



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORATO DELLA DIFESA DELL'AMBIENTE
SERVIZIO ANTINQUINAMENTO ATMOSFERICO E ACUSTICO

**REALIZZAZIONE DELL'INVENTARIO REGIONALE DELLE SORGENTI DI
EMISSIONE, DEL DOCUMENTO SULLA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ
DELL'ARIA AMBIENTE IN SARDEGNA E INDIVIDUAZIONE DELLE POSSIBILI
MISURE DA ATTUARE PER IL RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI CUI AL
D.LGS N. 351/99**

**VALUTAZIONE FINALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA, ZONIZZAZIONE
DEFINITIVA, PIANI DI RISANAMENTO E MANTENIMENTO**
RELAZIONE

SETTEMBRE 2005

Realizzazione del progetto a cura delle società

Progemisa S.p.a., Consorzio SAR s.r.l, Enviroware s.r.l., Orion s.r.l.



SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	1
2	GLI INQUINANTI E I LORO EFFETTI	5
2.1	Benzene	5
2.2	Monossido di carbonio	5
2.3	Piombo	6
2.4	Ossidi di azoto	7
2.5	Ozono	8
2.6	Particolato atmosferico	9
2.7	Ossidi di zolfo	11
2.8	Composti organici volatili	12
3	SCENARI DI RIFERIMENTO DELLA QUALITÀ DELL’ARIA	13
3.1	Lo scenario di riferimento per il 2001	16
3.2	Ipotesi di variazione delle emissioni dal traffico veicolare (macrosettore 7)	17
3.2.1	I programmi Auto Oil	17
3.2.2	Scenari per il traffico veicolare	22
3.3	Ipotesi di variazione delle altre emissioni (macrosettori diversi dal 7)	27
3.4	Scenari di emissione	31
3.4.1	Benzene – Scenario 2010	32
3.4.2	Monossido di Carbonio – Scenario 2005	35
3.4.3	Piombo – Scenario 2005	37
3.4.4	Ossidi di Azoto – Scenario 2010	40
3.4.5	PM10 – Scenari 2005 e 2010	42
3.4.6	Biossido di Zolfo – Scenario 2005	45
4	MODELLI DI SIMULAZIONE	48
4.1	CALMET	48
4.2	CALPUFF	49
5	STIMA DELLA QUALITÀ DELL’ARIA NEI VARI SCENARI	51
5.1	Premessa	51

5.2	Campo di vento tridimensionale per l’anno 2001	55
5.3	Benzene - Scenario 2010	60
5.4	Monossido di Carbonio - Scenario 2005	62
5.5	Piombo - Scenario 2005	66
5.6	Ossidi di azoto - Scenario 2001	69
5.7	PM10 - Scenario 2005	71
5.8	PM10 - Scenario 2010	76
5.9	Biossido di zolfo - Scenario 2001	82
5.10	Biossido di zolfo – Scenario 2005	85
6	RISCONTRO CON I DATI DI MONITORAGGIO	93
6.1	Premessa	93
6.2	La rete regionale di monitoraggio	101
6.3	I dati di monitoraggio	106
6.3.1	Benzene	109
6.3.2	CO	113
6.3.3	Piombo	116
6.3.4	NOX	117
6.3.5	NO2	118
6.3.6	Ozono	121
6.3.7	PM10	125
6.3.8	SO2	132
7	INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITÀ	137
7.1	Benzene	138
7.2	CO	139
7.3	Piombo	140
7.4	NOx	141
7.5	NO2	142
7.6	O3	143
7.7	PM10	146
7.8	SO2	155

7.9	Conclusioni e zonizzazione definitiva _____	156
8	MISURE DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI IN AMBITO INDUSTRIALE ____	161
8.1	Dominio 0 (Sarroch) _____	162
8.2	Dominio 1 (Porto torres) _____	164
8.3	Dominio 3 (Portoscuso) _____	166
8.4	Misure più efficaci per realizzare gli obiettivi di riduzione delle emissioni in ambito industriale	168
8.4.1	Adozione delle migliori tecnologie disponibili _____	168
8.4.2	Alimentazione degli impianti con combustibili meno inquinanti _____	169
8.5	Regolamentazione delle situazioni di emergenza _____	169
9	MISURE DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI IN AMBITO URBANO _____	171
9.1	Procedure di controllo periodico degli autoveicoli (Bollino Blu) _____	173
9.2	Utilizzo di carburanti meno inquinanti _____	174
9.3	Cambio di alimentazione dei veicoli a benzina _____	176
9.4	Limitazione selettiva del traffico _____	176
9.5	Fluidificazione del traffico cittadino _____	178
9.6	Mobility Manager _____	180
9.7	Misure per la gestione degli episodi acuti _____	181
10	ULTERIORI INIZIATIVE RIGUARDANTI IL TRAFFICO _____	183
10.1	Incentivazione del Car Pooling _____	183
10.2	Incentivazione del Car Sharing _____	184
10.3	Incentivi per il rinnovo del parco autoveicolare privato _____	185
10.4	Incentivazione dei trasporti pubblici _____	185
10.5	Adozione e/o aggiornamento del Piano Urbano del Traffico (PUT) _____	186
10.6	Riduzione dell’impatto dei mezzi pubblici o per il trasporto pubblico _____	187
10.7	Informatizzazione dell’Amministrazione Pubblica _____	187
11	ULTERIORI MISURE RIGUARDANTI ALTRE TIPOLOGIE DI SORGENTI	189
11.1	Incentivazione del risparmio energetico nei settori industriale e terziario _____	189
11.2	Teleriscaldamento in cogenerazione e trigenerazione _____	189
11.3	Teleriscaldamento _____	190

11.4	Potenziamento della lotta agli incendi boschivi _____	190
11.5	Adozione di accordi volontari (EMAS, ISO 14000) _____	191
11.6	Terminali marittimi _____	191
11.7	Incentivazione all’utilizzo del metano per il riscaldamento domestico _____	192
11.8	Recupero biogas _____	192
11.9	Direttiva solventi _____	192
11.10	Incentivazione all’utilizzo di energie pulite. _____	193
12	PARTECIPAZIONE E INFORMAZIONE DELLA POPOLAZIONE _____	195
13	MISURE DI MANTENIMENTO _____	196
13.1	Impatto d’area _____	196
13.2	Manutenzione e controllo degli impianti termici _____	199
13.3	Divieto di peggioramento delle emissioni degli impianti termici esistenti _____	200
13.4	Limitazioni nell’utilizzo di alcune tipologie di combustibili _____	200
14	VERIFICA DELL’EFFICACIA DELLE MISURE _____	202
14.1	DM 60/2002 _____	203
14.2	Direttiva 2002/3/CE _____	205
14.3	EUROAIRNET _____	208
14.4	La rete di monitoraggio per la Sardegna _____	209
15	GAS SERRA _____	214
16	PRINCIPALI RIFERIMENTI _____	218

1 INTRODUZIONE

Il presente documento è relativo alla terza fase del progetto che ha per oggetto la realizzazione dell’inventario regionale delle sorgenti di emissione, la valutazione della qualità dell’aria ambiente in Sardegna, la zonizzazione del territorio regionale in aree omogenee da un punto di vista dell’inquinamento atmosferico e l’individuazione delle possibili misure da attuare per il raggiungimento degli obiettivi di risanamento di cui al D.Lgs n. 351/99.

