singola maglia è di circa 5 $\mu g/m^3$ (Figura 99). La concentrazione massima sulla

singola maglia è poco superiore a 14 μg/m^3, al di sotto della soglia di valutazione superiore prevista per questo inquinante.

6.2.1.3 Biossido di azoto

In Figura 100 per lo scenario di piano ed in Figura 101, per confronto, nello scenario tendenziale sono riportate le concentrazioni medie annuali di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere per l'area critica conca ternana. Il confronto tra gli scenari mostra come le misure proposte, portano ad un abbassamento del valore massimo delle concentrazioni di oltre il 14% con una riduzione dell'area con concentrazioni più elevate ed un massimo pari a circa 20 μg/m^3, al di sotto della soglia di valutazione inferiore prevista per questo inquinante; va sempre ricordato a questo riguardo che il modello utilizzato sottostima le concentrazioni massime poiché diluisce le emissioni su una maglia di un chilometro quadrato e dunque non tiene conto degli effetti a lato delle strade. Le riduzioni sulle singole maglie sono riportate in Figura 102. Le riduzioni maggiori sono rilevate negli agglomerati urbani.

6.2.1.4 Ozono

In Figura 103 per lo scenario di piano ed in Figura 104, per confronto, nello scenario tendenziale sono riportate le concentrazioni medie annuali di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere per l'area critica conca ternana. Il confronto tra gli scenari mostra come le misure proposte, portano ad un moderato aumento delle concentrazioni in area urbana, a causa del ridotto apporto degli ossidi di azoto come elemento limitante, ed una generalizzata riduzione in area rurale (Figura 102).

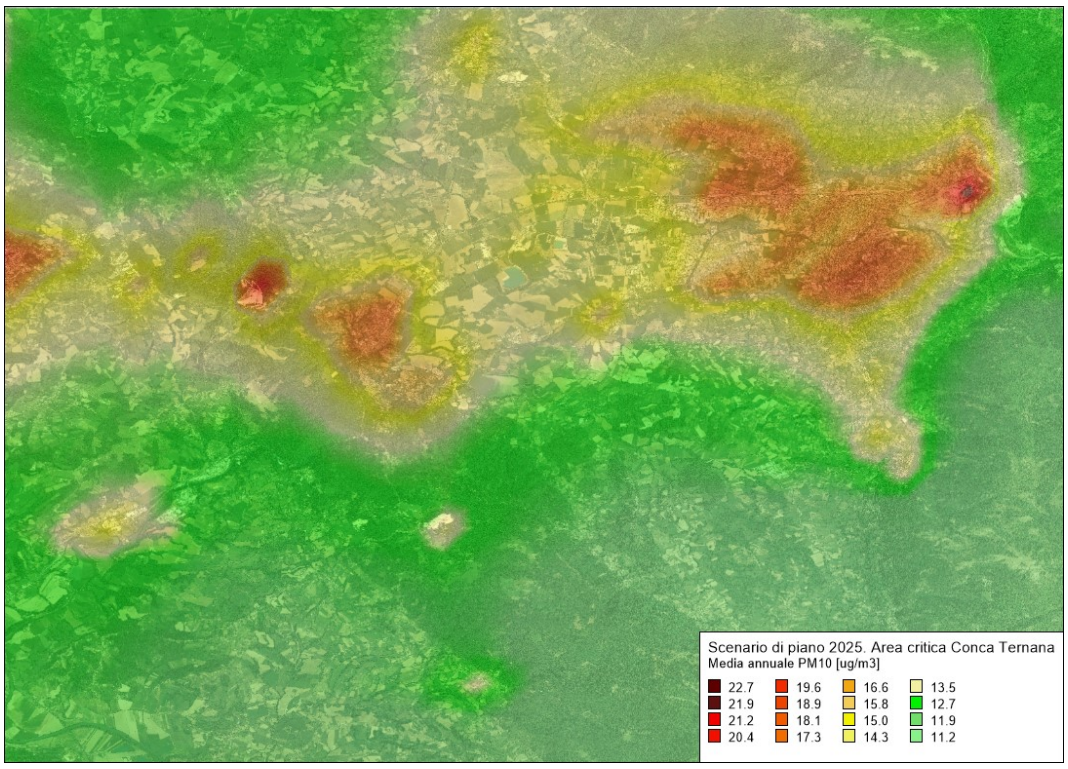

Figura 92 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere (μg/m^3) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica conca ternana

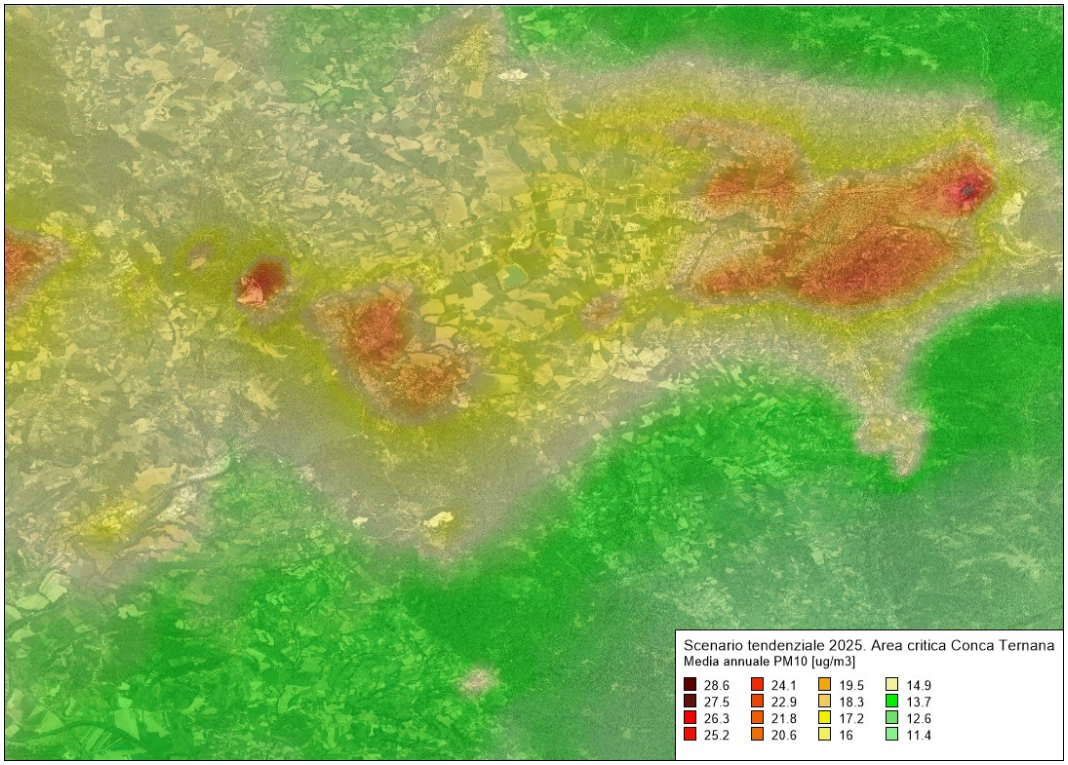

Figura 93 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana

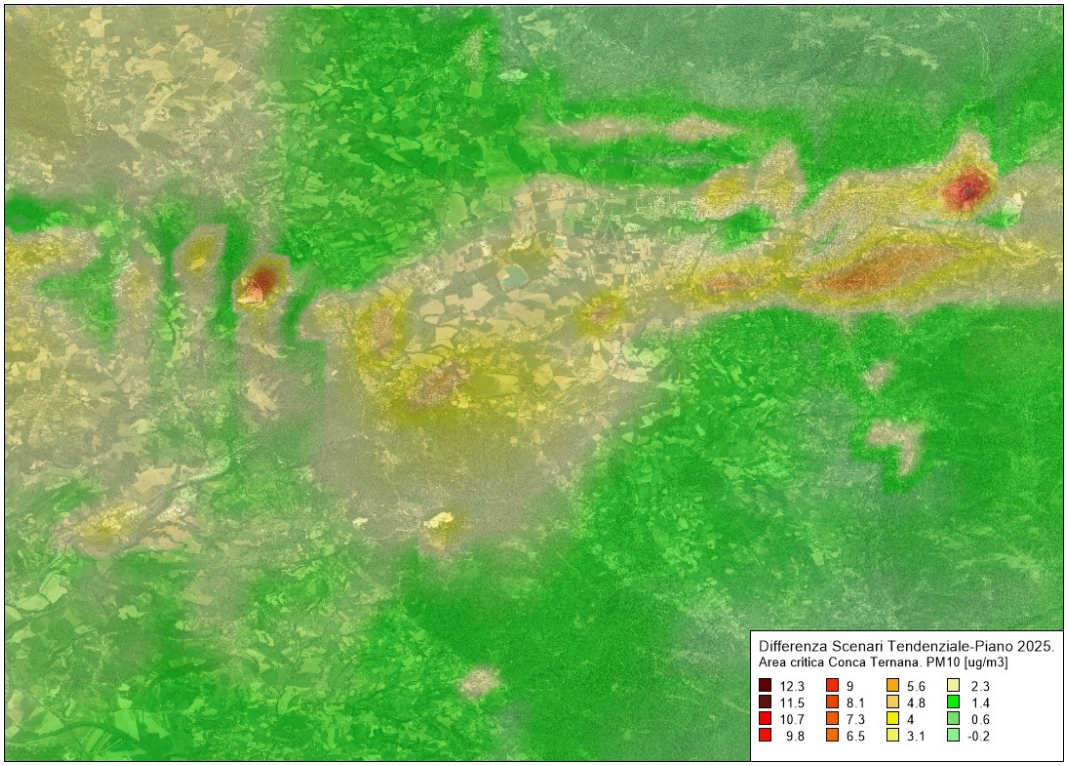

Figura 94 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana

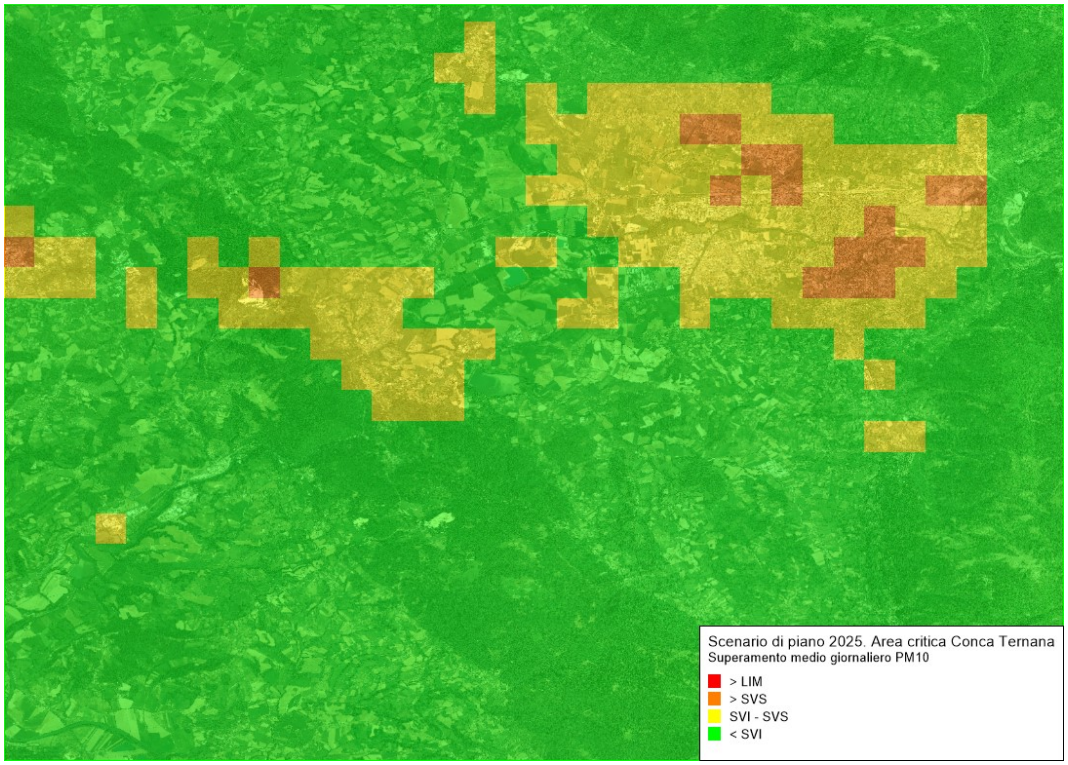

Figura 95 – Superamenti della media giornaliera delle concentrazioni di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica conca ternana

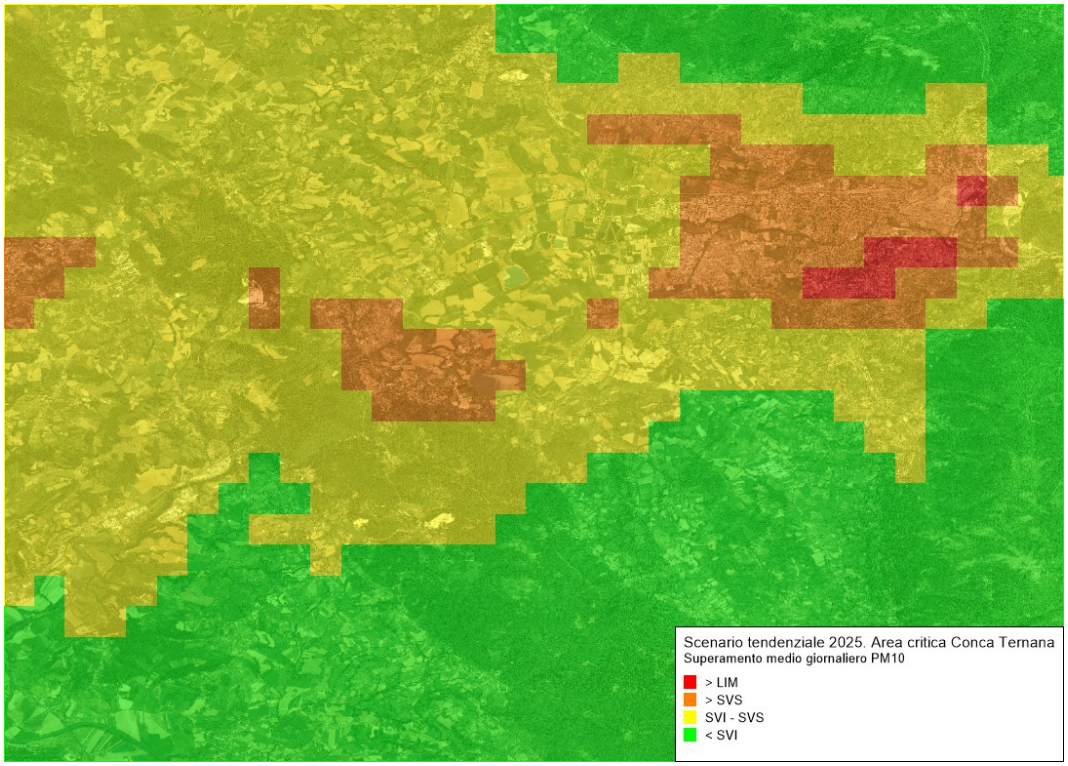

Figura 96 – Superamenti della media giornaliera di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana

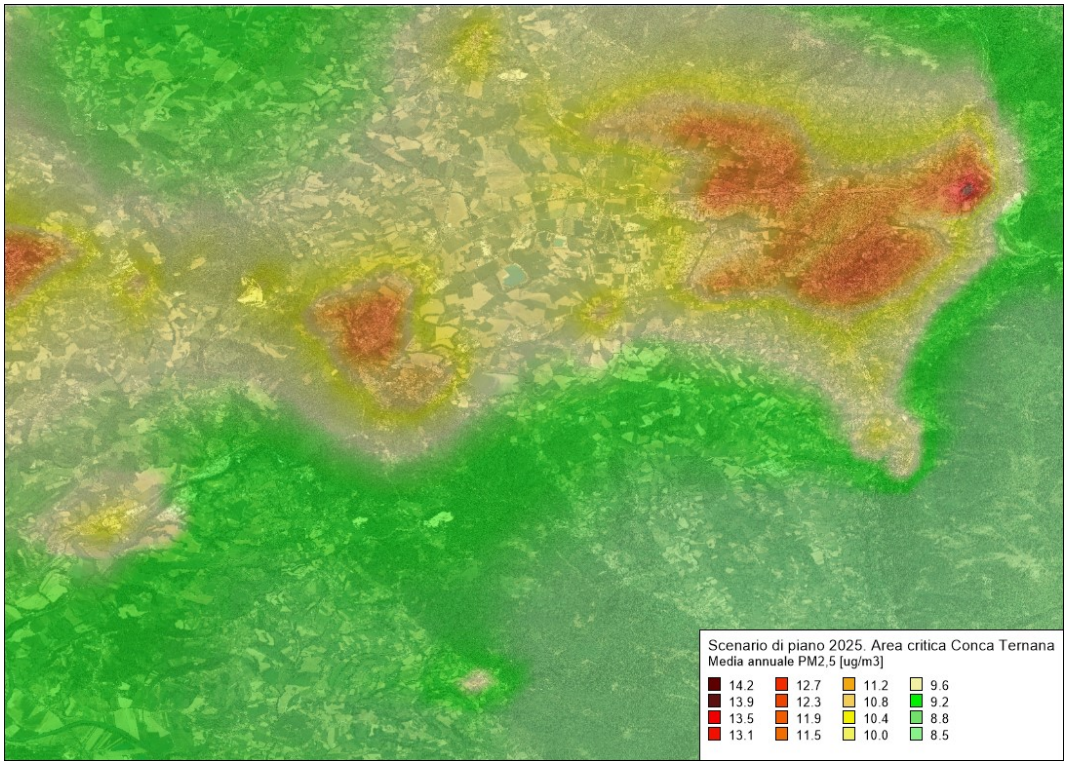

Figura 97 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica conca ternana

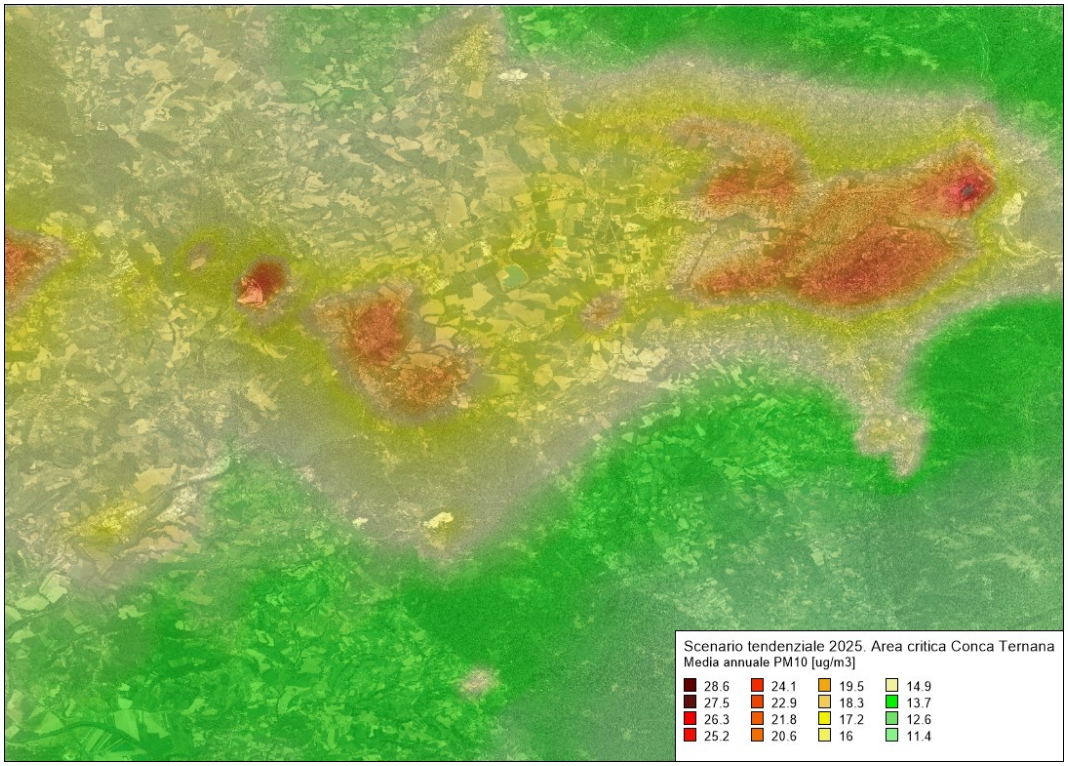

Figura 98 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana

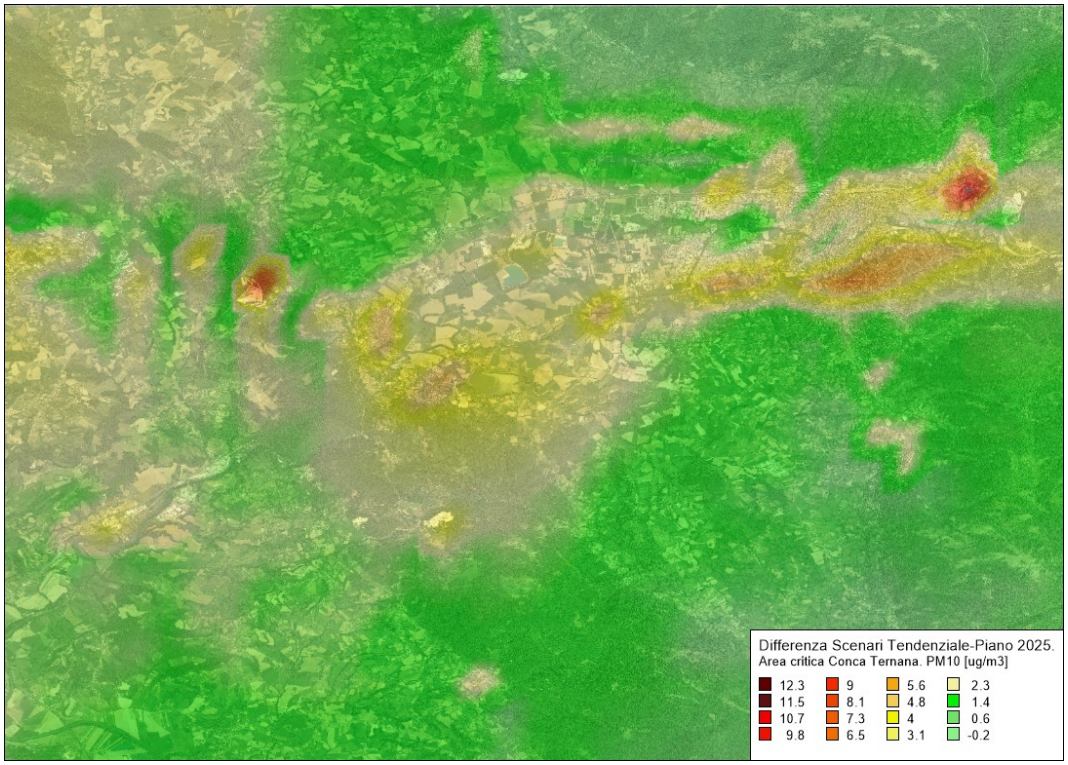

Figura 99 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana

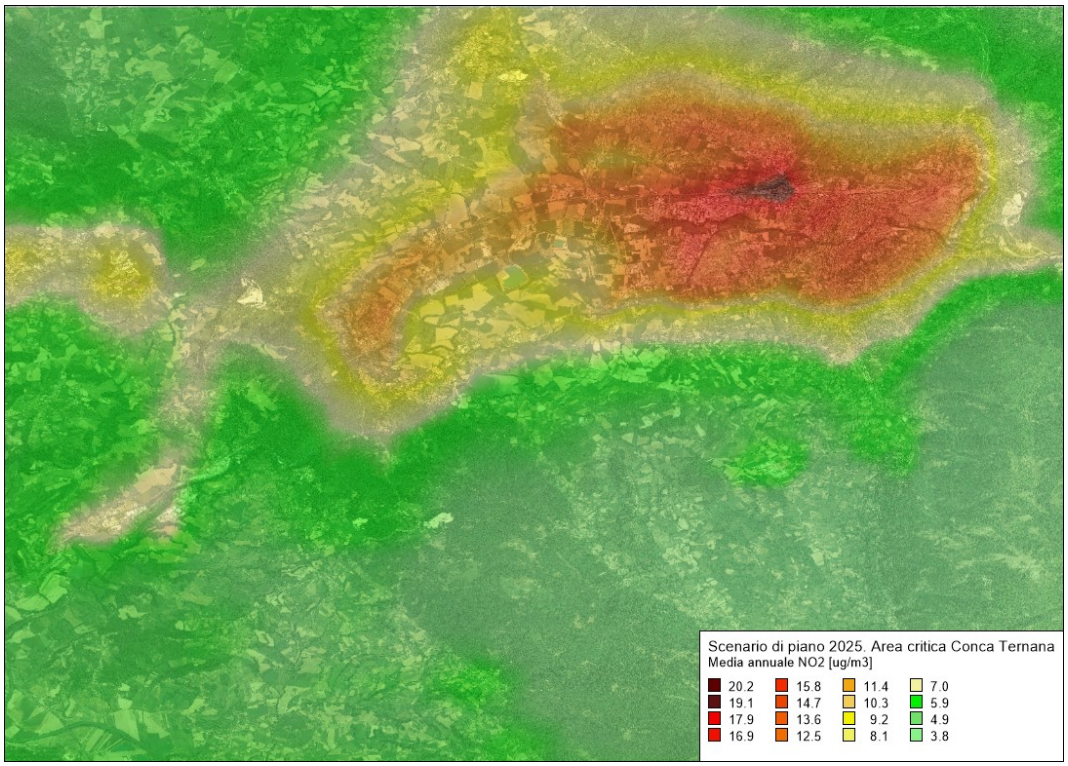

Figura 100 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica conca ternana

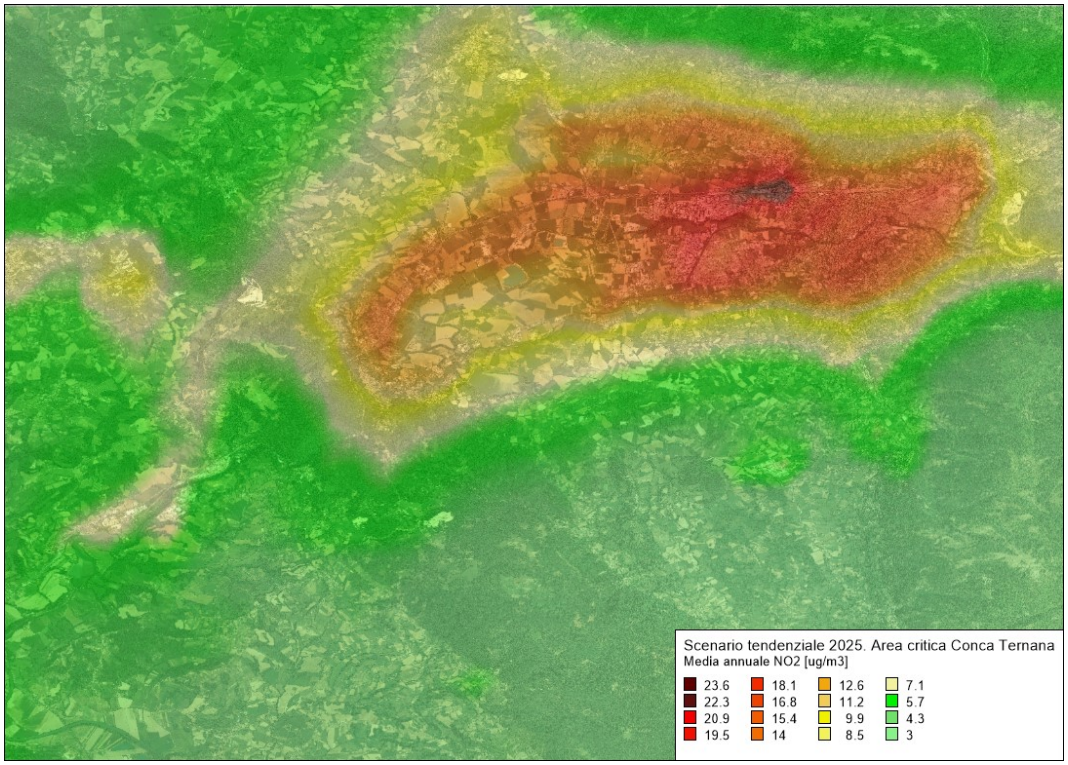

Figura 101 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana

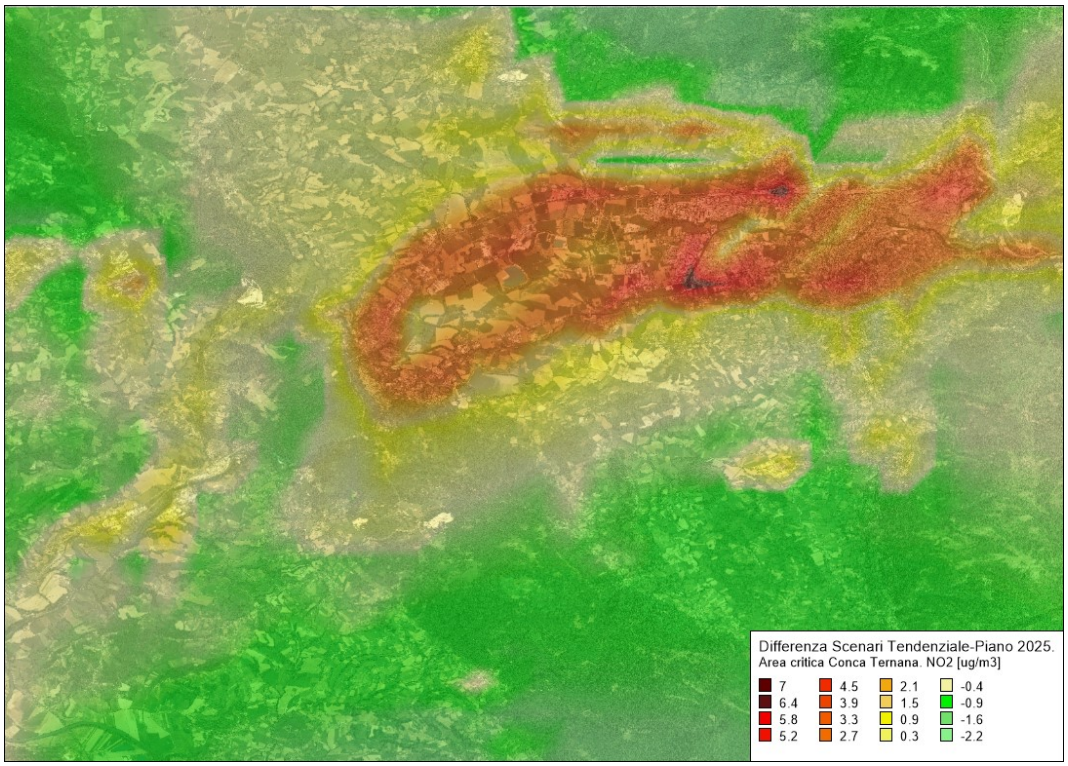

Figura 102 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto NO_2 valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana

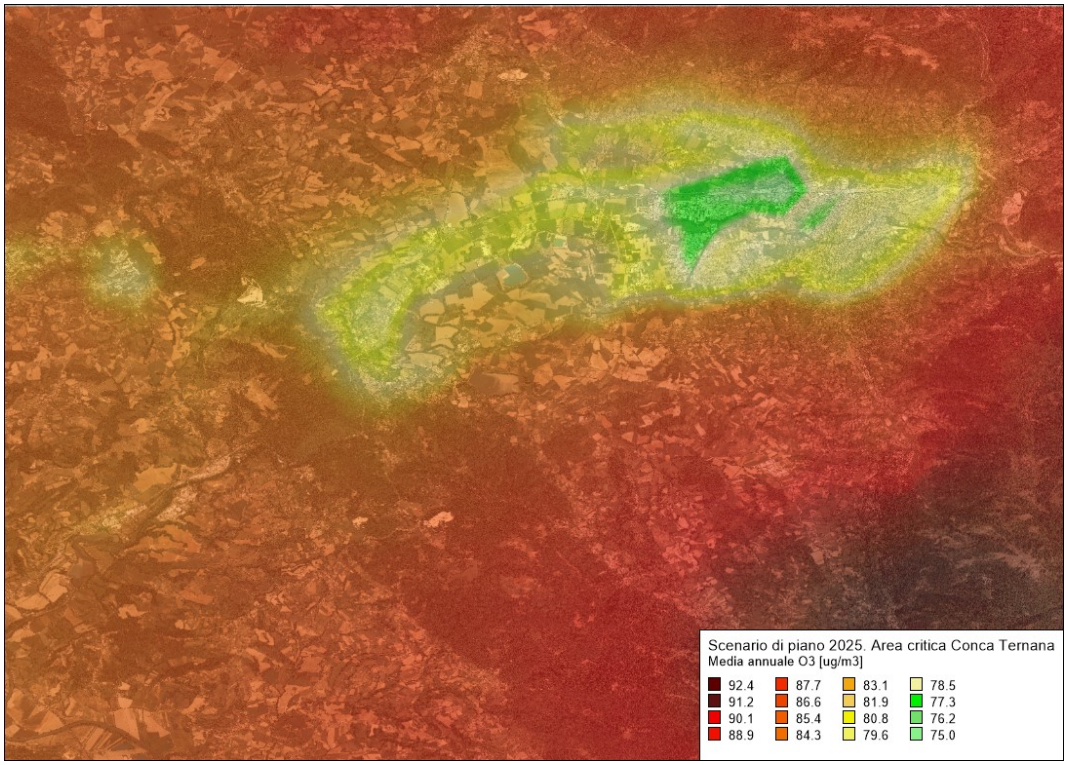

Figura 103 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica conca ternana

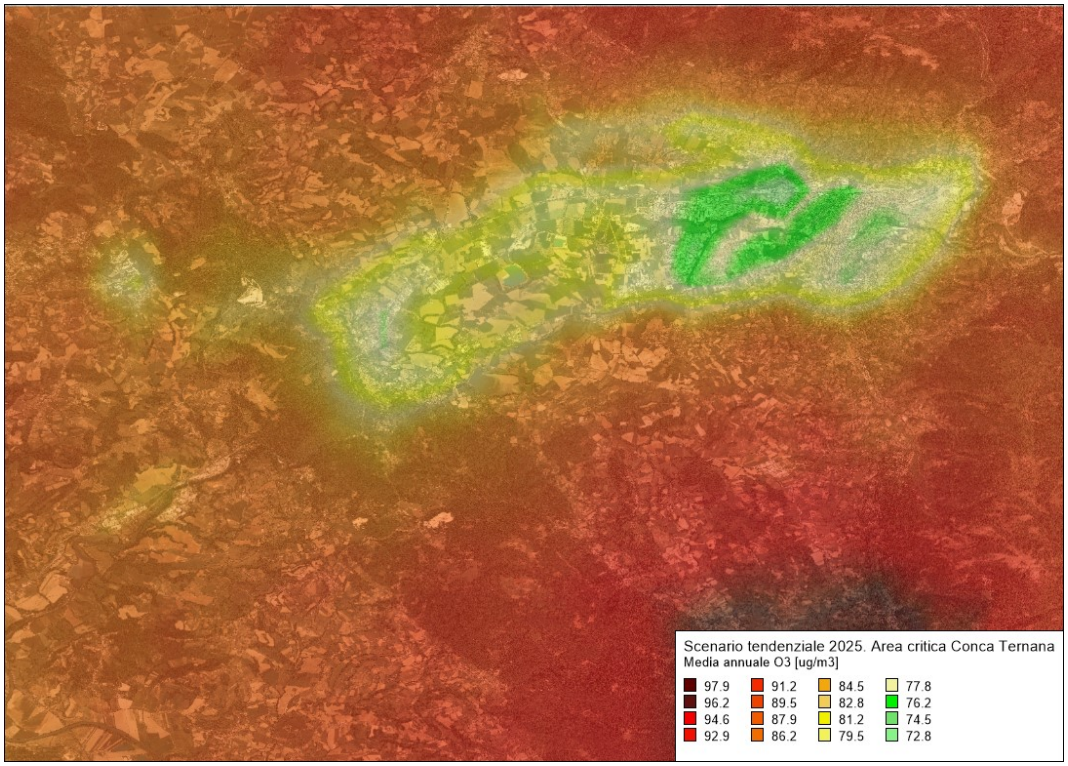

Figura 104 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana

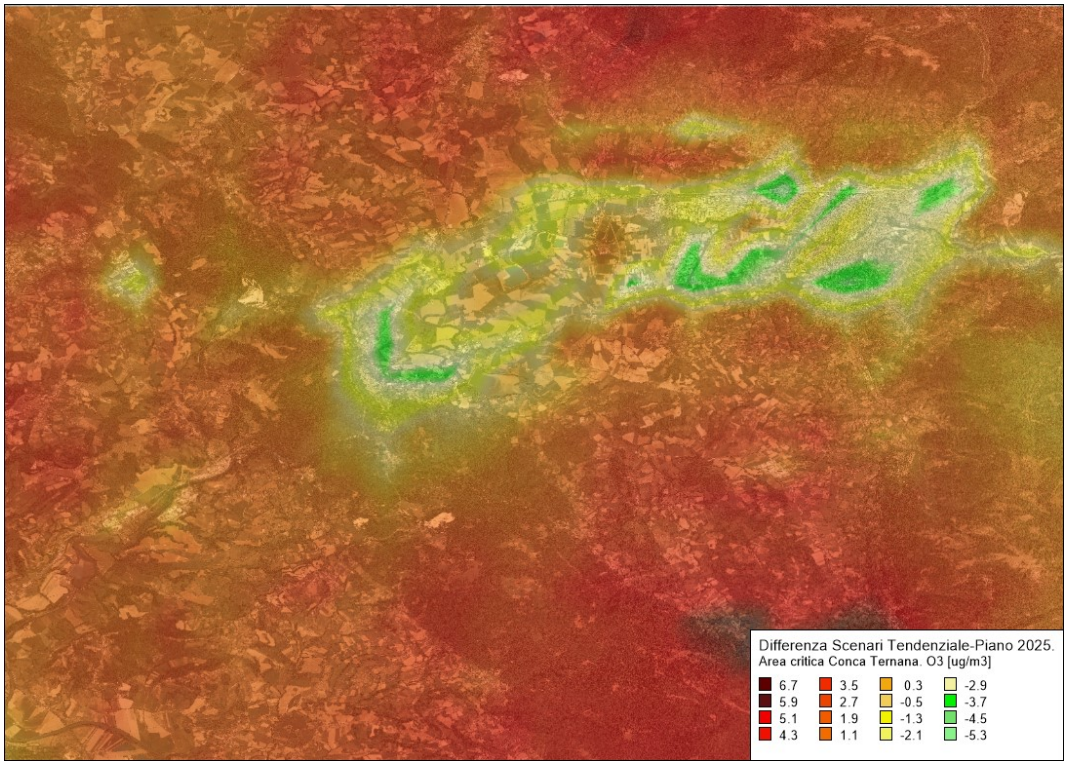

Figura 105 – Variazione nella media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica conca ternana

6.2.2 Area critica Perugia e Marsciano

6.2.2.1 Particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron

In Figura 106 per lo scenario di piano ed in Figura 107 per confronto, nello scenario tendenziale sono riportate le concentrazioni medie annuali di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere per l'area critica Perugia-Marsciano.