La prima fase ha riguardato la realizzazione dell’inventario regionale delle sorgenti di emissione in atmosfera, la seconda fase la valutazione della qualità dell’aria ambiente e l’individuazione delle aree potenzialmente critiche per la salute umana e per gli ecosistemi, fornendo una prima proposta di zonizzazione.

La terza fase del progetto, i cui risultati sono sintetizzati nel presente documento, ha riguardato lo studio dello stato di qualità dell’aria per gli scenari di riferimento individuati dalla legge e la individuazione delle misure da intraprendere per riportare, laddove ce ne fosse bisogno, la situazione entro i limiti previsti dalla normativa. Le zone potenzialmente critiche per la salute e per gli ecosistemi individuate durante la seconda fase sono state studiate con particolare attenzione al fine di proporre una zonizzazione definitiva.

A tale scopo l’inventario delle emissioni elaborato nell’ambito del presente progetto e relativo all’anno 2001 è stato proiettato, per gli inquinanti di interesse, agli anni 2005 e 2010, cioè gli anni indicati dal DM 60/2002 e dalla Direttiva Ozono (2002/3/CE) come termine per il rispetto del valore limite. Per la proiezione su anni futuri dell’inventario delle emissioni in atmosfera si sono rivelate utili le Direttive europee relative alla limitazione delle emissioni degli inquinanti, alcune delle quali recepite dall’Italia e, soprattutto, i risultati di studi condotti dalla Commissione Europea (il progetto Auto Oil 2), e il documento redatto dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio “III Comunicazione Nazionale sui Cambiamenti Climatici” relativo allo scenario tendenziale dei consumi energetici che si estende fino al 2020.

Dopo avere elaborato le emissioni degli inquinanti normati in maniera tale da ottenere gli scenari di riferimento delle emissioni per gli anni 2005 e 2010 (e 2001, anno di riferimento dell’inventario, per quanto riguarda la protezione della vegetazione) è stato necessario predire i valori di concentrazione di interesse per mezzo dell’applicazione di un modello di dispersione atmosferica (sono stati cioè creati gli scenari di riferimento della qualità dell’aria). I modelli di

dispersione atmosferica sono gli unici strumenti che permettono di ottenere valori di concentrazione sul territorio relativamente a scenari futuri; essi permettono inoltre di stabilire l’impatto sulla qualità dell’aria anche per inquinanti che non vengono monitorati dalle reti. La scelta del modello di simulazione è stata basata su diversi fattori:

- la scala spaziale doveva essere in grado di coprire l’intera regione o vaste porzioni di essa dell’ordine delle migliaia di km²;
- la scala temporale con cui vengono forniti i risultati dei modelli doveva essere tale da permettere le elaborazioni previste dalla legge, in particolare il calcolo dei percentili di interesse (sono quindi stati esclusi i modelli gaussiani di tipo climatologico in grado di stimare solo la media annuale, o stagionale, o mensile);
- il modello, data la dimensione del dominio di simulazione e la particolarità della meteorologia sulla regione, doveva avere la possibilità di utilizzare in ingresso campi meteorologici complessi, tridimensionali e non stazionari, con una buona caratterizzazione dello strato limite atmosferico (cioè della zona più vicina al suolo dell’atmosfera in cui vengono emessi e si disperdono gli inquinanti); sono quindi stati esclusi modelli gaussiani basati sull’utilizzo di un unico punto di misura meteorologico;
- infine il modello doveva essere un riferimento internazionale.

Per questi motivi la scelta è caduta sul sistema modellistico CALMET / CALPUFF, raccomandato dalla US-EPA (United States Environmental Protection Agency). CALPUFF è un modello Lagrangiano a puff in grado di descrivere la dispersione degli inquinanti su terreno complesso (presenza di valli e monti, di interfaccia terra – mare, ecc.) mentre CALMET è un modello meteorologico diagnostico utilizzato per preparare gli input meteo. Questi modelli sono descritti in dettaglio all’interno della relazione. CALMET è stato utilizzato per ricostruire il campo di vento tridimensionale sull’intera regione per l’anno 2001. La meteorologia del 2001 è stata quindi utilizzata in CALPUFF per simulare la dispersione degli inquinanti nel 2001, ma anche nel 2005 e nel 2010; l’ipotesi di lavoro dietro questa scelta è che la meteorologia non vari statisticamente in maniera significativa da un anno all’altro su periodi di tempo della decina d’anni. D’altra parte tale scelta è anche stata forzata poiché non esistono strumenti per predire ora per ora la situazione meteorologica a distanza di anni. Il modello CALPUFF è quindi stato utilizzato per predire il rispetto o meno dei valori limite di legge per diversi inquinanti.

Nella presente relazione si fa spesso riferimento, in relazione ai domini di calcolo della modellistica, alla prima proposta di zonizzazione realizzata durante la seconda fase del progetto, alla cui relazione si rimanda. Si ricorda che in tale fase furono preliminarmente individuate gli agglomerati e le zone di cui al D.Lgs. 351 del 4 agosto 1999 tramite una metodologia che rientra all’interno dei “metodi di valutazione obiettiva” citati dal decreto stesso; alcuni di tali metodi sono brevemente descritti all’interno del documento *Guidance on assessment under EU air quality directives* (disponibile all’indirizzo internet <http://europa.eu.int/comm/environment/air/ambient.htm>) che fornisce direttive tecniche in merito alla valutazione della qualità dell’aria in accordo con le Direttive europee recepite dall’Italia. Per comodità le seguenti mappe riportano la zonizzazione proposta in quella fase; tale zonizzazione è stata sottoposta a revisione nella terza fase che si avvale anche dei risultati degli studi modellistica effettuati e dell’analisi dei dati di qualità dell’aria disponibili per gli anni 2002, 2003 e 2004.

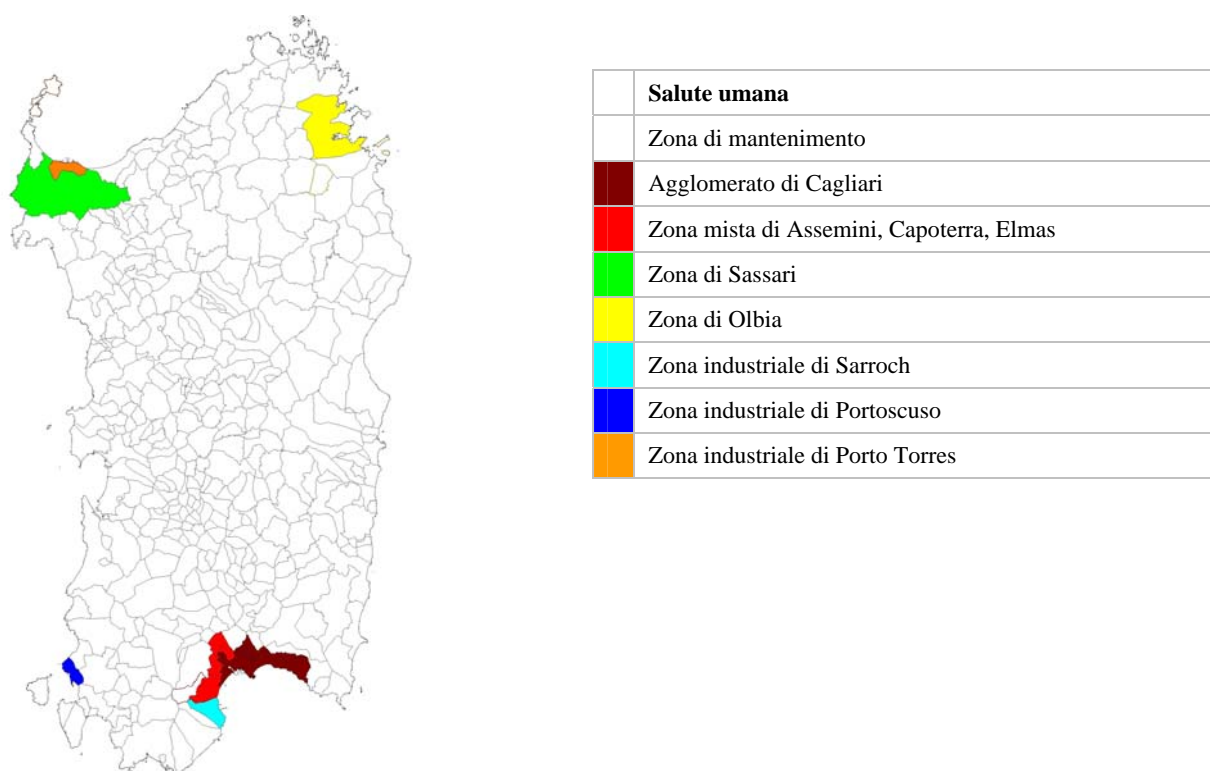


Figura 1 - Zone individuate durante la seconda fase come potenzialmente critiche per la salute umana

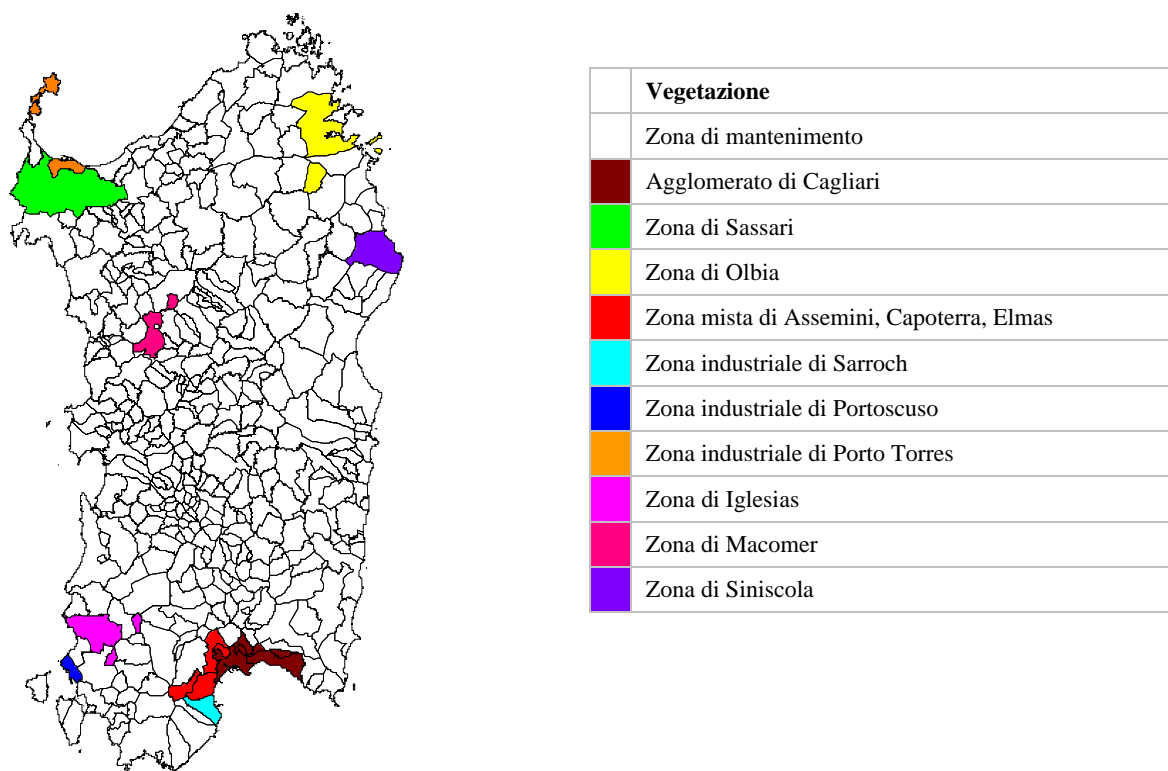


Figura 2 - Zone individuate durante la seconda fase come potenzialmente critiche per la vegetazione

2 GLI INQUINANTI E I LORO EFFETTI

In questo capitolo viene riportata una breve descrizione della genesi e degli effetti sulla salute umana e sull’ambiente delle sostanze inquinanti trattate nel presente documento.

2.1 BENZENE

Sorgenti di benzene (C₆H₆) in aria sono la combustione e l'evaporazione di combustibili che lo contengono, le industrie petrolchimiche e i processi di combustione. In ambienti chiusi è un importante sorgente anche il fumo di sigaretta.

Valori tipici di concentrazione di benzene in ambiente rurale e urbano sono rispettivamente 1 µg/m³ e 5-20 µg/m³. Le concentrazioni sono ovviamente maggiori in prossimità delle sorgenti di tale inquinante, come ad esempio le stazioni di servizio.

Il benzene, pur appartenendo alla famiglia dei composti organici volatili, ha una bassa importanza relativa dal punto di vista della formazione dell'ozono troposferico a causa della sua scarsa reattività, ma è molto importante studiarlo a causa degli effetti deleteri sulla salute umana.

Il benzene è un sicuro elemento cancerogeno per l'uomo. Il benzene danneggia gli organi legati alla formazione del sangue anche a concentrazioni che non causano irritazioni alle mucose. Questo comportamento si manifesta nell'insorgenza di anemia, leucopenia, trombocitopenia e a volte nell'ingrossamento pronunciato della milza. Il principale motivi di esposizione al benzene è l'inalazione, che può avere valori molto elevati in corrispondenza a particolari azioni, quali ad esempio il rifornimento di carburante nelle automobili (che è il secondo motivo di esposizione personale dopo il fumo di sigaretta).

2.2 MONOSSIDO DI CARBONIO

Il monossido di carbonio è un inquinante tipico delle aree urbane, proviene principalmente dai gas di scarico degli autoveicoli a benzina e varia proporzionalmente alla densità del traffico automobilistico. Esso è inoltre emesso nei processi di combustione in difetto d'aria/ossigeno nelle acciaierie, nelle raffinerie, nelle autofficine e nei garage. Il CO ha un tempo di residenza in atmosfera di circa 4 mesi.