Le concentrazioni massime sono di poco inferiori a 24 $\mu g/m^3$, al di sotto della soglia di valutazione superiore prevista per questo inquinante e con una riduzione massima del 17% circa rispetto allo scenario tendenziale. Le riduzioni maggiori sulle singole maglie (Figura 108) sono rilevate negli agglomerati urbani.

Relativamente ai superamenti del valore limite sulla media giornaliera del PM_{10} totale, si rileva una generalizzata riduzione ed il raggiungimento del rispetto del limite su tutto il territorio (Figura 109) al contrario di quanto rilevato per lo scenario tendenziale (Figura 110).

6.2.2.2 Particelle sospese con diametro inferiore a 2,5 micron

Con riferimento al $PM_{2,5}$, nello scenario di piano le concentrazioni (Figura 111) si riducono in modo significativo rispetto allo scenario tendenziale (Figura 112) soprattutto in riferimento alle aree con concentrazioni maggiori, il valore massimo si riduce del 19% circa mentre la riduzione massima sulla singola maglia è di circa 5 $\mu g/m^3$ (Figura 113). La concentrazione massima sulla singola maglia è poco superiore a 14 $\mu g/m^3$, al di sotto della soglia di valutazione superiore prevista per questo inquinante.

6.2.2.3 ***Biossido di azoto***

In Figura 114 per lo scenario di piano ed in Figura 115, per confronto, nello scenario tendenziale sono riportate le concentrazioni medie annuali di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere per l'area critica Perugia-Marsciano. Il confronto tra gli scenari mostra come le misure proposte, portano ad un abbassamento del valore massimo delle concentrazioni di oltre il 15% con una riduzione dell'area con concentrazioni più elevate ed un massimo pari a circa 13 µg/m^3, al di sotto della soglia di valutazione inferiore prevista per questo inquinante; va sempre ricordato a questo riguardo che il modello utilizzato sottostima le concentrazioni massime poiché diluisce le emissioni su una maglia di un chilometro quadrato e dunque non tiene conto degli effetti a lato delle strade. Le riduzioni sulle singole maglie sono riportate in Figura 116. Le riduzioni maggiori sono rilevate negli agglomerati urbani.

6.2.2.4 ***Ozono***

In Figura 117 per lo scenario di piano ed in Figura 118, per confronto, nello scenario tendenziale sono riportate le concentrazioni medie annuali di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere per l'area critica Perugia-Marsciano. Il confronto tra gli scenari mostra come le misure proposte, portano ad un aumento delle concentrazioni in area urbana, a causa del ridotto apporto degli ossidi di azoto come elemento limitante, ed una generalizzata riduzione in area rurale (Figura 119).

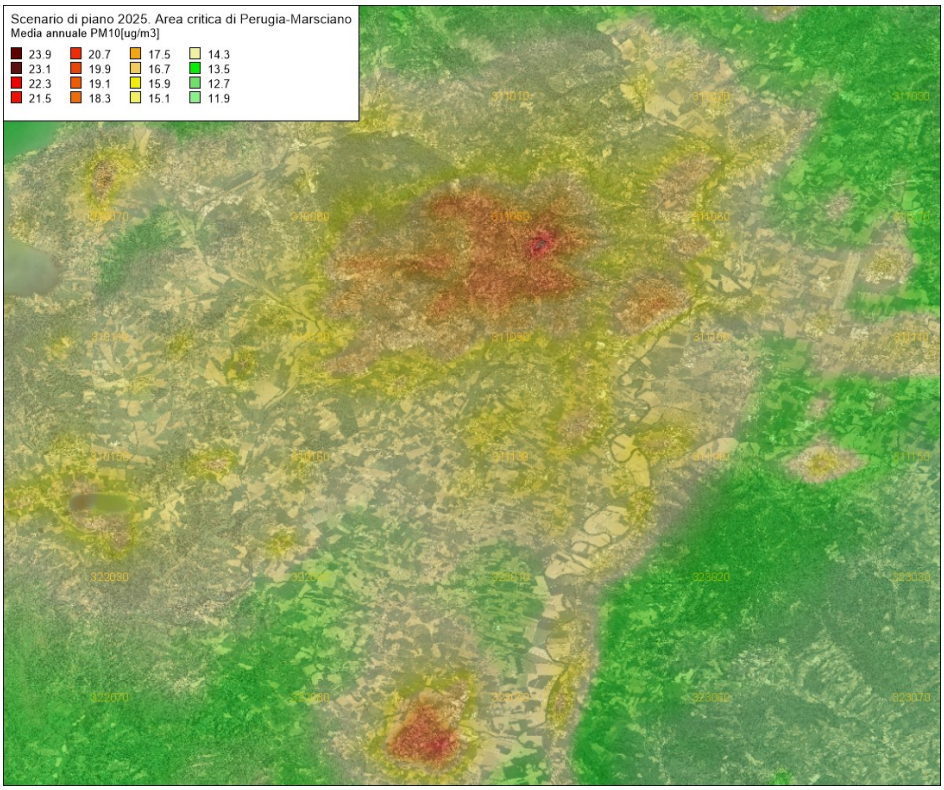

Figura 106 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere (µg/m^3) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Perugia e Marsciano

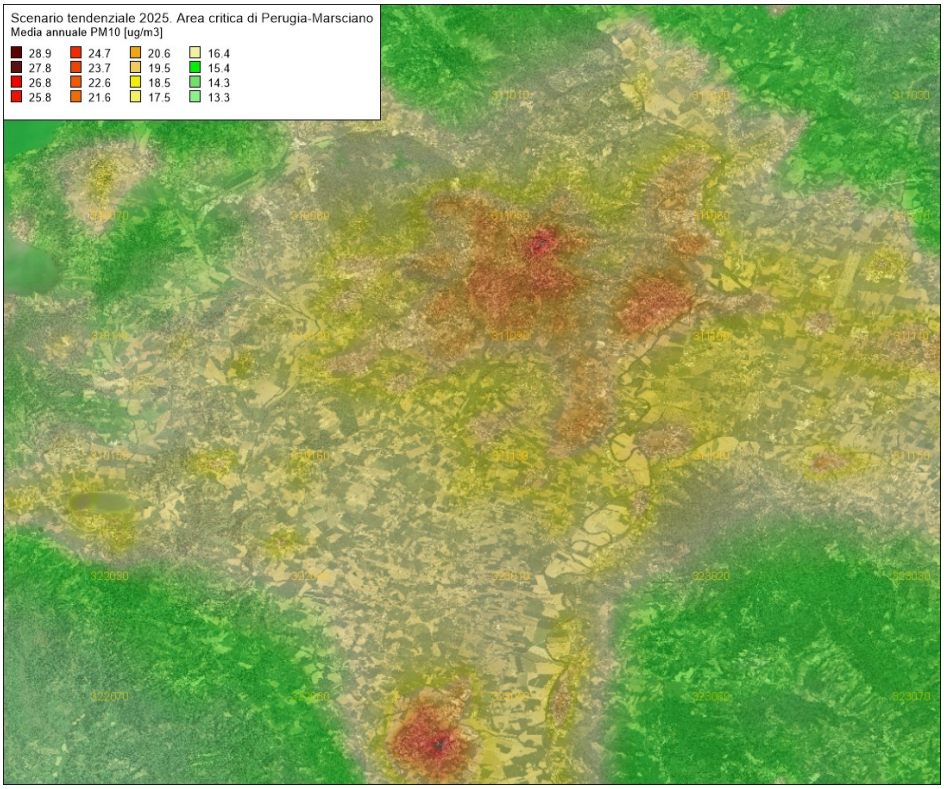

Figura 107 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale l'area critica Perugia e Marsciano

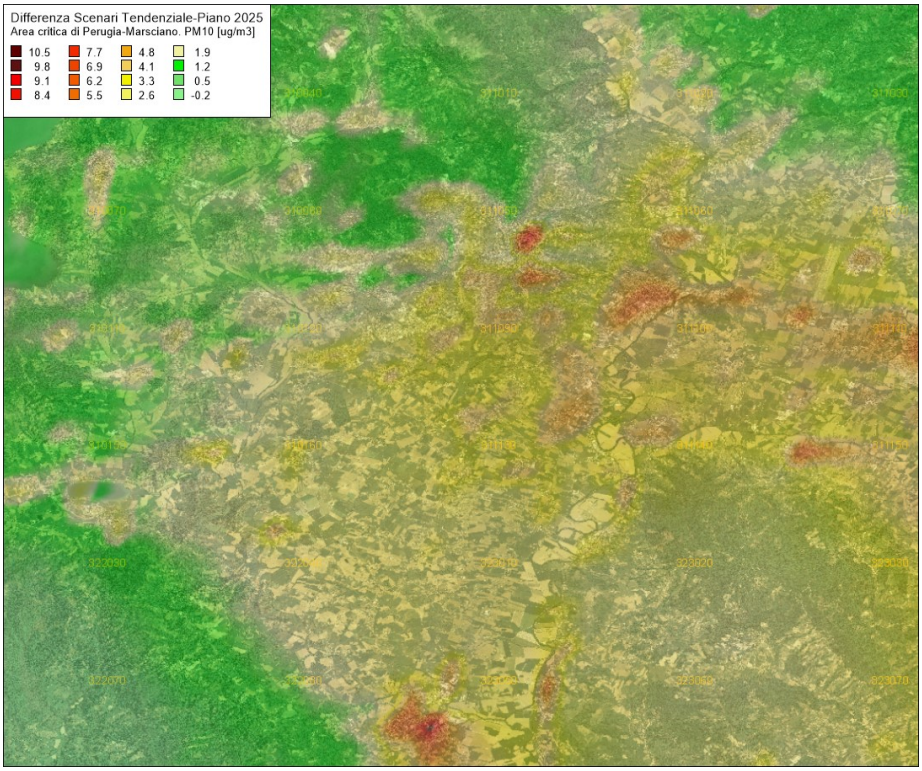

Figura 108 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano

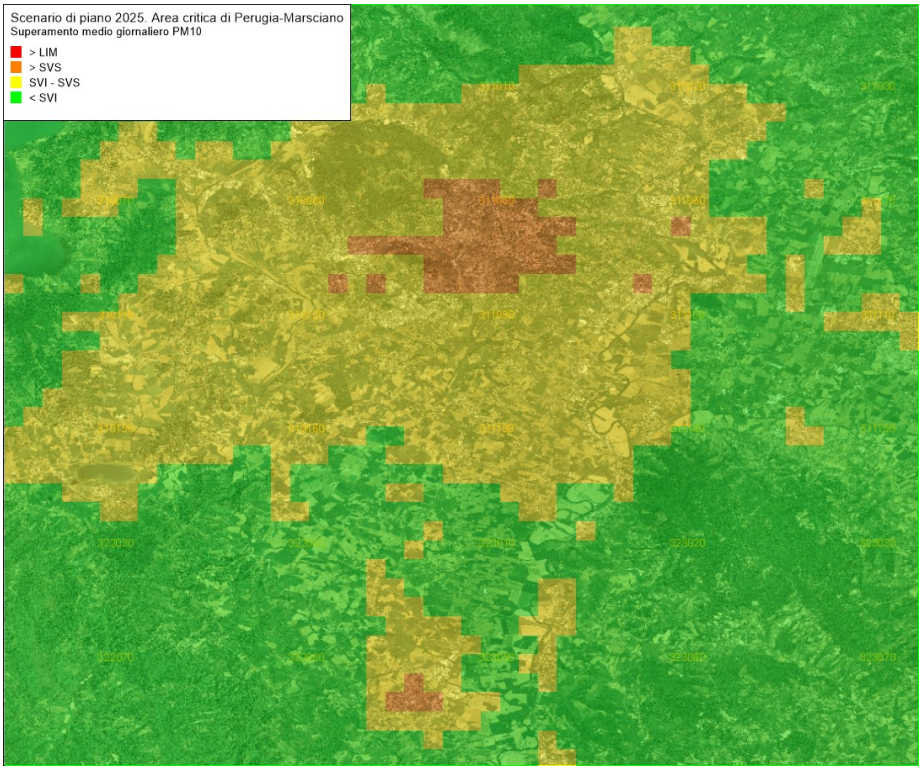

Figura 109 – Superamenti della media giornaliera delle concentrazioni di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Perugia e Marsciano

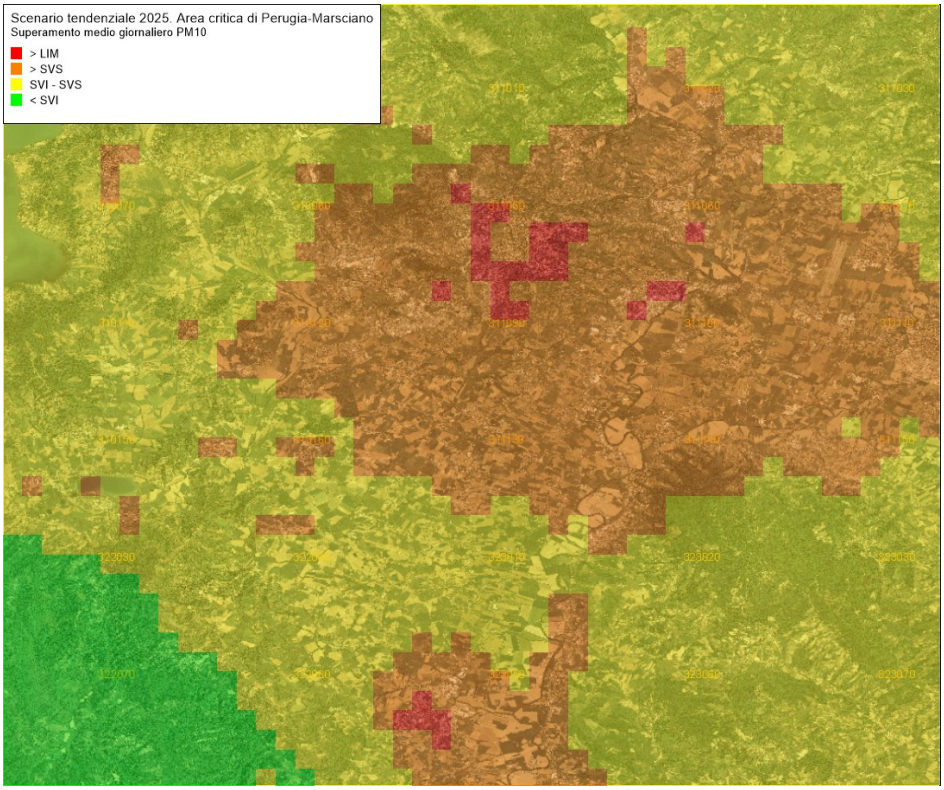

Figura 110 – Superamenti della media giornaliera di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano

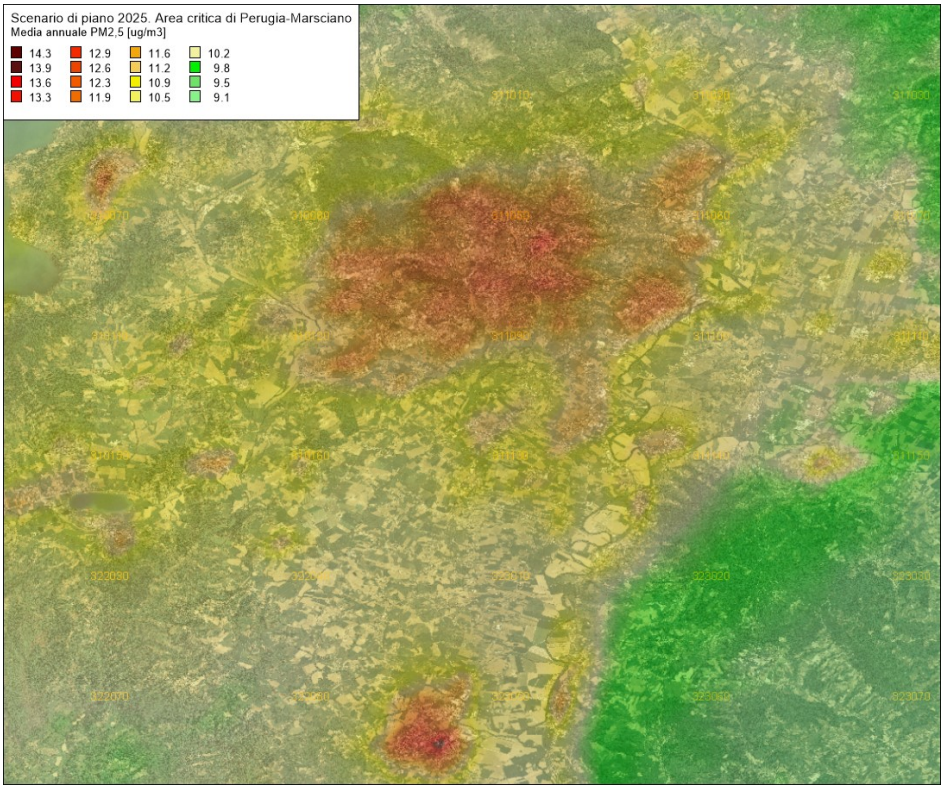

Figura 111 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Perugia e Marsciano