I principali effetti sanitari sono legati alla maggiore affinità del monossido di carbonio rispetto all'ossigeno (circa 200-300 volte superiore) nel legarsi con l'emoglobina con la quale forma

carbossiemo globina (HbCO). Il gas inalato si fissa così nel sangue, disturbando l'ossigenazione dei tessuti, dei muscoli e del cervello. Conseguentemente provoca mal di testa, disturbi psicomotori, infarti. Con una concentrazione di 20-40 mg/m³ (milligrammi per metro cubo), valori che caratterizzano strade strette e con molto traffico, il tenore di HbCO nel sangue sale da un minimo dell'1.5-2%, al 3% se si sta facendo intensa attività fisica, fino a raggiungere valori attorno al 7% se contemporaneamente si fuma. Tali valori possono causare disturbi nelle funzioni del sistema nervoso centrale: vengono ridotte le capacità di reazione, la capacità visiva e la cognizione del tempo con un conseguente aumento di rischio di incidenti.

2.3 PIOMBO

Le informazioni riportate in questo paragrafo sono tratte dal documento “Air Quality Guidelines - Second Edition” dell’Organizzazione Mondiale della Sanità.

La maggior parte del piombo in aria è nella forma di particelle di dimensione inferiore al micron. Circa il 30% - 50% di queste particelle, una volta inalate, sono trattenute dal sistema respiratorio e quindi assorbite dal corpo. Le particelle di dimensione più piccola si depositano nei polmoni, mentre quelle di dimensione maggiore sono trattenute dalle vie aeree superiori. Le particelle che l’organismo espelle dal sistema respiratorio possono essere ingoiate ed essere quindi assorbite dall’apparato gastrointestinale.

La popolazione a maggior rischio per l’esposizione al piombo è quella dei bambini fino a 6 anni, sia per motivi comportamentali (maggior tempo trascorso all’aria aperta, meno preoccupazione per l’igiene, ...) sia per motivi fisiologici (l’assorbimento del Pb nell’apparato gastrointestinale è di circa il 50% nei bambini e di circa il 10% negli adulti; la barriera sangue-cervello non è ancora pienamente sviluppata ed efficiente; gli effetti neurologici del piombo si manifestano a livelli più bassi rispetto all’adulto; ...). Il secondo gruppo più a rischio agli effetti del piombo, dopo i bambini, sono le donne gravide poiché la placenta non rappresenta una barriera efficace al piombo, quindi il feto può essere esposto a questo inquinante.

Gli effetti tossicologici dell’esposizione a lungo termine a bassi livelli di piombo riguardano:

- la sintesi dell’ematina (pigmento del sangue), in quanto il piombo interferisce con tre enzimi che partecipano a tale sintesi;

- il sistema nervoso: sono state osservate encefalopatie negli adulti con livelli di piombo nel sangue superiori a 1200 µg/l, e nei bambini con livelli superiori a 800-1000 µg/l; nei bambini l’effetto è quasi sempre letale, e chi sopravvive ha compromissioni neurologiche e neuropsicologiche irreversibili;
- il sistema cardiovascolari e sulla pressione sanguigna: un raddoppio del livello di piombo nel sangue è associato con l’aumento di 1 mmHg di pressione sistolica e 0.7 mmHg di pressione diastolica; tuttavia gli studi epidemiologici non hanno mostrato una associazione forte tra livelli di piombo nel sangue e morbilità o mortalità per cause cardiovascolari;
- le funzioni dei reni: alcuni studi hanno mostrato una associazione tra livelli del piombo nel sangue e ridotta funzionalità dei reni.

Nessuno studio sembra avere dimostrato effetti carcinogeni del piombo.

Infine, uno studio spagnolo ha mostrato ridotte capacità uditive all’aumentare dei livelli di piombo nel sangue: è stata stimata una perdita di capacità uditiva di circa 2 dB in corrispondenza di livelli di piombo nel sangue compresi tra 70 e 180 µg/l.

2.4 OSSIDI DI AZOTO

Gli ossidi di azoto (NOX) sono emessi dai processi di combustione; le principali sorgenti sono il traffico autoveicolare, gli impianti di riscaldamento ed alcuni processi industriali. Al momento della emissione il monossido di azoto (NO) costituisce circa il 95% degli NOX. Una volta emessi in atmosfera gli ossidi subiscono una complessa serie di trasformazioni fisico chimiche contribuendo alla formazione di numerosi inquinanti secondari, in primo luogo l'ozono O₃. Fondamentale per la formazione dell'ozono in atmosfera è la presenza di biossido di azoto (NO₂) ottenuto per la maggior parte dall'ossidazione del monossido di azoto.

Il tempo di residenza medio in atmosfera degli ossidi di azoto è piuttosto breve: di circa 2-3 giorni per il monossido di azoto, fino a 6 giorni per il biossido di azoto. Ciò fa pensare che possano intervenire meccanismi di rimozione naturali, che eliminino gli ossidi di azoto dall'atmosfera trasformandoli in acido nitrico (HNO₃), il quale poi precipita sotto forma di nitrati o con la pioggia o con la polvere. Non sono ancora ben chiari i meccanismi che permettono una trasformazione così veloce degli ossidi di azoto.

La presenza di NO₂ può provocare irritazione agli occhi mentre la sua inalazione comporta intensa irritazione alle vie aeree. A concentrazioni elevate può portare a bronchite, edema polmonare, enfisema o fibrosi del tessuto polmonare.

Gli ossidi di azoto sono fondamentali per la produzione di ozono, e quindi sono in qualche modo responsabili anche dei danni ambientali provocati da questo inquinante. Inoltre gli ossidi di azoto trasformandosi in acido nitrico e nitrati contribuiscono alla formazione delle deposizioni acide.

2.5 OZONO

L’ozono (O₃) è la molecola composta da tre atomi di ossigeno; è un inquinante secondario, non emesso (non prodotto da attività antropiche), ma prodotto prevalentemente da reazioni complesse che coinvolgono gli ossidi di azoto, il CO, i Composti Organici Volatili, accelerate dall’irraggiamento solare e dalla temperatura.

La tossicità dell’ozono, e dei vari altri inquinanti appartenenti alla categoria del fotosmog, è dovuta al loro potere ossidante, cioè al fatto che reagiscono con ogni tipo di sostanza biologica. Essendo però l’ozono particolarmente reattivo, la sua vita media nei mezzi liquidi e solidi è molto breve. Esso esercita pertanto la sua azione soprattutto per contatto diretto, quando è ancora in forma gassosa. I danni maggiori gravano quindi sul sistema respiratorio e sulle parti esposte all’aria, dove l’ozono esercita la sua azione soprattutto sulle proteine e sui lipidi delle membrane cellulari. Sono stati osservati sull’uomo fenomeni di irritazione degli occhi, del naso, e della gola, mal di testa, difficoltà di respirazione e tosse collegabili alla presenza di ozono a partire da concentrazioni medie orarie di 200 µg/m³. Sono state evidenziate difficoltà di respirazione nei bambini per concentrazioni medie orarie da 160 a 300 µg/m³. Studi su più specie animali, tra cui topi, gatti, scimmie, sottoposti a concentrazioni di 1000 µg/m³ per 4 ore, hanno dimostrato infiammazioni ed alterazioni alle cellule ciliate nasofaringee e tracheobronchiali. Sebbene l’ozono non riesca a giungere nel sangue (poiché reagisce prima), gli studi su animali hanno dimostrato anche effetti extrapolmonari seguenti un’esposizione di ozono di 400 µg/m³ per 4 ore. Sono infatti state osservate modificazioni della forma dei globuli rossi del sangue e della circolazione di vari componenti del siero e cambiamenti dell’attività enzimatica.