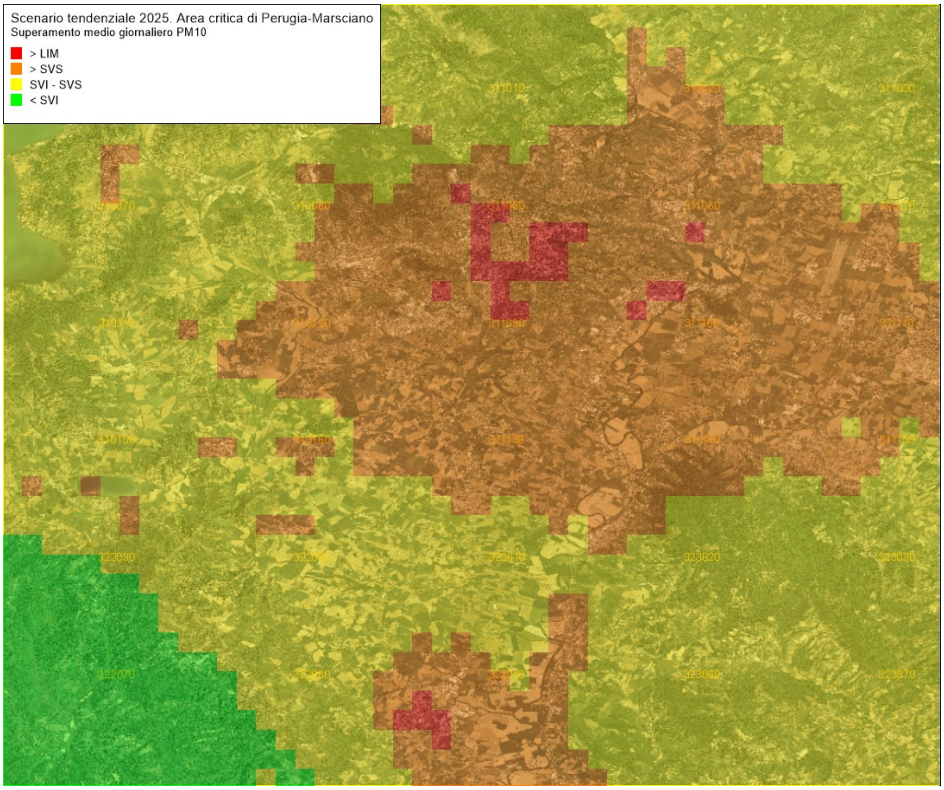

Figura 112 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano

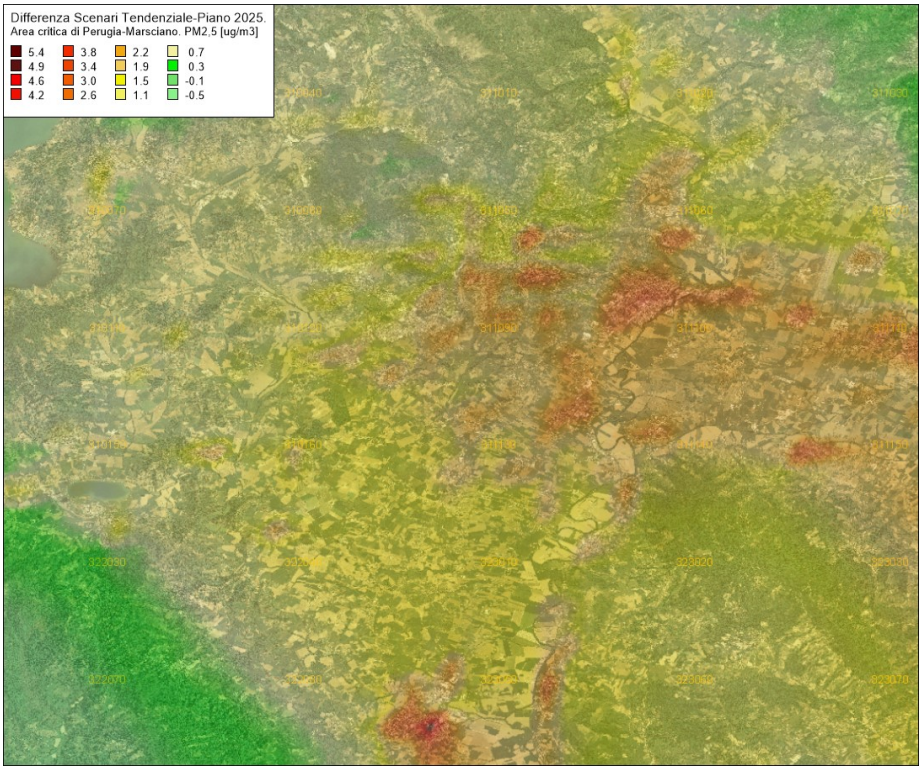

Figura 113 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano

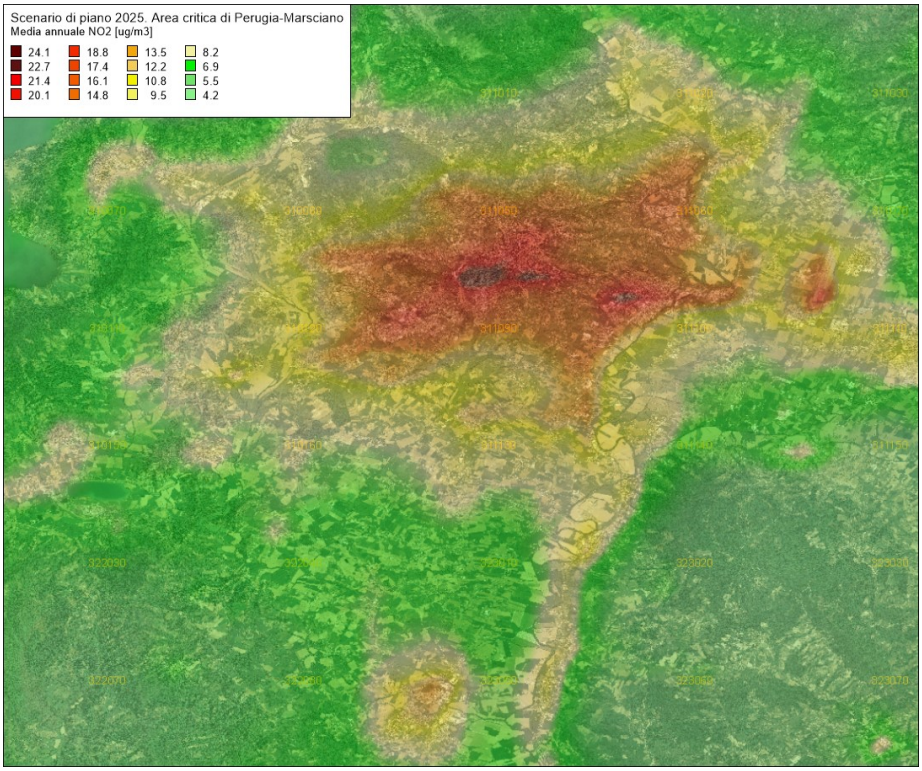

Figura 114 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Perugia e Marsciano

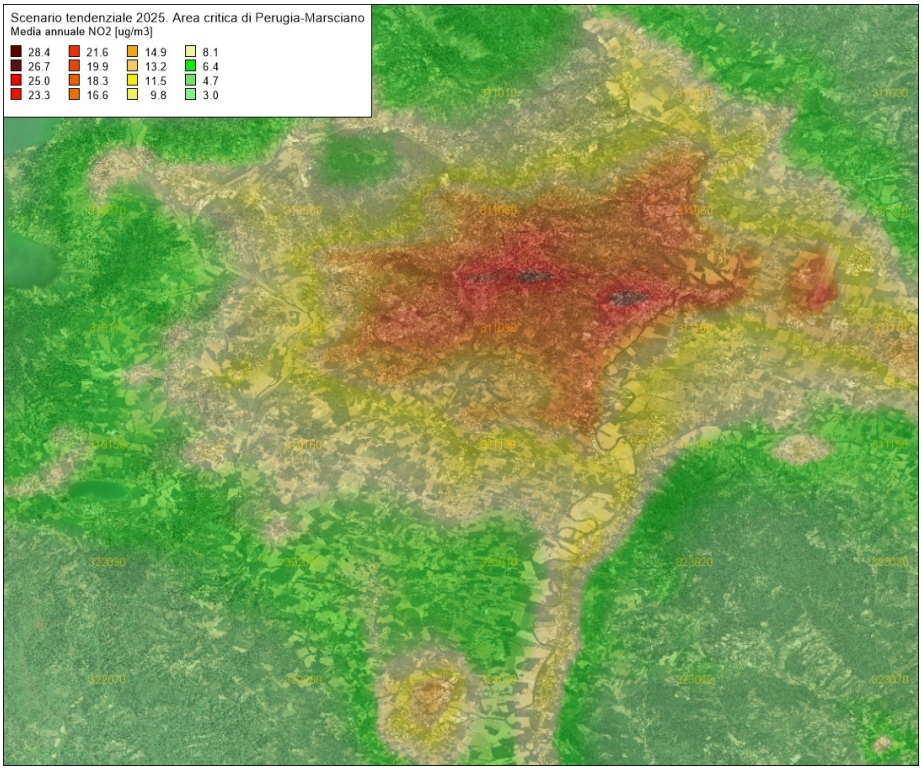

Figura 115 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale l'area critica Perugia e Marsciano

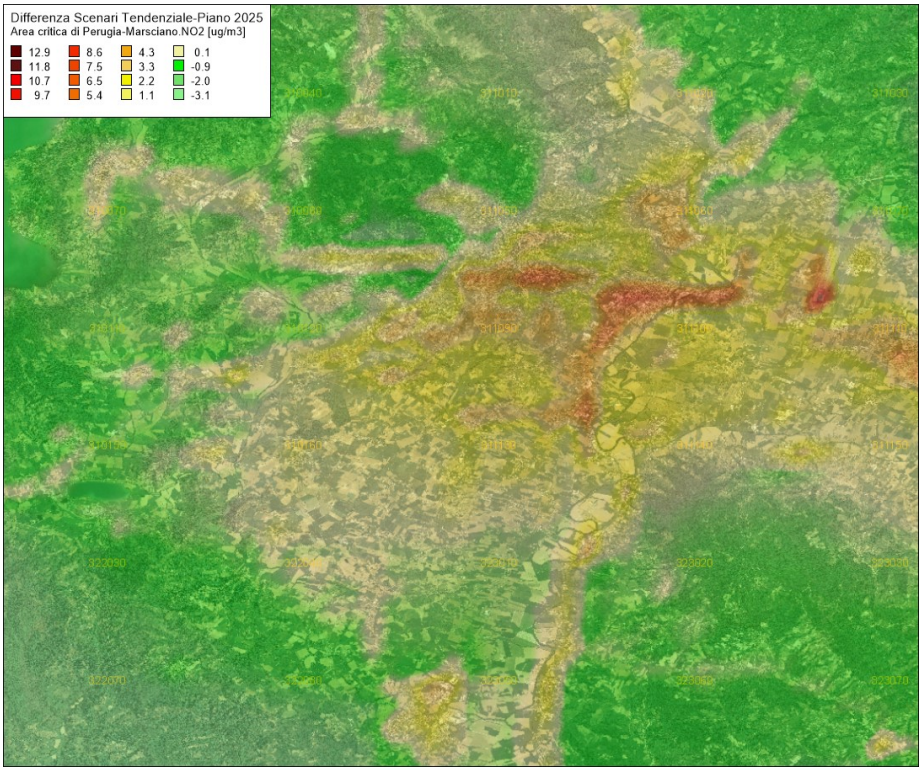

Figura 116 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto NO_2 valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano

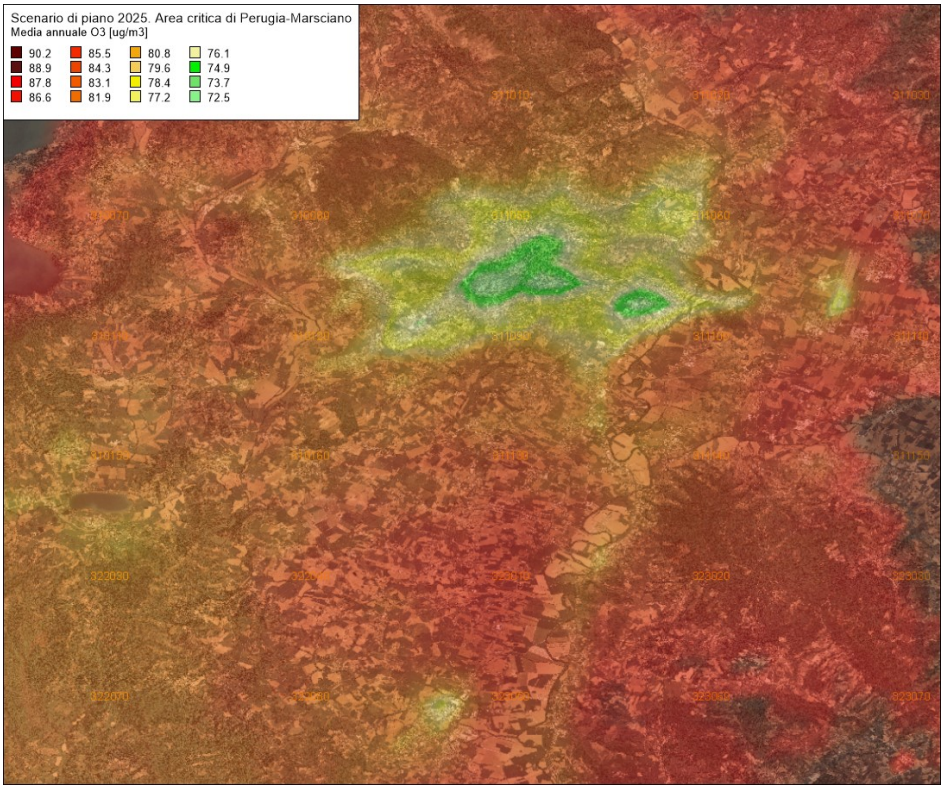

Figura 117 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Perugia e Marsciano

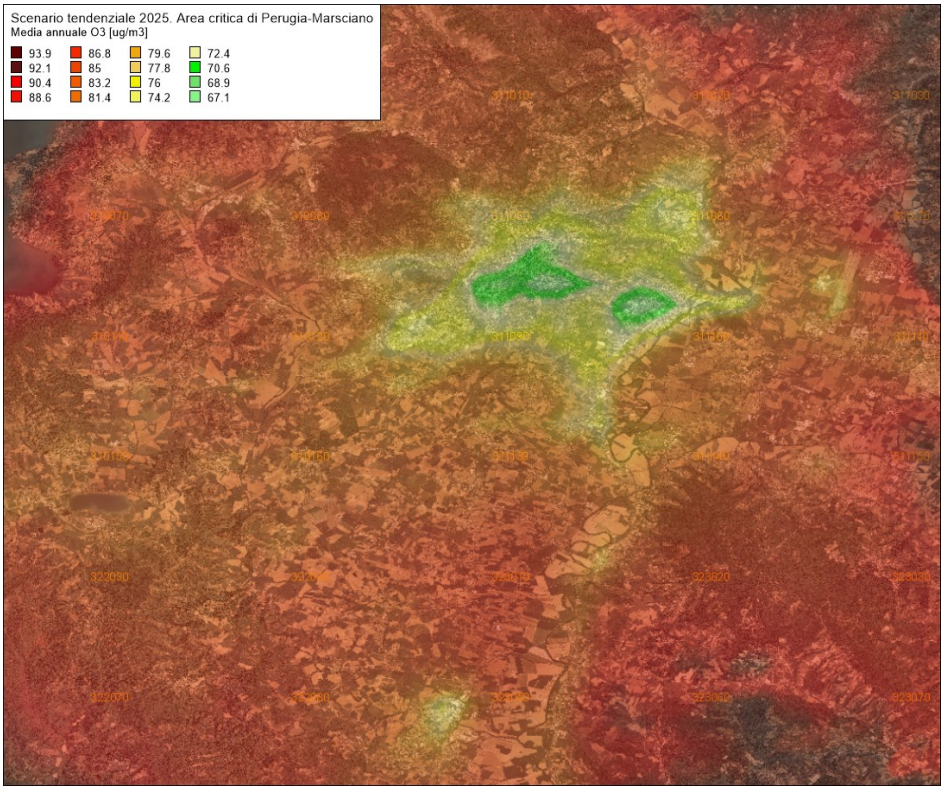

Figura 118 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano

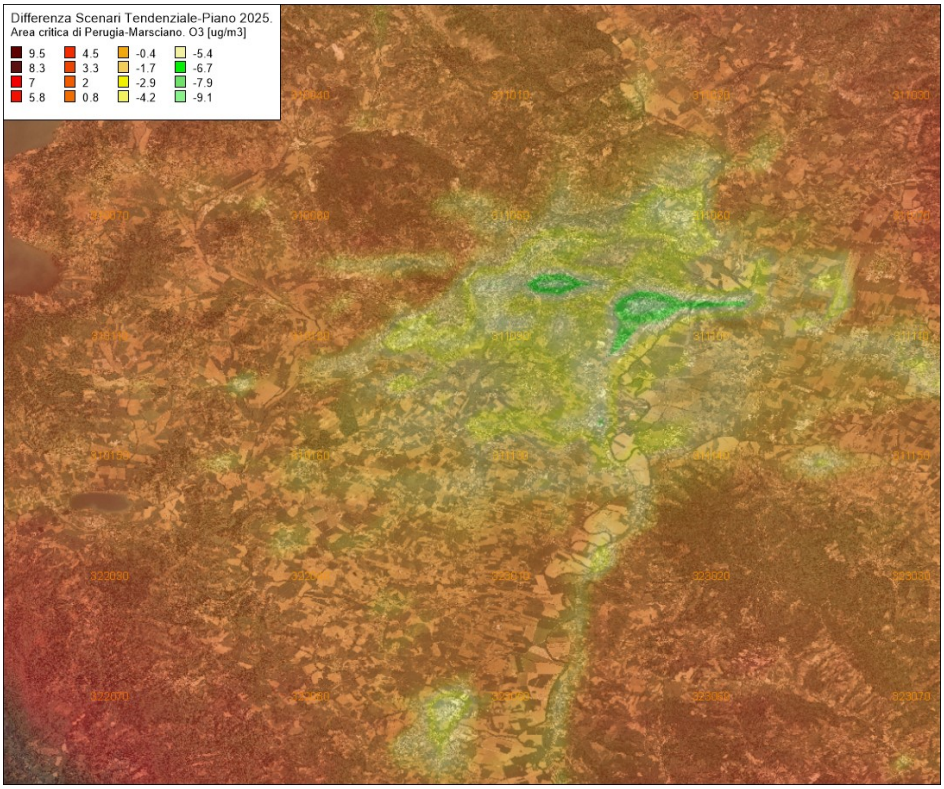

Figura 119 – Variazione nella media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Perugia e Marsciano

6.2.3 Area critica Foligno

6.2.3.1 Particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron

In Figura 120 per lo scenario di piano ed in Figura 121 per confronto, nello scenario tendenziale sono riportate le concentrazioni medie annuali di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere per l'area critica di Foligno.

Le concentrazioni massime sono di poco superiori a 17 $\mu g/m^3$, al di sotto della soglia di valutazione inferiore prevista per questo inquinante e con una riduzione massima del 19% circa rispetto allo scenario tendenziale. Le riduzioni maggiori sulle singole maglie (Figura 122) sono rilevate negli agglomerati urbani.

Relativamente ai superamenti del valore limite sulla media giornaliera del PM_{10} totale, si rileva una generalizzata riduzione ed il raggiungimento del rispetto del limite su tutto il territorio (Figura 123) al contrario di quanto rilevato per lo scenario tendenziale (Figura 124).

6.2.3.2 Particelle sospese con diametro inferiore a 2,5 micron

Con riferimento al $PM_{2,5}$, nello scenario di piano le concentrazioni (Figura 125) si riducono in modo significativo rispetto allo scenario tendenziale (Figura 126) soprattutto in riferimento alle aree con concentrazioni maggiori, il valore massimo si riduce del 16% circa mentre la riduzione massima sulla singola maglia è di circa 5 $\mu g/m^3$ (Figura 127). La concentrazione massima sulla singola maglia è poco superiore a 11 $\mu g/m^3$, al di sotto della soglia di valutazione inferiore prevista per questo inquinante.

6.2.3.3 ***Biossido di azoto***

In Figura 128 per lo scenario di piano ed in Figura 129, per confronto, nello scenario tendenziale sono riportate le concentrazioni medie annuali di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere per l'area critica di Foligno. Il confronto tra gli scenari mostra come le misure proposte, portano ad un abbassamento del valore massimo delle concentrazioni di circa il 13% con una riduzione dell'area con concentrazioni più elevate ed un massimo pari a circa 13 $\mu g/m^3$, al di sotto della soglia di valutazione inferiore prevista per questo inquinante; va sempre ricordato a questo riguardo che il modello utilizzato sottostima le concentrazioni massime poiché diluisce le emissioni su una maglia di un chilometro quadrato e dunque non tiene conto degli effetti a lato delle strade. Le variazioni sulle singole maglie sono riportate in Figura 130. Le riduzioni maggiori sono rilevate negli agglomerati urbani mentre si assiste a moderati aumenti nelle aree rurali dove le concentrazioni rimangono comunque molto al di sotto del livello di valutazione inferiore.

6.2.3.4 ***Ozono***

In Figura 131 per lo scenario di piano ed in Figura 132, per confronto, nello scenario tendenziale sono riportate le concentrazioni medie annuali di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere per l'area critica di Foligno. Il confronto tra gli scenari mostra come le misure proposte, portano ad un aumento delle concentrazioni in area urbana, a causa del ridotto apporto degli ossidi di azoto come elemento limitante, ed una generalizzata riduzione in area rurale (Figura 133).

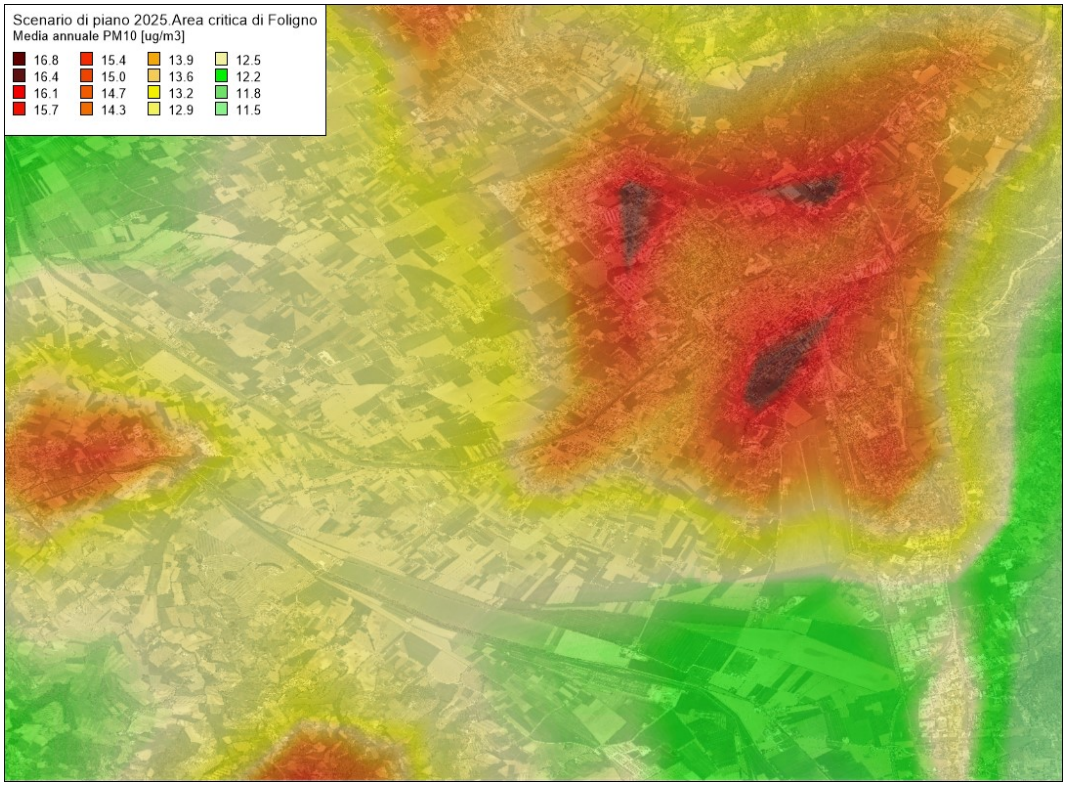

Figura 120 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Foligno

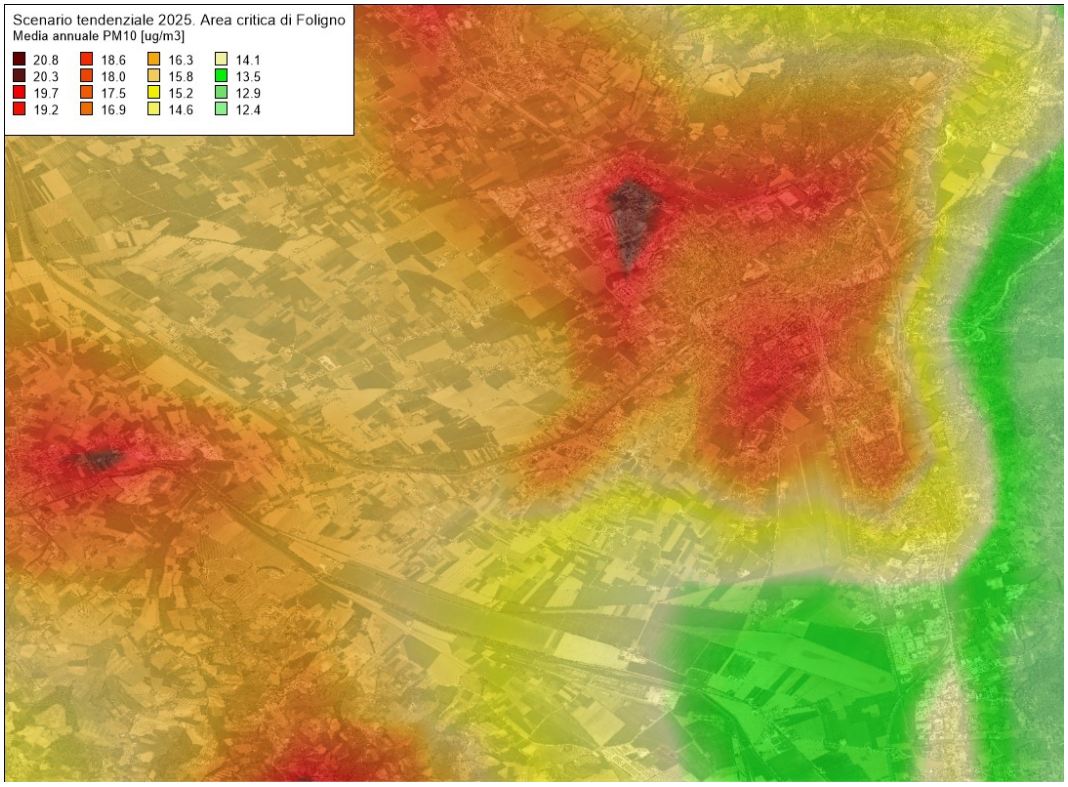

Figura 121 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno

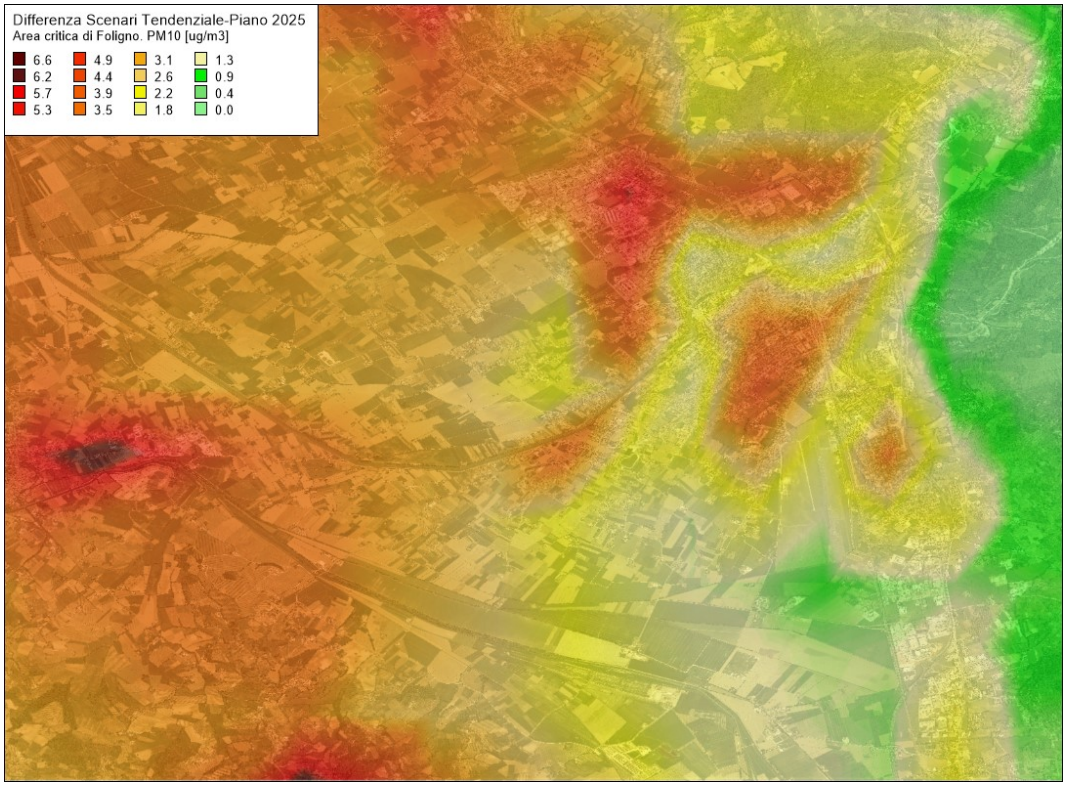

Figura 122 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno

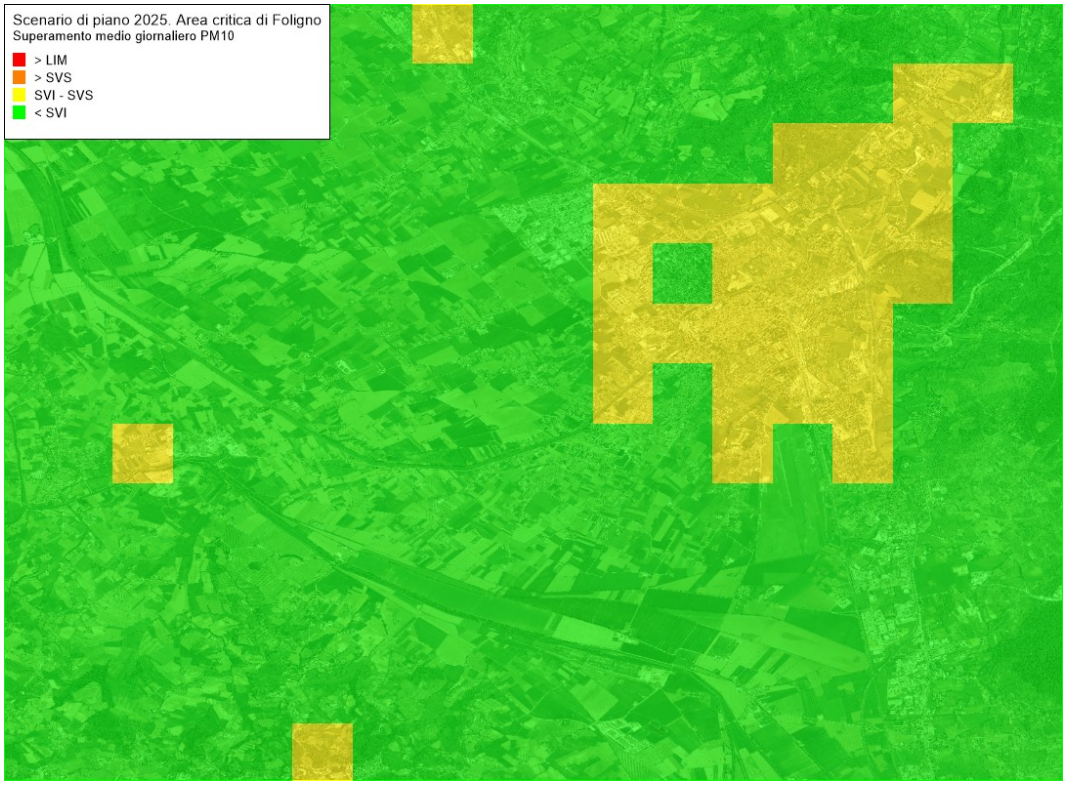

Figura 123 – Superamenti della media giornaliera delle concentrazioni di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Foligno

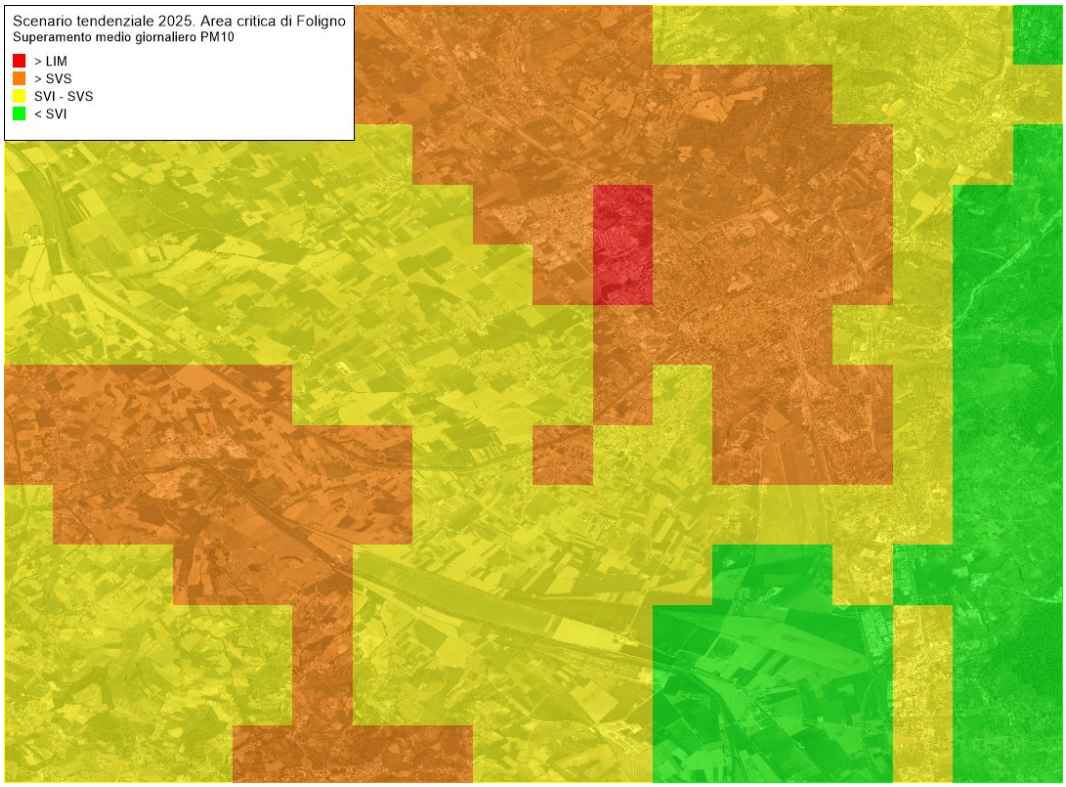

Figura 124 – Superamenti della media giornaliera di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno

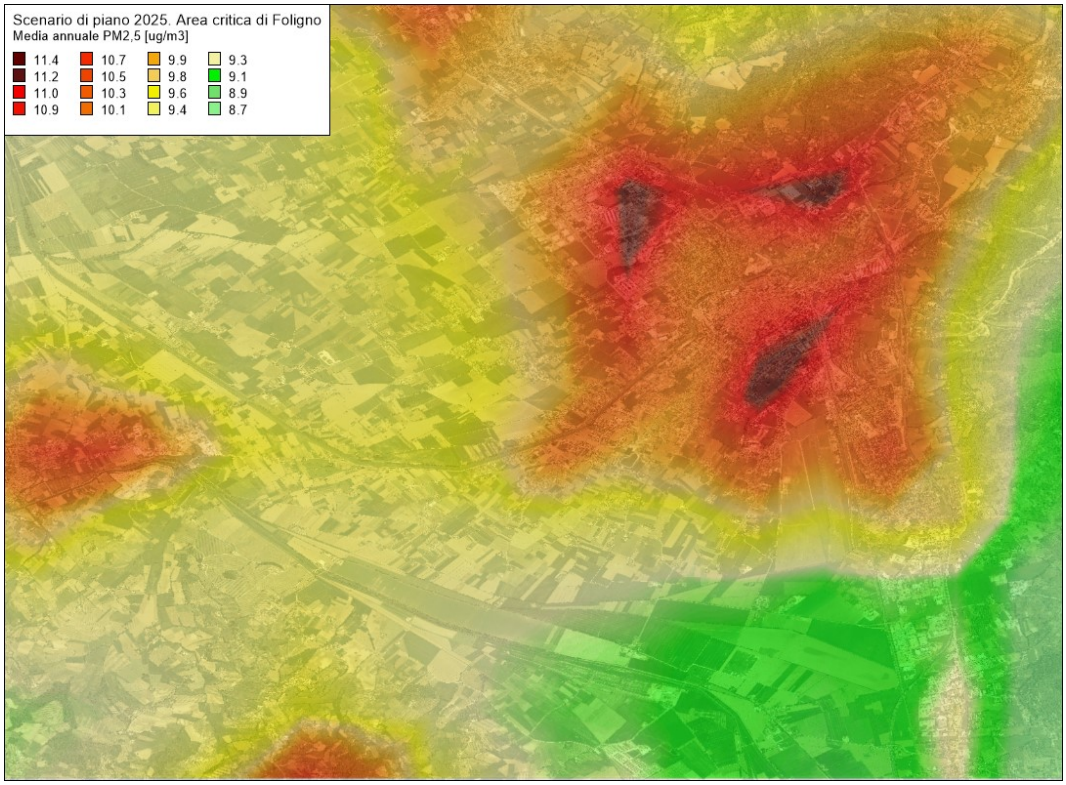

Figura 125 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Foligno

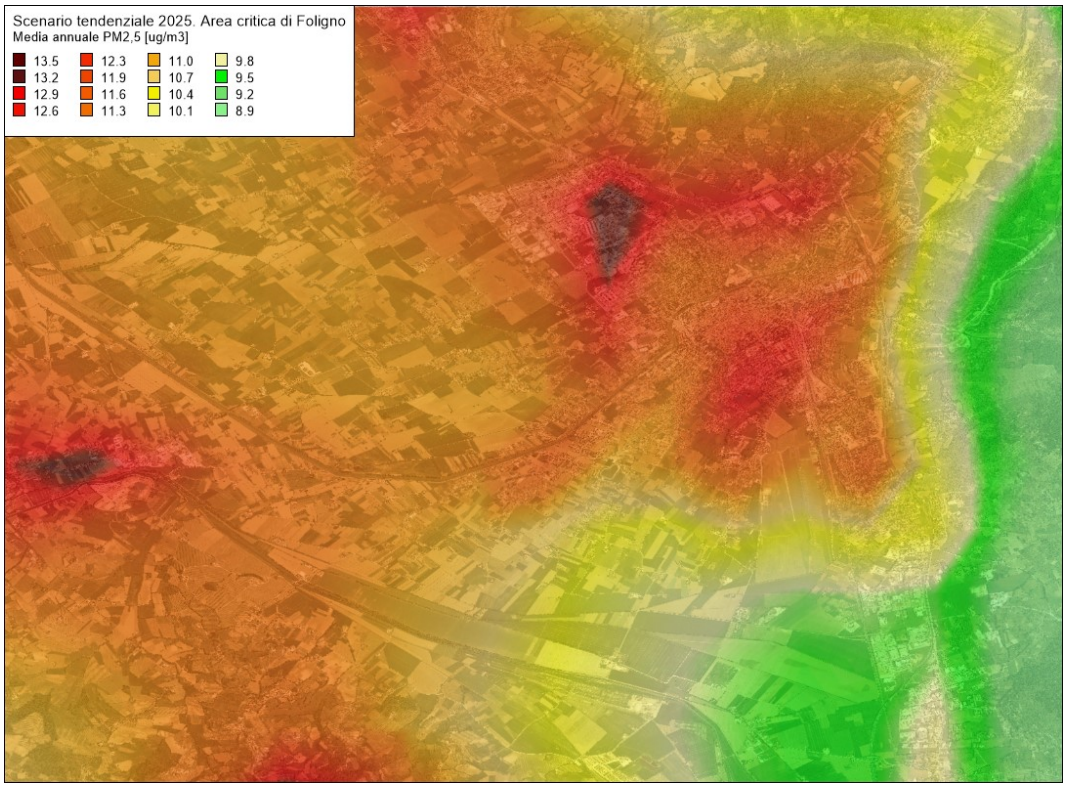

Figura 126 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno

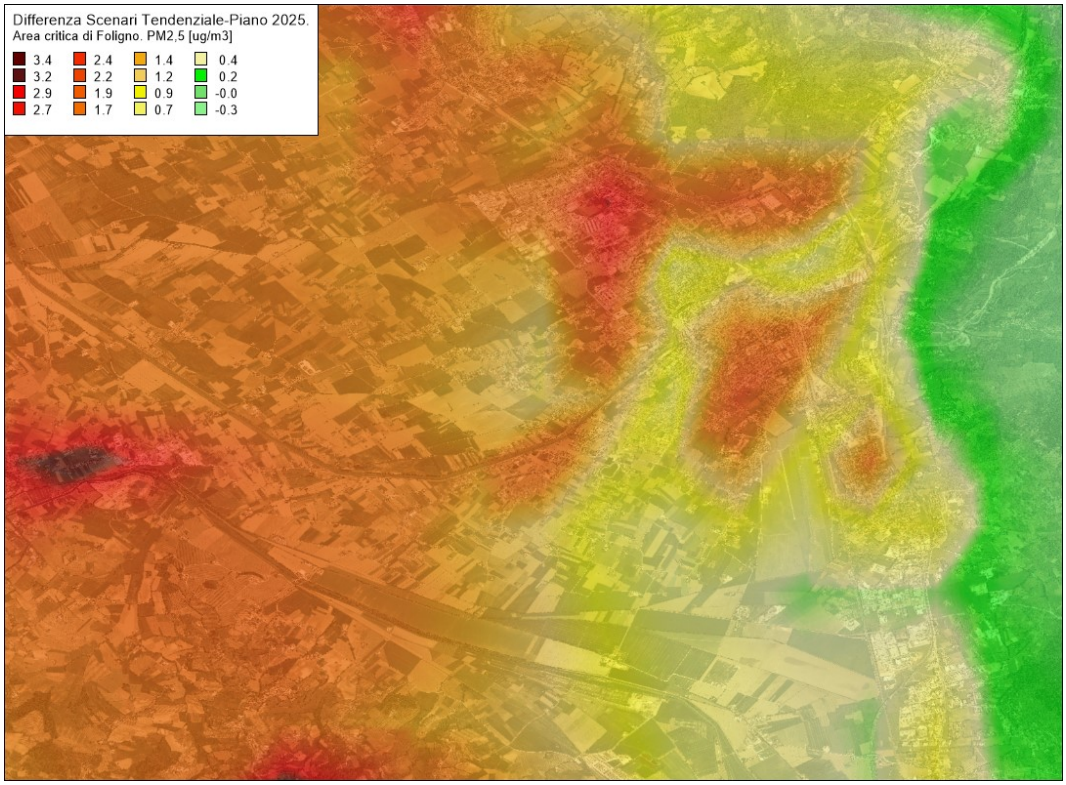

Figura 127 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno

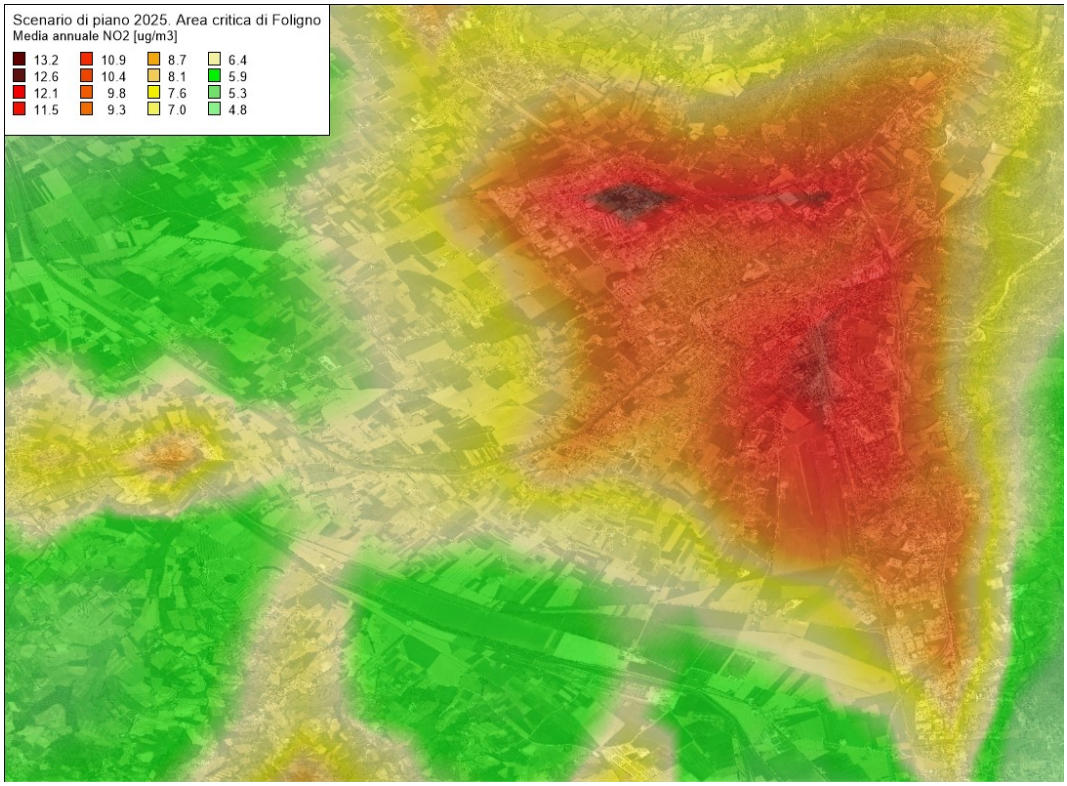

Figura 128 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere (µg/m3) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Foligno

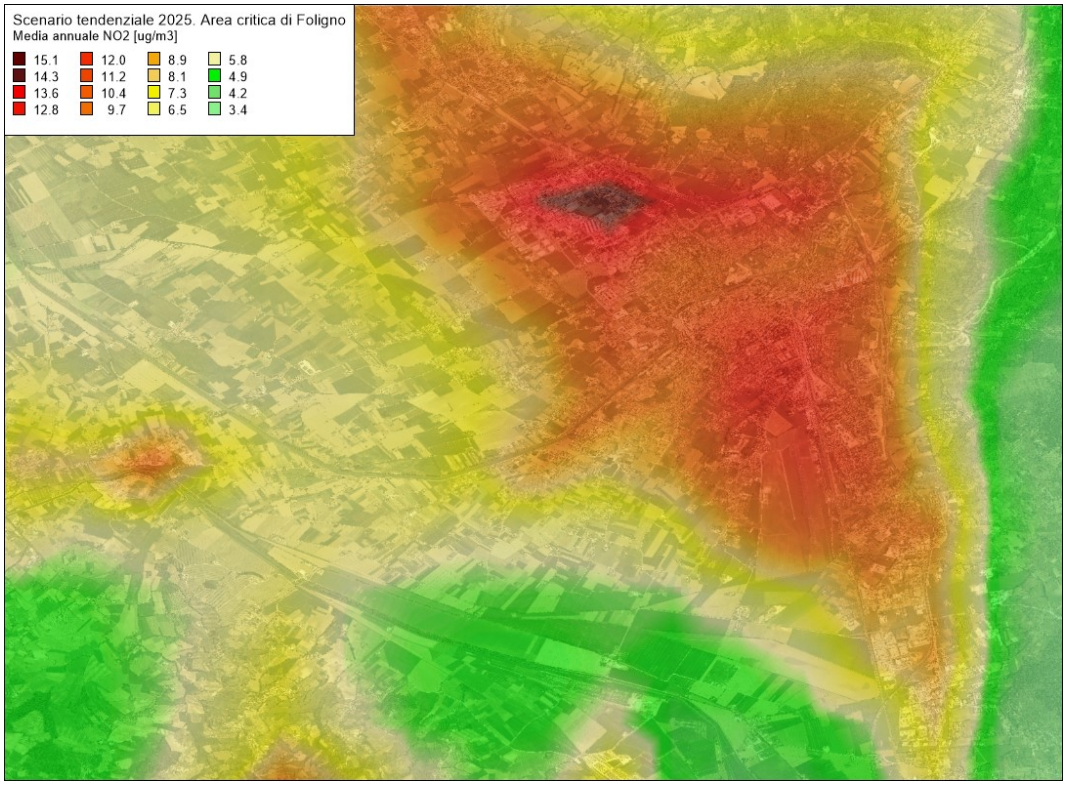

Figura 129 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno

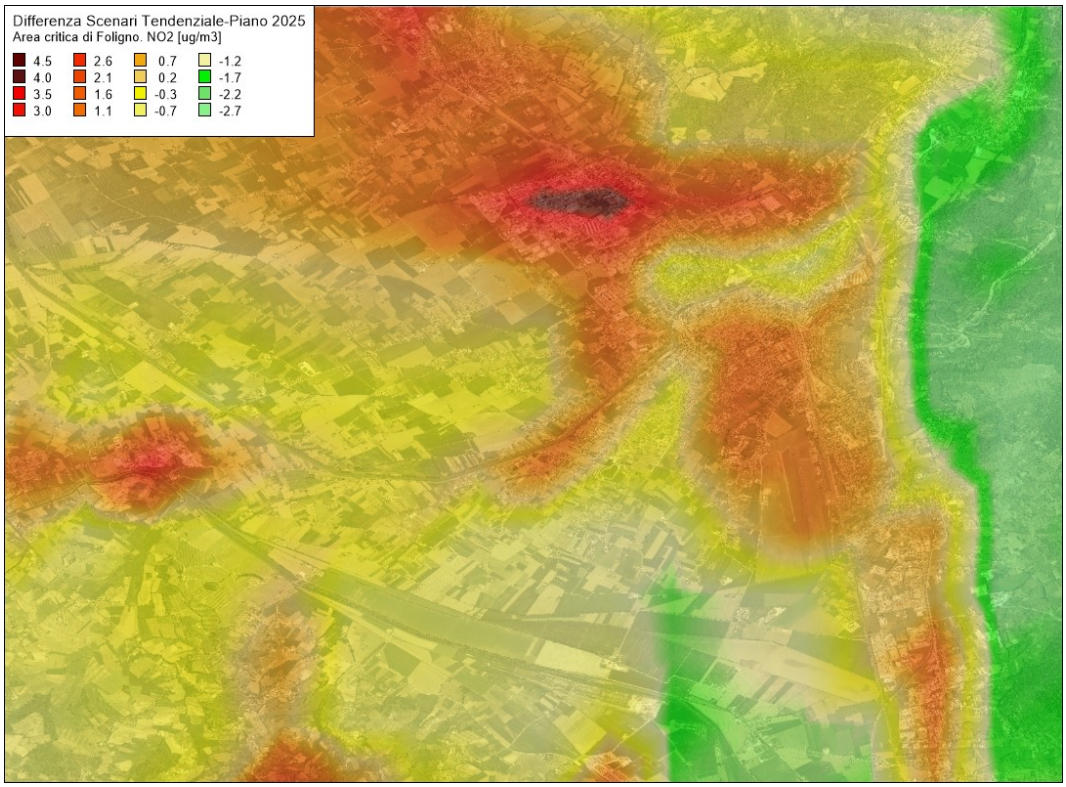

Figura 130 – Variazione nella media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto NO_2 valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno

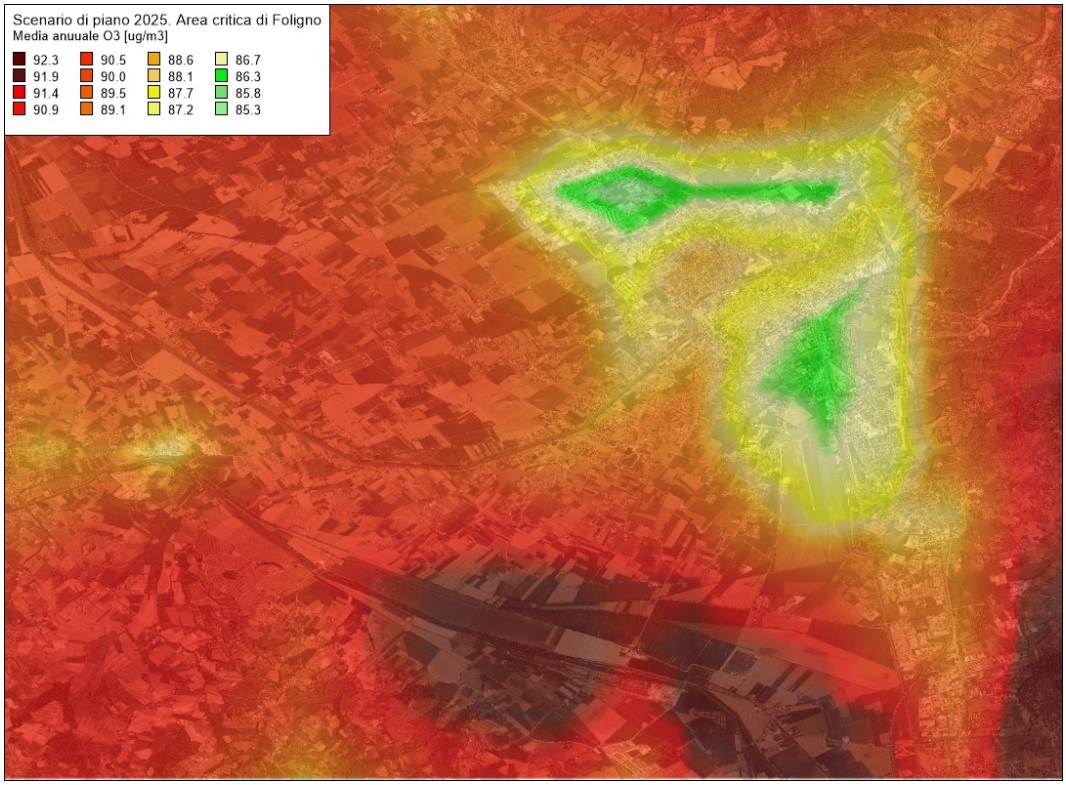

Figura 131 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Foligno

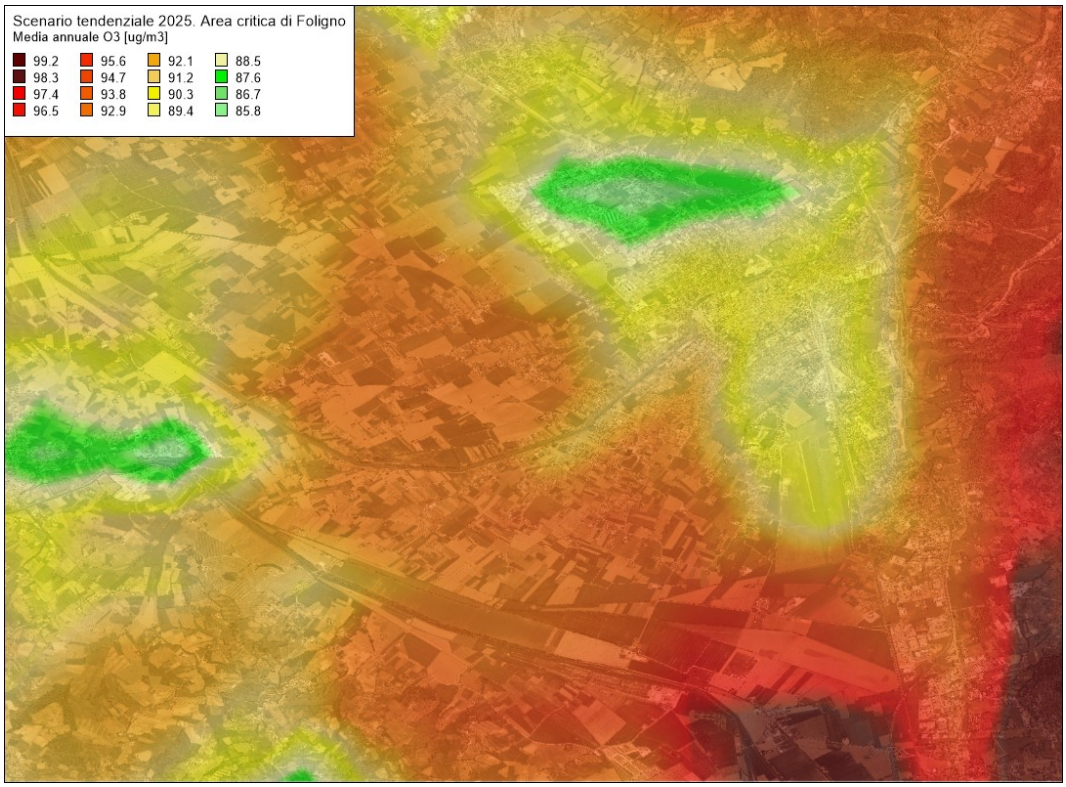

Figura 132 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno

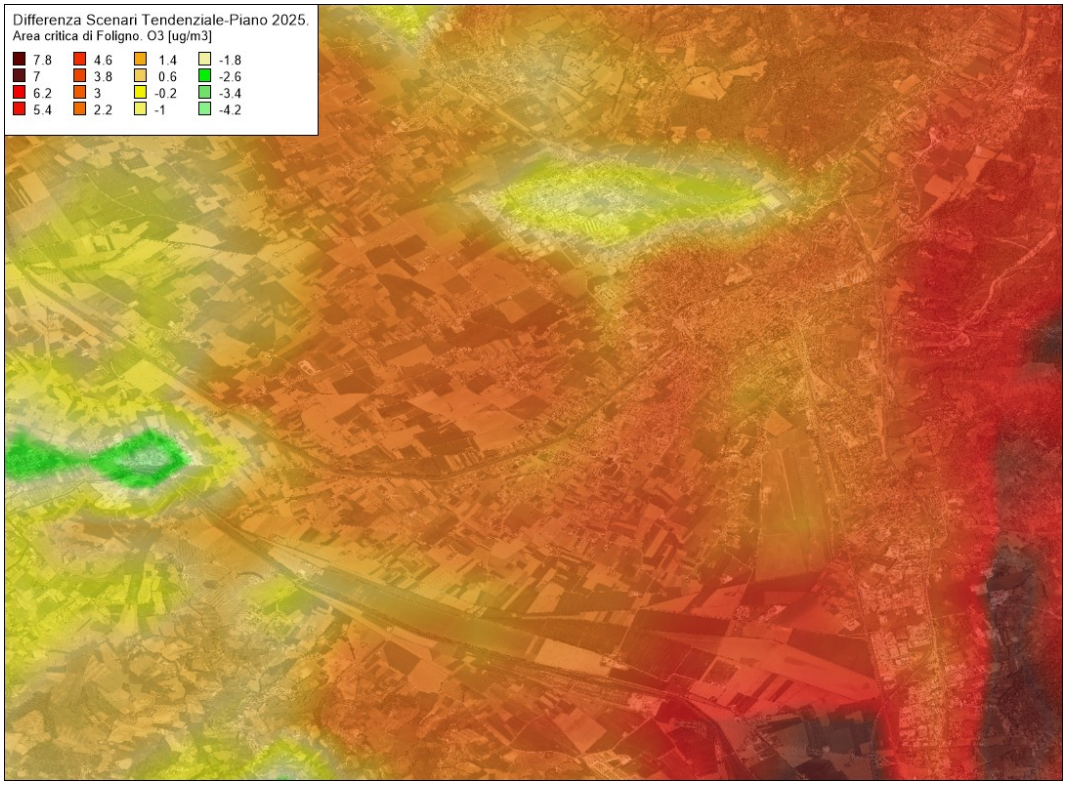

Figura 133 – Variazione nella media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Foligno

6.2.4 Area critica Città di Castello

6.2.4.1 Particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron

In Figura 134 per lo scenario di piano ed in Figura 135 per confronto, nello scenario tendenziale sono riportate le concentrazioni medie annuali di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere per l'area critica di Città di Castello.

Le concentrazioni massime sono di poco superiori a 18 $\mu g/m^3$, al di sotto della soglia di valutazione inferiore prevista per questo inquinante e con una riduzione massima del 19% circa rispetto allo scenario tendenziale. Le riduzioni maggiori sulle singole maglie (Figura 136) sono rilevate negli agglomerati urbani.

Relativamente ai superamenti del valore limite sulla media giornaliera del PM_{10} totale, si rileva una generalizzata riduzione ed il raggiungimento del rispetto del limite su tutto il territorio (Figura 137) al contrario di quanto rilevato per lo scenario tendenziale (Figura 138).