L’ozono è un elemento tossico anche per la vegetazione perché, oltre ad avere un elevato potere ossidante, ha una grande facilità di penetrazione nelle foglie nonché una solubilità in acqua (e quindi nei liquidi cellulari) dieci volte superiore a quella dell’ossigeno. Ne consegue tra l’altro un

invecchiamento fogliare e talvolta l'insorgere di necrosi. Si è riscontrato un ingiallimento degli aghi nel pino silvestre dopo sole tre settimane di fumigazione con $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre nel faggio e nell'abete rosso i primi sintomi visibili sono comparsi dopo sei settimane con concentrazioni di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Questa sensibilità della vegetazione verso variazioni delle concentrazioni di ozono rispetto al fondo, fornisce un metodo di analisi quantitativa dei livelli di ozono, tanto che si può parlare di monitoraggio biologico. Per esempio il tabacco costituisce un buon bioindicatore perché manifesta caratteristici danni visibili già dopo 24 - 48 ore di esposizione ad aria ambiente. Studi in proposito sono stati condotti anche utilizzando altre specie vegetali come il trifoglio o la pianta del fagiolo.

Per quel che riguarda i beni naturali, un effetto caratteristico dell'O₃ è l'infrangimento, fino a rottura, delle gomme sia naturali che artificiali. Danni significativi si manifestano anche per le fibre a base di cellulosa e per le vernici.

2.6 PARTICOLATO ATMOSFERICO

Con il termine particolato atmosferico si definisce genericamente un'ampia classe di sostanze con diverse proprietà chimiche e fisiche presenti in atmosfera sotto forma di particelle liquide (con esclusione dell'acqua pura) o solide. Il particolato atmosferico è un inquinante particolare in quanto esso non è composto da un'unica specie chimica ma piuttosto da una miscela di specie chimiche.

Uno dei parametri più importanti per la definizione delle proprietà del particolato atmosferico è la sua dimensione. Infatti essa influisce sugli effetti di rimozione dall'atmosfera, sugli effetti sulla salute umana e sulla visibilità.

Una definizione molto importante, anche dal punto di vista epidemiologico, è quella di PM_x, dove x è una dimensione espressa in μm (millesimi di millimetro), che indica il particolato con diametro equivalente minore di x μm . Ad esempio PM₁₀ e PM_{2.5} indicano la frazione di particolato con diametro equivalente minore di 10 μm e 2.5 μm rispettivamente.

Il particolato atmosferico con diametro superiore a 10 μm può essere considerato relativamente poco pericoloso perché si deposita al suolo rapidamente e, se viene inalato, è trattenuto dalle prime vie respiratorie. Diverso il discorso riguardante le particelle con diametro inferiore, più pericolose perché riescono a penetrare più profondamente. L'inalazione di aerosol metallici può recare danno al sistema nervoso e al sistema circolatorio. Le sostanze organiche e in particolare

gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) possono avere azione carcinogenica sulle cellule polmonari, mentre le particelle inorganiche possono fungere da vettori per virus e batteri.

Per quanto concerne la vegetazione, i meccanismi principali con cui le particelle sospese influiscono su di essa sono:

- asfissia della superficie fogliare;
- blocco fisico delle aperture stomatali a causa della deposizione di particolato;
- reazioni chimiche delle sostanze portate dal particolato;
- effetti indiretti sull’acidità del suolo e sulla composizione ionica.

Le aperture stomatali sono le zone più importanti per l’interazione inquinanti vegetazione. Esse hanno dimensioni paragonabili con quelle di una certa frazione del particolato (10-12 μm in lunghezza e 2-8 μm in larghezza), quindi possono essere da questo bloccato. L’asfissia della superficie delle foglie riduce la trasmissione della luce e influisce sui processi fotosintetici. A causa della deposizione delle particelle sulle foglie si riscontra la presenza di metalli quali Al, Cr, Fe, Ni, Sc, Sm e V. Inoltre la deposizione di particelle contenenti sali di cloro può provocare la lesione delle foglie. L’ostruzione fisica delle aperture stomatali riduce la resistenza stomatale facendo aumentare la quantità di gas inquinanti (ad esempio fitotossici come NO_2 , SO_2 e O_3) che possono entrare nella foglia. Inoltre essa influisce anche sullo scambio di vapore d’acqua. In generale l’accumulo di particelle sulla superficie fogliare rende la pianta più suscettibile ad altri tipi di stress.

Il particolato atmosferico ha effetti dannosi su numerosi materiali potendo agire come catalizzatore per la conversione di ossidi di azoto (NO_x) e biossido di zolfo (SO_2) in acido nitrico (HNO_3) e acido solforico (H_2SO_4). Queste particelle acidificate possono accelerare la degradazione del materiale suscettibile presente sulle superfici su cui esse si depositano. Attraverso meccanismi di questo tipo il particolato atmosferico può avere effetti dannosi sia sui metalli (ad esempio cupole di rame dei monumenti) che sulle pietre (marmo).

Effetti dannosi del particolato sulle vernici sono stati verificati attraverso appositi studi finanziati soprattutto dalle case automobilistiche.

Infine il particolato nella dimensione ultrafine (diametro inferiore a 1 μm) ha effetti dannosi sui dispositivi elettronici. Questi effetti sono provocati ad esempio dalla proprietà igroscopica del

particolato: il sottile film di umidità che si forma può creare contatti tra superfici che dovrebbero invece rimanere isolate.

Alte concentrazioni di particolato atmosferico, soprattutto nella frazione fine, alterano in modo evidente la visibilità riducendo il campo visivo; ciò può influire sia sulla godibilità di certi panorami, sia sulle le operazioni di atterraggio degli aeroplani.

2.7 OSSIDI DI ZOLFO

Gli ossidi di zolfo sono principalmente costituiti da SO₂, che è un gas incolore, non infiammabile di odore pungente. Piccole quantità di fondo naturale (0.002-0.008 ppm) di SO₂ derivano in primo luogo da attività microbiche e da emissioni vulcaniche. Le principali sorgenti sono antropiche e cioè, in ordine decrescente di importanza: le centrali termoelettriche, gli impianti industriali (raffinerie, fonderie), gli impianti termici non alimentati a gas naturale, gli autoveicoli diesel. Il tempo di residenza in atmosfera dell'anidride solforosa è mediamente di 5 giorni. La presenza in aria di tale inquinante è breve poiché le precipitazioni lo rimuovono in buona parte e inoltre poiché si ossida a SO₃ per trasformarsi successivamente, a contatto con il vapore acqueo, in acido solforico.

Tra i principali effetti sanitari di questi inquinanti si segnalano arrossamento delle mucose delle prime vie respiratorie fino a bronchiti croniche. Particolarmente sensibili all’effetto degli ossidi di zolfo sono le persone con problemi asmatici. Indirettamente, poiché aggrava la funzione respiratoria, questo inquinante ha effetti anche sul sistema cardiovascolare. Può agire anche in sinergia con le polveri fini.

Gli ossidi di zolfo provocano inoltre danni sugli ecosistemi acquatici e della vegetazione poiché SO₂ si ossida a SO₃ per trasformarsi successivamente, a contatto con il vapore acqueo, in acido solforico, che è uno dei costituenti principali delle cosiddette "piogge acide".

Gli ossidi di zolfo sono anche inquinanti fitotossici (tossici per la vegetazione) la cui azione viene amplificata nei climi freddi. Effetti sulla vegetazione sono, ad esempio, il degrado della clorofilla o la riduzione della fotosintesi; le piante più suscettibili sono i licheni che vengono considerati, per questo motivo, indicatori biologici di tali composti.

L’acqua presente sulle pareti dei manufatti funge da veicolo per molti inquinanti solubili in essa, tra cui SO₂, che possono così penetrare nelle porosità. La condensazione del vapore acqueo in acqua liquida è facilitata sulle superfici fredde, quali sono ad esempio quelle dei monumenti. I

monumenti di pietra calcarea sono i più colpiti, perché l’acido solforico contenuto nelle deposizioni acide trasforma il carbonato di calcio, di cui sono costituiti, in solfato di calcio che viene facilmente dilavato dalle acque piovane, così la nuova superficie è pronta per essere ulteriormente aggredita.

2.8 COMPOSTI ORGANICI VOLATILI

I composti organici volatili (COV) possono essere definiti come quelle sostanze organiche che in aria abbandonano il loro stato fisico originario, liquido o solido, per passare alla fase gassosa. Tuttavia, anche le sostanze in fase gassosa a temperatura ambiente possono essere trattate come COV (ad esempio il metano). Il termine composti organici volatili denota quindi l'intero insieme dei composti organici in fase gassosa presenti in atmosfera con esclusione del CO e della CO₂.

I composti organici volatili presenti nelle aree urbane sono legati alle emissioni di prodotti incombusti provenienti dal traffico e dal riscaldamento domestico e all'evaporazione dei carburanti durante le operazioni di rifornimento nelle stazioni di servizio o dai carburatori degli autoveicoli stessi. Negli ultimi anni l'uso sempre più frequente di benzine con basso tenore di piombo ha aumentato la frazione aromatica dal 30% al 45% in peso. Fonti secondarie, ma non trascurabili, sono le emissioni dirette di solventi usati in attività di lavaggi a secco, di sgrassatura e di tinteggiatura.

I COV hanno un'importanza fondamentale sia nella chimica dell'atmosfera, sia su scala urbana che su scala globale.

Per quanto riguarda la formazione di ozono troposferico, alcune specie, ad esempio il toluene, l'etilbenzene e gli isomeri dello xilene, reagiscono piuttosto facilmente con il radicale ossidrilico (OH), o per addizione di questo all'anello aromatico, o per estrazione dell'atomo di idrogeno dal gruppo metile (CH₃). Si formano pertanto dei radicali liberi che possono sostituire il ruolo dell'ozono nell'ossidazione del monossido di azoto.

Il metano è uno dei gas responsabili dell'effetto serra, secondo in importanza solo alla CO₂. Pur essendo la concentrazione atmosferica di CH₄ inferiore rispetto a quella del biossido di carbonio, il suo GWP (global warming potential) è 21 volte quello della CO₂.

3 SCENARI DI RIFERIMENTO DELLA QUALITÀ DELL’ARIA

La definizione di scenario di riferimento della qualità dell’aria è riportata nell’Allegato 4 al DM 261/2002:

“Per scenario di riferimento si intende lo scenario di qualità dell’aria riferito al termine di cui all’articolo 4, comma 1 lettera c), del decreto legislativo n. 351 del 1999, 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 è predisposto per ognuno degli inquinanti per i quali vengono posti valori limite alle concentrazioni nelle modalità indicate dall’articolo 4, comma 1 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n., 351.”

Inquinante	Bersaglio	Periodo di mediazione	Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max superamenti	Data raggiungimento
SO ₂	Salute umana	1h	350	24	01/01/2005
	Salute umana	24h	125	3	01/01/2005
	Vegetazione	Anno civile	20	-	19/07/2001
NO ₂	Salute umana	1h	200	18	01/01/2010
	Salute umana	Anno civile	40	-	01/01/2010
NO _x	Vegetazione	Anno civile	30	-	19/07/2001
PM10 - Fase 1	Salute umana	24h	50	35	01/01/2005
	Salute umana	Anno civile	40	-	01/01/2005
PM10 - Fase 2	Salute umana	24h	50	7	01/01/2010
	Salute umana	Anno civile	20	-	01/01/2010
Piombo	Salute umana	Anno civile	0.5	-	01/01/2005
Benzene	Salute umana	Anno civile	5	-	01/01/2010
CO	Salute umana	Max giornaliera 8h	10000	-	01/01/2005
O ₃	Salute umana	Max giornaliera 8h	120	25	01/01/2010
	Vegetazione	AOT40	18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$	-	01/01/2010

Tabella 1 -Valori limite degli inquinanti previsti dalla normativa e termini entro cui devono essere raggiunti

Il termine di cui all’articolo 4, comma 1 lettera c), del decreto legislativo n. 351 del 1999 viene specificato dal DM 60/2002 e dalla Direttiva 2002/3/CE per l’ozono. I valori limite ed i termini entro i quali devono essere raggiunti per ogni inquinante sono riportati in Tabella 1. Gli scenari di riferimento saranno quindi riferiti a tre diversi anni: il 2001 per quanto riguarda la protezione della vegetazione; il 2005 e il 2010 per quanto riguarda la protezione della salute umana.

Al fine della corretta definizione degli scenari di riferimento è utile riepilogare qual è la principale normativa in materia di emissioni atmosferiche.

- Decreto Legislativo 18 febbraio 2005, n. 59 (Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell’inquinamento).
- Decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171 (Attuazione della direttiva 2001/81/CE relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici). L’art. 4 di questo decreto incarica APAT ed ENEA di determinare le proiezioni delle emissioni nazionali per gli anni futuri.
- Direttiva 2002/51/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 luglio 2002 sulla riduzione del livello delle emissioni inquinanti dei veicoli a motore a due o a tre ruote e che modifica la direttiva 97/24/CE.
- Decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372 (Attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell’inquinamento. Testo coordinato alle modifiche della legge 306/2003 pubblicata su GU n. 266 del 15 novembre 2003 – S.O. n. 173). Questo decreto si applica ad alcune attività industriali indicate nel suo allegato, ad esempio attività energetiche, produzione e trasformazione dei metalli, industria dei prodotti minerali, industria chimica, gestione dei rifiuti ed altre attività.
- Decreto 16 gennaio 2004, n. 44 del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio (Recepimento della direttiva 1999/13/CE relativa alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili da talune attività industriali, ai sensi dell’articolo 3, comma 2, del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203). Questo decreto si applica ad importanti attività quali, ad esempio, diversi tipi di rivestimento con adesivi o film, verniciatura in continuo di metalli, pulitura a secco, fabbricazione di calzature, di vernici, di prodotti farmaceutici, industria della stampa.