6.2.4.2 Particelle sospese con diametro inferiore a 2,5 micron

Con riferimento al $PM_{2,5}$, nello scenario di piano le concentrazioni (Figura 139) si riducono in modo significativo rispetto allo scenario tendenziale (Figura 140) soprattutto in riferimento alle aree con concentrazioni maggiori, il valore massimo si riduce del 15% circa mentre la riduzione massima sulla singola maglia è di circa 4 $\mu g/m^3$ (Figura 141). La concentrazione massima sulla singola maglia è poco inferiore a 13 $\mu g/m^3$, al di sotto della soglia di valutazione superiore prevista per questo inquinante.

6.2.4.3 ***Biossido di azoto***

In Figura 142 per lo scenario di piano ed in Figura 143, per confronto, nello scenario tendenziale sono riportate le concentrazioni medie annuali di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere per l'area critica di Città di Castello. Il confronto tra gli scenari mostra come le misure proposte, portano ad un abbassamento del valore massimo delle concentrazioni di circa il 14% con una riduzione dell'area con concentrazioni più elevate ed un massimo pari a circa 13 µg/m^3, al di sotto della soglia di valutazione inferiore prevista per questo inquinante; va sempre ricordato a questo riguardo che il modello utilizzato sottostima le concentrazioni massime poiché diluisce le emissioni su una maglia di un chilometro quadrato e dunque non tiene conto degli effetti a lato delle strade. Le variazioni sulle singole maglie sono riportate in Figura 144. Le riduzioni maggiori sono rilevate negli agglomerati urbani mentre si assiste a moderati aumenti nelle aree rurali dove le concentrazioni rimangono comunque molto al di sotto del livello di valutazione inferiore.

6.2.4.4 ***Ozono***

In Figura 145 per lo scenario di piano ed in Figura 146, per confronto, nello scenario tendenziale sono riportate le concentrazioni medie annuali di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere per l'area critica di Città di Castello. Il confronto tra gli scenari mostra come le misure proposte, non hanno effetti significativi in area urbana mentre inducono una generalizzata riduzione in area rurale (Figura 147).

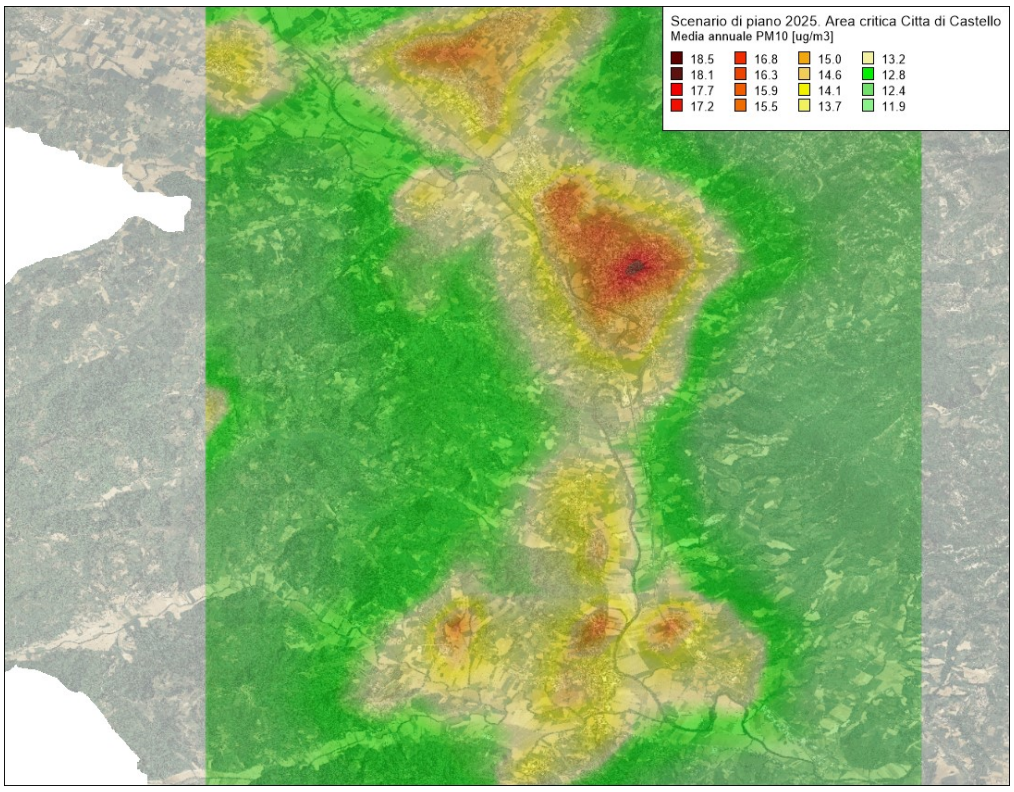

Figura 134 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere (µg/m^3) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Città di Castello

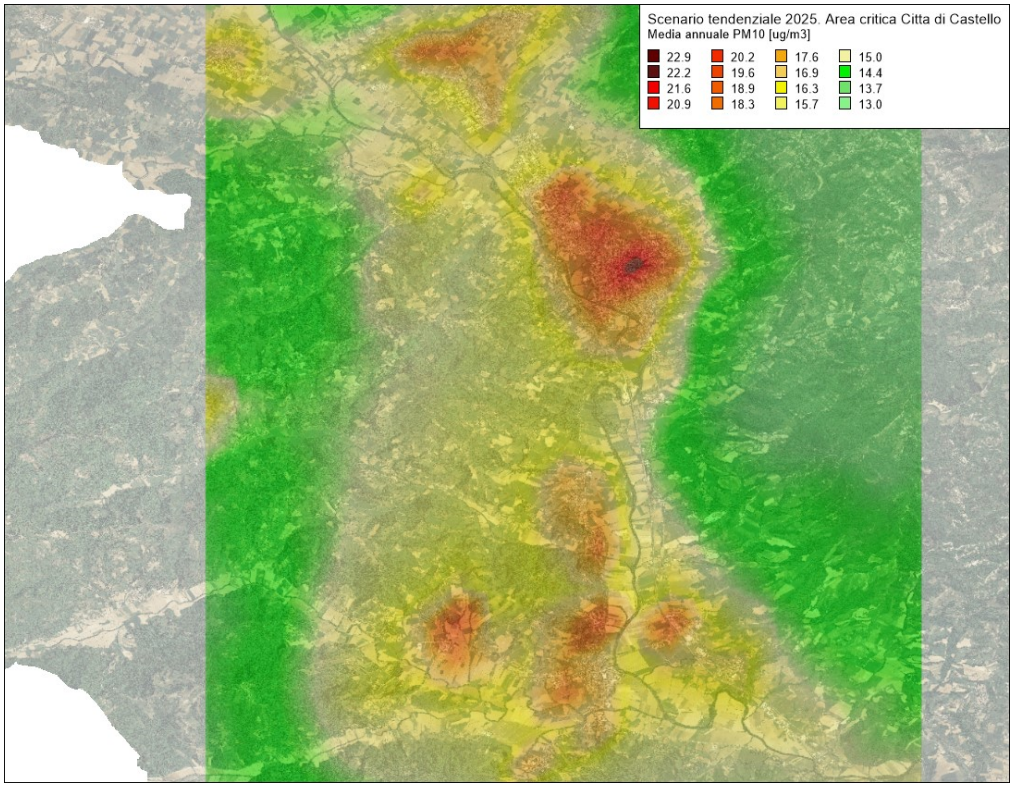

Figura 135 – Media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello

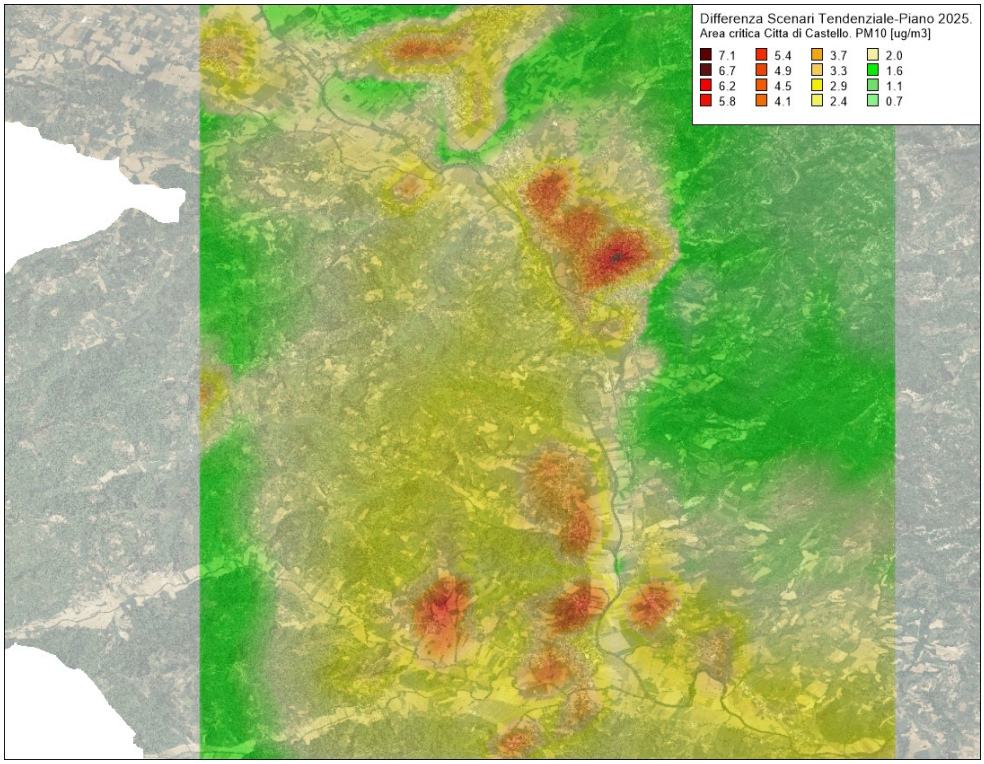

Figura 136 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di PM_{10} totale valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello

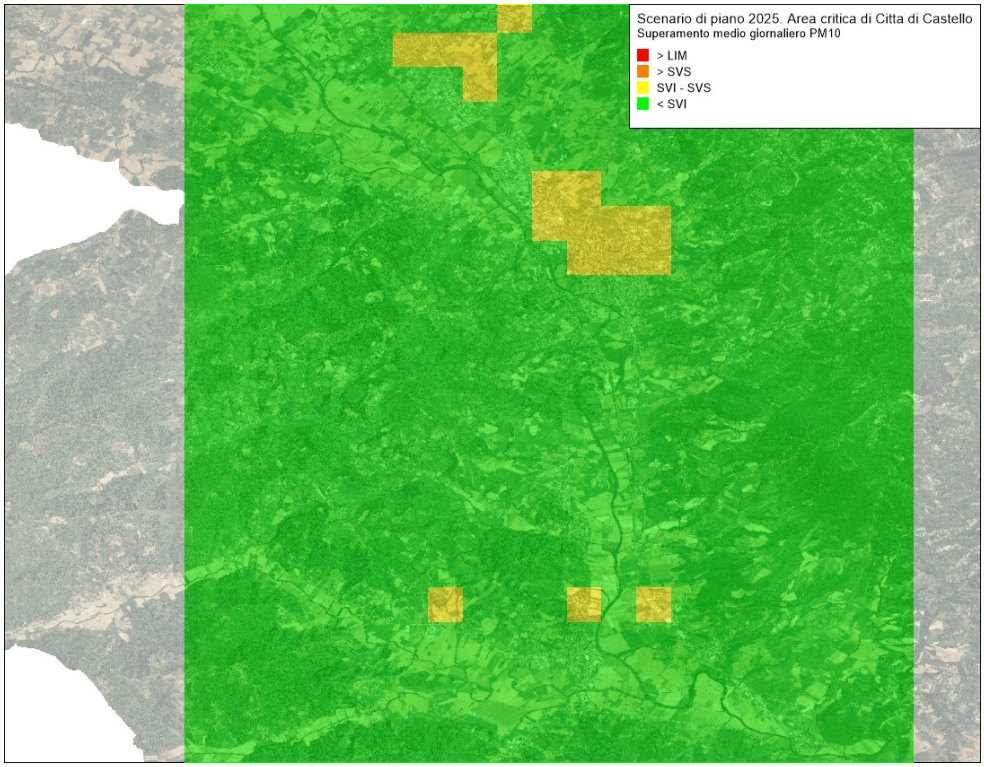

Figura 137 – Superamenti della media giornaliera delle concentrazioni di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Città di Castello

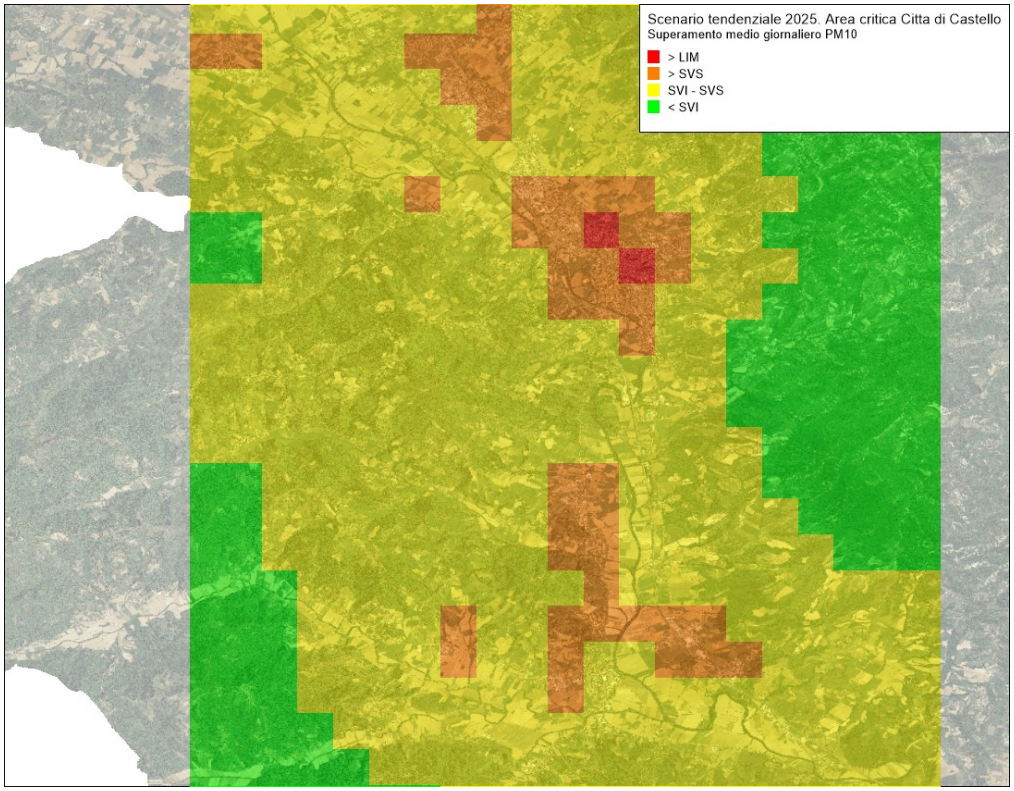

Figura 138 – Superamenti della media giornaliera di PM_{10} valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello

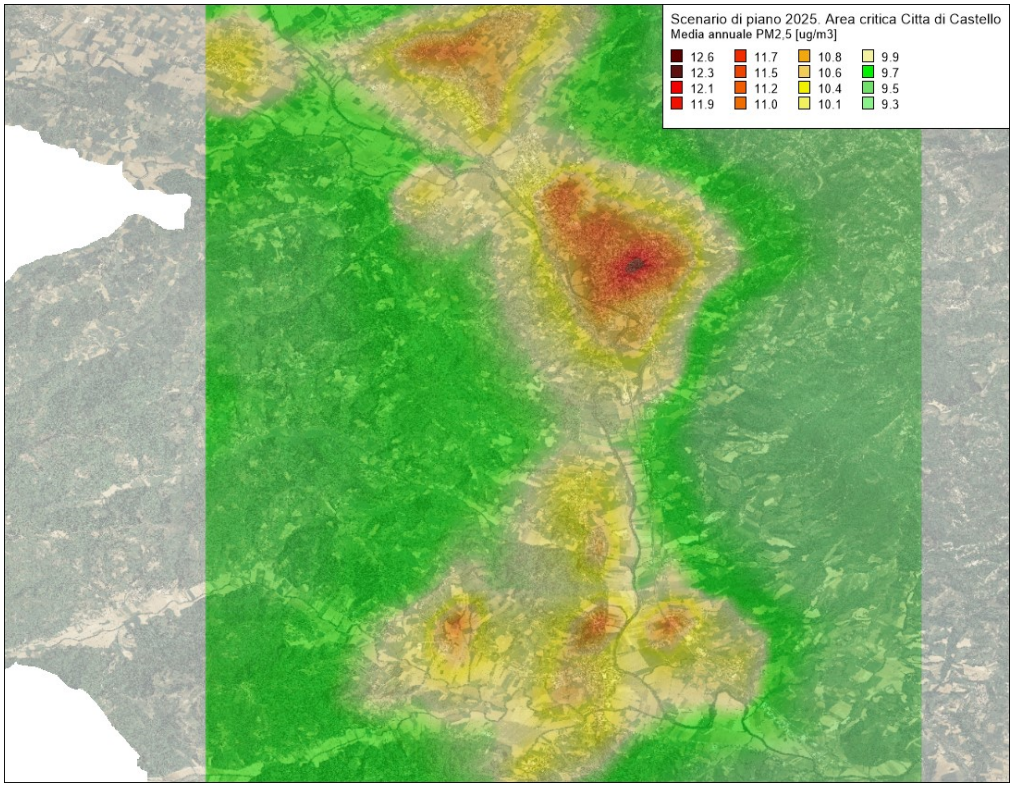

Figura 139 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Città di Castello

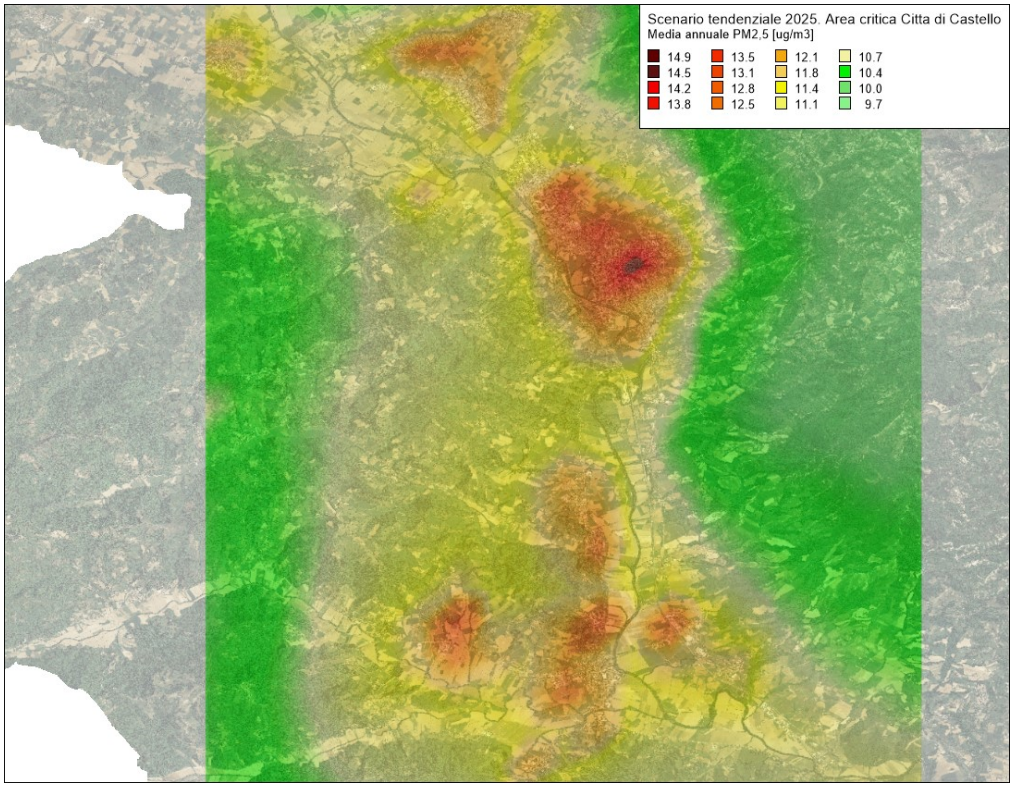

Figura 140 – Media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello

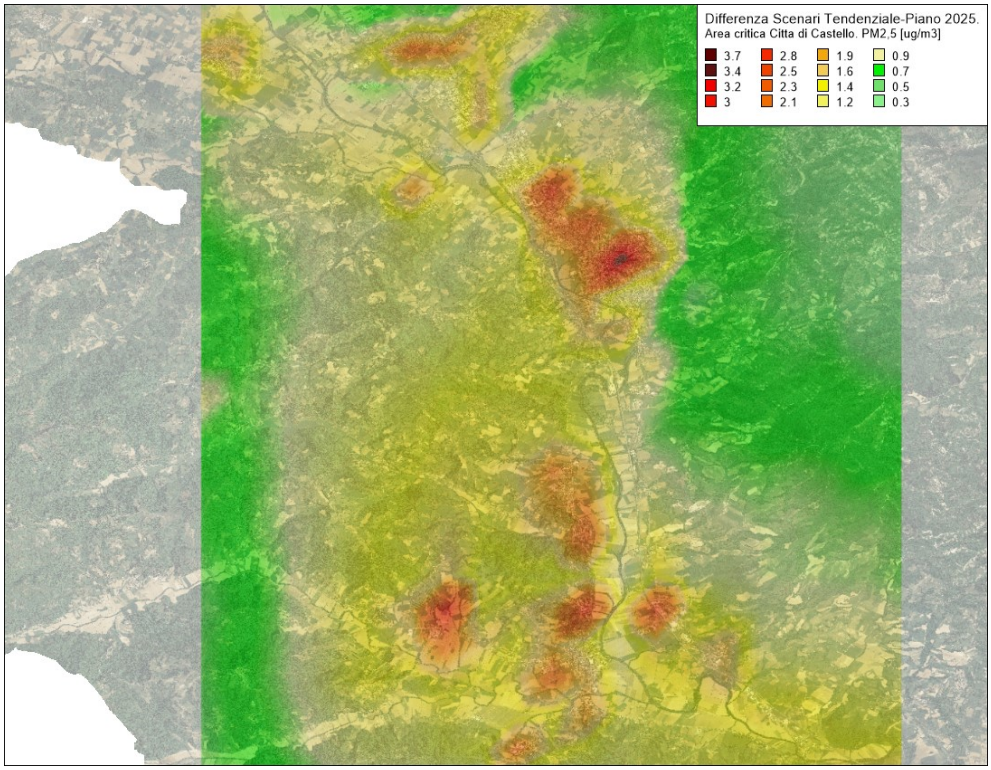

Figura 141 – Riduzione nella media annuale delle concentrazioni di $PM_{2,5}$ valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello

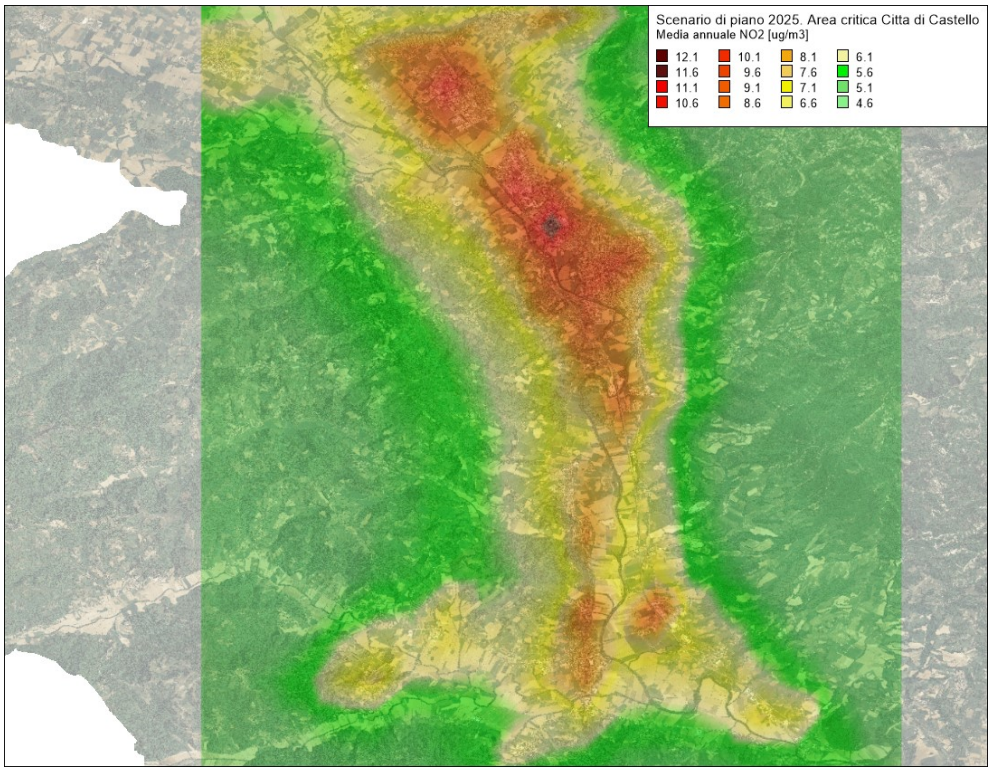

Figura 142 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Città di Castello

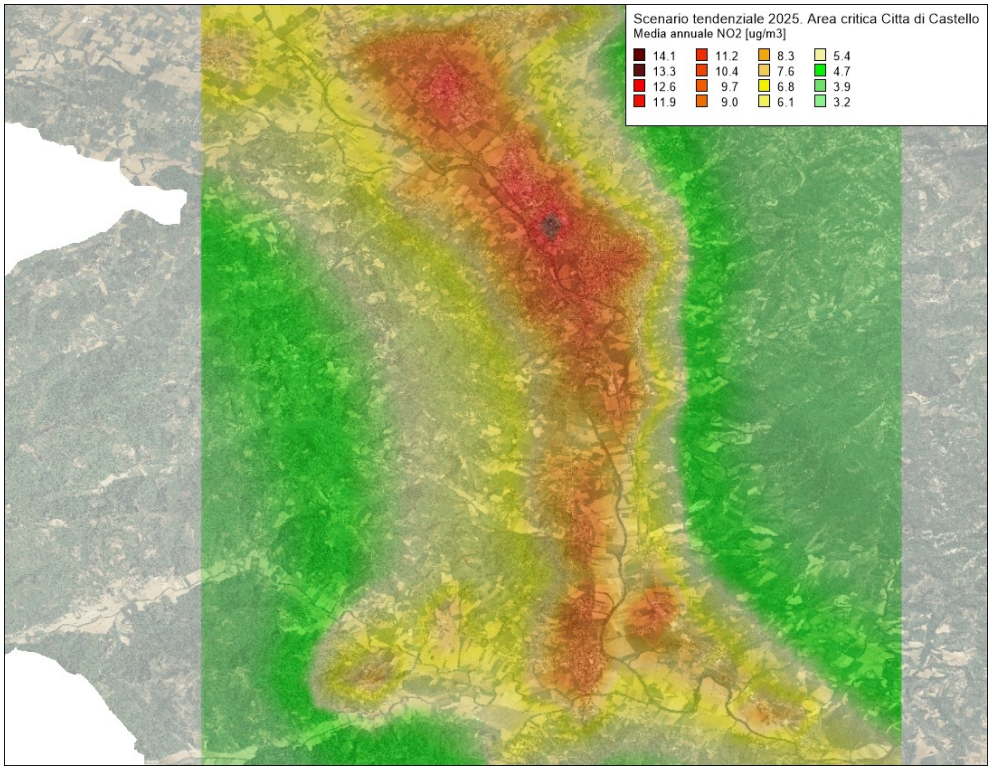

Figura 143 – Media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello

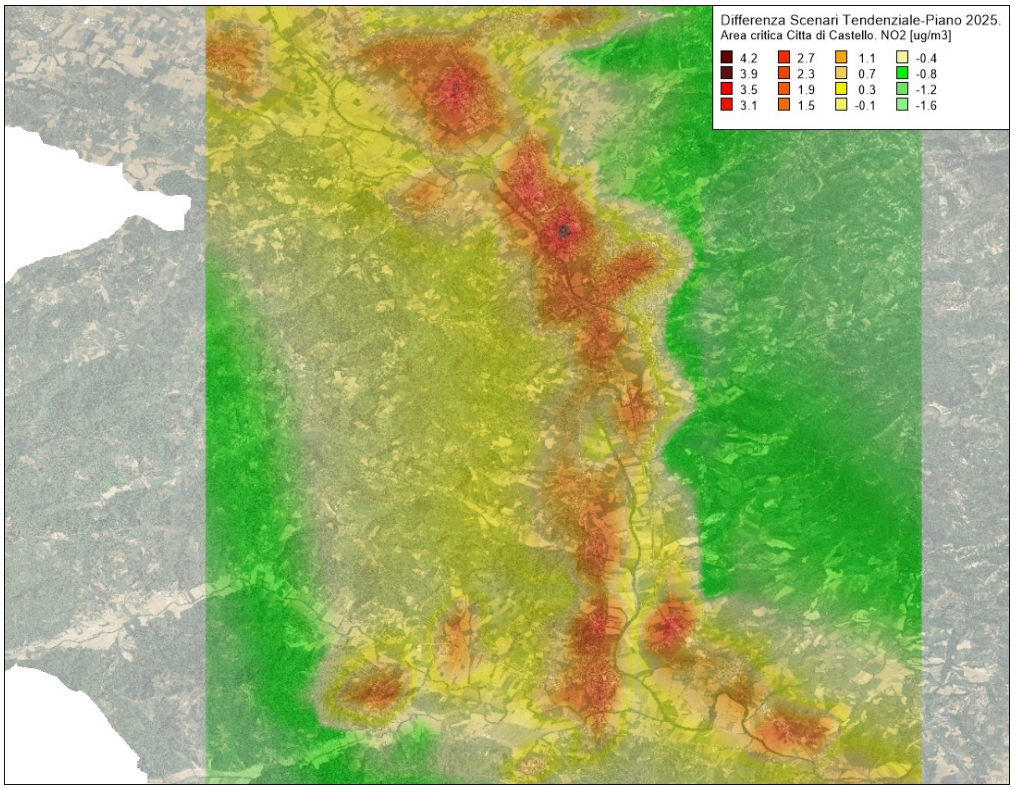

Figura 144 – Variazione nella media annuale delle concentrazioni di biossido di azoto NO_2 valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello

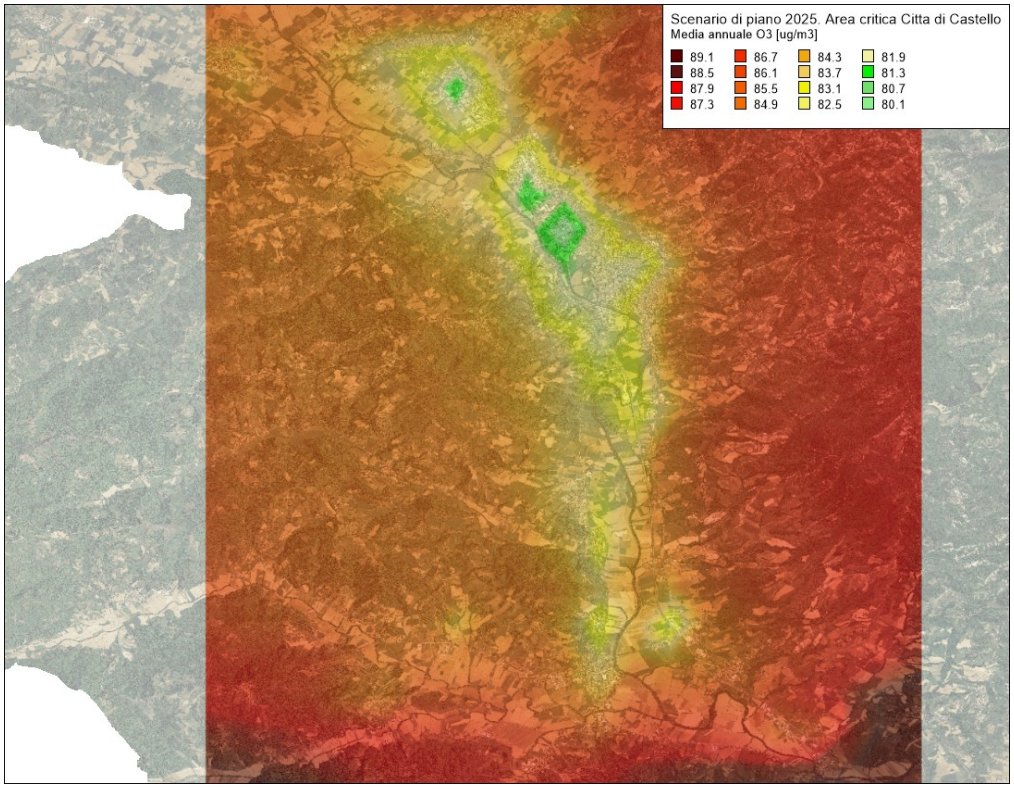

Figura 145 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano per l'area critica Città di Castello

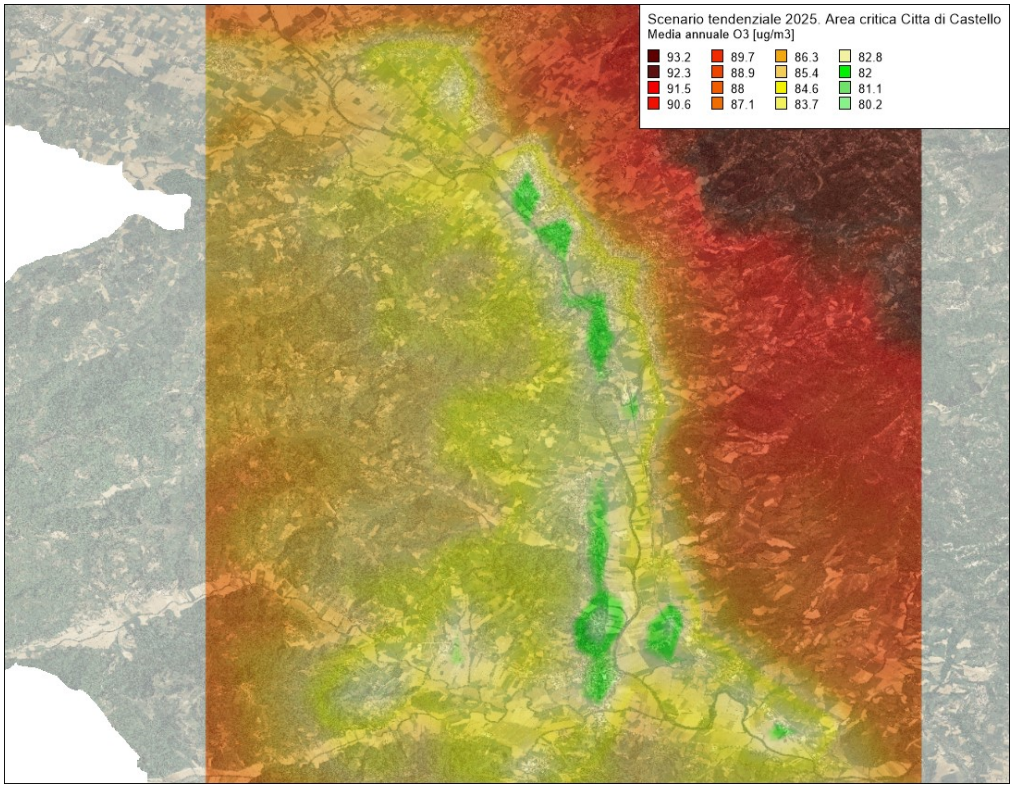

Figura 146 – Media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello

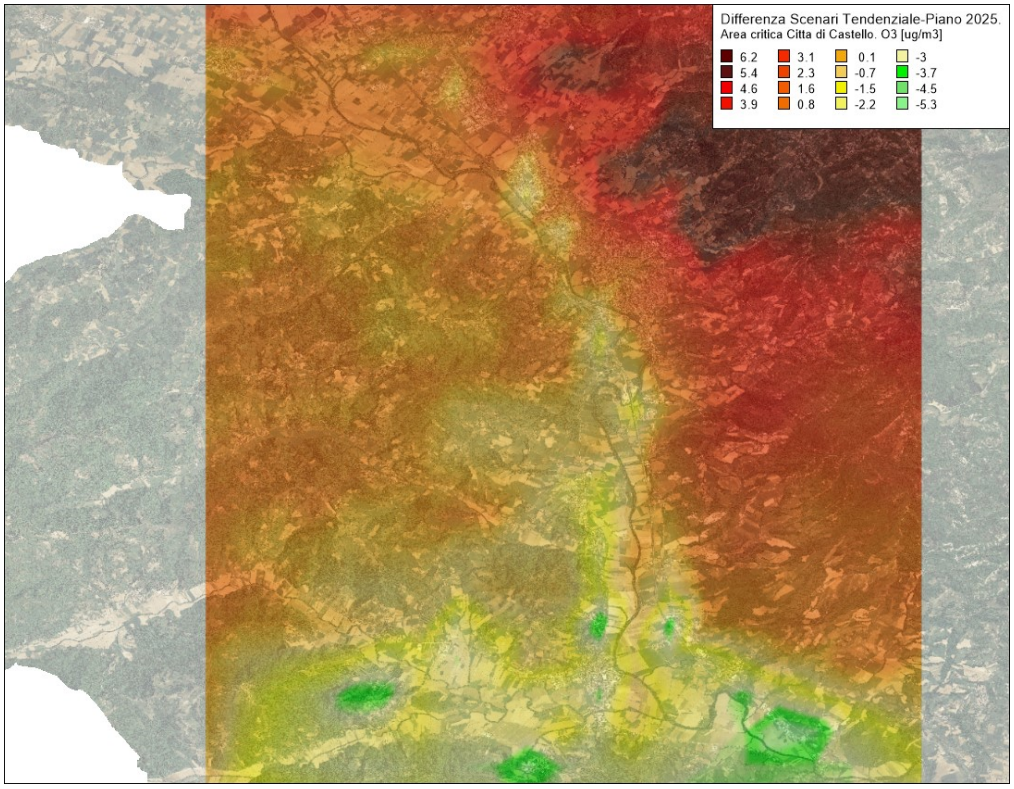

Figura 147 – Variazione nella media annuale delle concentrazioni di ozono (O_3) valutate con il modello Chimere ($\mu g/m^3$) per l'anno 2025 in Scenario di Piano rispetto allo Scenario Tendenziale per l'area critica Città di Castello

6.3 Conclusioni

Le misure proposte portano ad una riduzione importante, tra il 10 ed il 21%, delle concentrazioni massime di PM_{10} e $PM_{2,5}$ e portano benefici anche alle concentrazioni di NO_2 ed O_3. Con riferimento al benzo(a)pirene si può prevedere il rispetto dei limiti vista la forte riduzione delle concentrazioni di PM_{10} e $PM_{2,5}$ e posto che le emissioni sono prevalentemente causate dalla combustione della legna che è l'obiettivo principale delle misure di piano.

In conseguenza delle misure di piano si valuta che tutti i limiti legislativi siano rispettati al 2025. In definitiva si ritiene che le misure siano sufficienti e proporzionate a garantire il rispetto della qualità dell'aria su tutto il territorio regionale.