- Decreto 18 luglio 2003 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Recepimento della direttiva 2003/27/CE della Commissione, del 3 aprile 2003, che adegua al progresso tecnico la direttiva 1996/96/CE del Consiglio per quanto riguarda i controlli delle emissioni di gas di scarico dei veicoli a motore).
- Raccomandazione della Commissione del 15 gennaio 2003 sugli orientamenti destinati ad assistere gli Stati membri nell'elaborazione del piano nazionale di riduzione delle emissioni previsto dalla direttiva 2001/80/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, concernente la limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati dai grandi impianti di combustione.
- Direttiva 2004/26/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 aprile 2004 che modifica la direttiva 97/68/CE concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai provvedimenti da adottare contro l'emissione di inquinanti gassosi e particolato inquinante prodotti dai motori a combustione interna destinati all'installazione su macchine mobili non stradali (e relative rettifiche).

Per definire gli scenari di riferimento è necessario applicare opportuni fattori moltiplicativi o fattori di proiezione alle emissioni dello scenario base; i fattori moltiplicativi devono essere calcolati in base a considerazioni di natura socioeconomica (variazioni demografiche, variazioni del PIL, ...) e di natura tecnologica (introduzione di propulsori meno inquinanti, variazione delle specifiche dei carburanti, ...). In questo progetto è stato scelto di utilizzare i fattori di proiezione determinati nell'ambito di studi pluriennali svolti a livello europeo o nazionale che hanno coinvolto numerosi istituti e figure professionali complementari; tali studi sono spesso un riferimento per i legislatori comunitari e nazionali; questa scelta ha lo scopo di ridurre le incertezze associate alle proiezioni effettuate. In particolare, per ottenere gli scenari emissivi del traffico veicolare sono stati utilizzati gli scenari del programma Auto-Oil (descritto nel seguito), mentre per ottenere gli scenari emissivi degli altri macrosettori sono stati utilizzati i risultati descritti nella “Terza comunicazione nazionale dell'Italia alla convenzione quadro sui cambiamenti climatici” redatta dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio.

3.1 Lo scenario di riferimento per il 2001

Prima di analizzare gli scenari futuri è utile riportare un breve riepilogo, per i principali inquinanti che verranno trattati, delle stime di emissione ottenute per l’anno 2001 nella prima fase del presente progetto, cioè l’inventario delle emissioni in atmosfera.

L’anno 2001 è stato scelto per vari motivi, tra i quali:

- é l’anno di riferimento per la protezione degli ecosistemi;
- è l’ultimo anno per il quale erano disponibili, al momento della partenza del progetto, una serie di informazioni fondamentali per l’inventario, quali il censimento generale della popolazione e il censimento generale dell’agricoltura.

La Tabella 2 riporta le emissioni annuali stimate da APAT per la Sardegna e per gli anni 1990, 1995 e 2000, e le emissioni calcolate in questo progetto relativamente all’anno 2001. Tutti i valori sono espressi in tonnellate, fatta eccezione per le emissioni di piombo che sono invece espresse in kg.

	1990	1995	2000	2001
NO_x	68234	61230	43449	65698
CO	199644	202612	163320	151462
C₆H₆	1429	1078	542	786
PM10	9241	8620	6536	5182
SO₂	156607	113419	52680	56513
Pb (kg)	142766	78749	29969	7648

Tabella 2 –Emissioni annuali (t) stimate da APAT per gli anni 1990, 1995 e 2000 ed emissioni stimate per il 2001 nel presente studio. Le emissioni di Pb sono in kg.

Dalla tabella si nota come le emissioni stimate da APAT per l’anno 2000 siano dello stesso ordine di grandezza di quelle stimate in questo progetto per l’anno 2001; la differenza maggiore si ha per il piombo, le cui emissioni risultano inferiori nelle stime del progetto rispetto a quelle di APAT. Questa differenza è imputabile alla sempre maggiore penetrazione della benzina verde rispetto alla benzina super: nel 2001 la benzina super venduta in Sardegna è stata pari al 19.5% del totale, quindi il rimanente 80.5% ha riguardato la vendita di benzina verde che è priva di

piombo. Inoltre anche il contenuto massimo di Pb ammesso nelle benzine è passato, a partire dal 2000, a 0.003 g/l.

Considerando i soli dati APAT, la Tabella 2 mostra inoltre come dal 1990 sia iniziato un trend di diminuzione delle emissioni, l’unica eccezione riguarda il CO che, nel passare dal 1990 al 1995, subisce un aumento relativo poco superiore all’1%, mentre se si considerano le emissioni del 2000 diminuisce di oltre il 18%. Come si vedrà nei paragrafi successivi, questo trend di diminuzione delle emissioni è destinato a continuare sino al 2010, soprattutto grazie alle notevoli diminuzioni dalle emissioni derivanti dal traffico veicolare.

3.2 IPOTESI DI VARIAZIONE DELLE EMISSIONI DAL TRAFFICO VEICOLARE (MACROSETTORE 7)

Per le ipotesi di variazione delle emissioni dal traffico veicolare il presente documento prende spunto principalmente dai programmi Auto-Oil 1 e 2; infatti i programmi Auto-Oil, 1 e 2, sono gli strumenti tecnici su cui è basata quasi tutta la normativa europea volta alla diminuzione delle emissioni dal settore dei trasporti. I report dell’ultimo programma Auto-Oil sono disponibili all’indirizzo <http://europa.eu.int/comm/environment/autooil/index.htm>.

3.2.1 I programmi Auto Oil

La Direttiva Europea 70/220/EEC fu la prima a stabilire dei limiti di emissione per le autovetture per trasporto passeggeri; dopo di essa vennero adottate altre direttive sia per i veicoli commerciali leggeri (Direttiva 93/59/EEC) che per i veicoli commerciali pesanti (Direttiva 91/542/EEC). Quando nel 1994 la Direttiva 70/220/EEC venne modificata tramite la 94/12/EC, si stimò che le emissioni degli inquinanti normati sarebbe stata ridotta, nel periodo 1996/1997, di circa il 90% rispetto ai valori degli anni settanta.

Tuttavia, nella fase di emanazione di tale direttiva, fu evidente che l’aumento dei volumi di traffico rischiava di annullare i considerevoli benefici tecnici raggiunti, e che ulteriori azioni si rendevano quindi necessarie. Fu chiaro che le riduzioni delle emissioni raggiungibili esclusivamente con misure di tipo tecnologico erano limitate, e molto costose, rispetto ad altre potenziali soluzioni: il raggiungimento degli obiettivi di qualità dell’aria necessitava una rivalutazione delle politiche esistenti. La Commissione Europea organizzò quindi una conferenza nell’ottobre 1992 per discutere gli standard delle emissioni veicolari per gli anni 2000

coinvolgendo tutte le parti interessate. La principale conclusione di questa conferenza fu che gli standard per le emissioni future dovevano essere basati su un approccio comprensivo ed integrato; conseguentemente, al termine del 1992, fu dato inizio ad un programma di lavoro tecnico che doveva fornire solide fondamenta su cui basare le proposte legislative future. In accordo con il “principio di responsabilità condivisa” (5th Environmental Action Programme) la Commissione invitò l’associazione europea dei costruttori di automobili (ACEA) e delle industrie petrolifere (CONCAWE) a collaborare nella realizzazione di questo programma che divenne noto con il nome di Auto-Oil (AOP). Nel proporre gli standard emissivi da adottare dal 2000 in avanti la Commissione si riproponeva i seguenti vincoli sulle possibili misure:

- gli effetti dovevano rispettare i criteri di qualità dell’aria della EU e gli obiettivi ad essi correlati;
- dovevano essere soggette a criteri di cost-effectiveness, e dovevano considerare il potenziale contributo della gestione del traffico, di un incremento del trasporto pubblico urbano, di nuove tecniche di propulsione e di carburanti alternativi;
- dovevano essere proporzionali e ragionevoli alla luce degli obiettivi proposti.

In altre parole il programma Auto-Oil 1 doveva fornire ai legislatori una valutazione oggettiva sulle misure più efficaci, e meno costose, per ridurre le emissioni dal settore dei trasporti, ad un livello consistente con gli standard di qualità dell’aria della EU. Le misure esaminate includevano la tecnologia dei veicoli, la qualità dei combustibili e altre misure non tecniche accennate in precedenza.

I risultati dell’analisi di costo efficacia effettuati nell’ambito di AOP1 furono pubblicati nel novembre 1995 (AOP1, 1995). I risultati di uno specifico programma di ricerca sull’interazione tra tecnologia dei veicoli e qualità dei carburanti furono pubblicati nel report EPEFE (European Programme on Emissions, Fuels and Engine Technologies). Infine i risultati dell’intero programma AOP1 furono pubblicati dalla Commissione Europea nel 1996 (AOP1, 1996). Simultaneamente, come risultato di AOP1, la Commissione Europea adottò nel giugno 1996 la Comunicazione COM 96/248 (cioè un atto preparatorio per una direttiva), assieme a numerose altre proposte di direttive tra cui ad esempio quella riguardante gli standard di qualità per carburanti diesel e benzina (96/0163) e quella riguardante le emissioni delle autovetture per

trasporto passeggeri (96/0164). Altre iniziative derivanti da AOP1 hanno successivamente portato alle seguenti proposte di direttive:

- standard più restrittivi per le emissioni dai veicoli commerciali leggeri (successivamente confluito nella proposta 96/0164 e adottato dalla Commissione nel febbraio 1997);
- standard più restrittivi per le emissioni dai veicoli commerciali pesanti (COM(99)89 adottato dalla Commissione nel dicembre 1997);
- miglioramento delle procedure di ispezione e mantenimento degli autoveicoli (COM/98/0177 final, OJ C 190 18/06/1998).

A tutte queste direttive ci si riferisce solitamente con il termine di direttive Auto-Oil.

Il secondo programma Auto-Oil (AOP2) ebbe inizio nella primavera del 1997; il suo principale obiettivo era quello di fornire dati tecnici alla Commissione in merito alla futura legislazione riguardante i limiti di emissione delle autovetture e gli standard di qualità dei carburanti. La legislazione sulle emissioni doveva essere tale da condurre al rispetto degli standard di qualità dell’aria entro il 2010 con il minimo costo possibile e, nello stesso tempo, doveva portare ad una riduzione delle emissioni di CO₂. Veniva esplicitamente richiesto dalla Commissione che la strategia di AOP2 tenesse in considerazione i seguenti punti:

- gli andamenti della qualità dell’aria muovendosi verso 2010 e oltre;
- le emissioni di inquinanti nocivi in Europa considerando il trasporto e altre sorgenti emissive, e una stima del contributo al miglioramento della qualità dell’aria per mezzo di misure esistenti o già pianificate;
- gli sviluppi tecnologici in merito alla tecnologia dei veicoli e dei nuovi propulsori (ad esempio la propulsione elettrica o le celle di combustibile), e il loro potenziale di mercato;
- la tecnologia di raffinazione dei carburanti;
- il potenziale per ridurre le emissioni dei veicoli attraverso l’uso di carburanti alternativi come il gas naturale, il gas di petrolio liquefatto, il dimetil etere e il biocombustibile, considerando anche i sistemi di distribuzione necessari per la loro diffusione;
- miglioramenti nelle procedure di test, in particolare nelle misure di particolato;

- il potenziale e la fattibilità di misure tecniche, non tecniche e locali per la riduzione delle emissioni dei veicoli; la valutazione in questo contesto di misure quali la gestione del traffico, il trasporto pubblico urbano, il miglioramento di misure di ispezione e mantenimento dei veicoli ed incentivi alla rottamazione;
- la particolare situazione di veicoli appartenenti a specifiche categorie (trasporto spazzatura, taxi, ...) e il potenziale per la riduzione delle loro emissioni ricorrendo all’utilizzo di carburanti con specifiche ambientali molto stringenti;
- la potenziale riduzione delle emissioni raggiungibile con carburanti poco inquinanti utilizzati da trattori agricoli, come indicato dalla Direttiva 74/150/EEC, e nei motori di combustione interna destinati ad essere installati su macchinari fissi;
- il contributo che misure fiscali selettive e differenziate potrebbero portare nel ridurre le emissioni dei veicoli senza impatti negativi sul funzionamento del mercato interno;
- gli effetti di ogni misura sulle emissioni di CO₂;
- le strategie seguite da alcuni paesi terzi per migliorare la qualità dell’aria; i limiti di emissione e le specifiche dei combustibili in tali strategie;
- la qualità dell’olio crudo a disposizione della EU.

La proposta della Commissione doveva contenere i valori limite obbligatori dal primo gennaio 2005 confermando o modificando i valori limite indicativi riportati nelle proposte di direttive 96/0163 e 96/0164.

Gli obiettivi del progetto AOP2 furono alla fine definiti dal gruppo di lavoro sull’analisi costi efficacia come segue:

L’obiettivo di AOP2 è sviluppare una metodologia rivista e potenziata per la valutazione integrata di misure volte a ridurre le emissioni di inquinanti nocivi nella EU, sia emessi dal settore trasporto che da altre sorgenti. Il tutto allo scopo di fornire informazioni tecniche per lo sviluppo di ulteriori proposte sugli standard emissivi dei veicoli, sugli standard di qualità dei carburanti e su altre misure nel contesto di una strategia volta a produrre effetti tali da condurre al rispetto degli standard di qualità dell’aria della EU al minor costo possibile. Sulla base dei risultati ottenuti in merito alla costo efficacia di altre misure, la Commissione

considererà inoltre la necessità di proposte addizionali rispetto a quelle riguardanti le emissioni dei veicoli e la qualità dei carburanti.

Nell’ottobre 1998, sulla base dei primi risultati di AOP2, la EU approvò il pacchetto di misure concernenti i carburanti (Direttiva 98/70/EC) le autovetture per trasporto passeggeri e i veicoli commerciali leggeri (98/69/EC). Il pacchetto comprendeva ad esempio:

- una riduzione in due passi delle emissioni dalle autovetture per trasporto passeggeri e dai veicoli commerciali leggeri, il primo passo nell’anno 2000 ed il secondo nell’anno 2005;
- nuove specifiche ambientali per i carburanti diesel e benzina ad iniziare dall’anno 2000; combustibili con bassissimo contenuto di zolfo dovevano essere obbligatori a partire dal 2005;
- l’eliminazione dei carburanti contenenti piombo dal 2000, con possibilità di deroga sino al 2005.

Nell’ambito di AOP2 furono studiate anche ulteriori misure da applicare dal 2005, oltre a quelle stabilite da AOP1, riguardanti:

- specifiche ambientali per veicoli a due e a tre ruote;
- specifiche ambientali per veicoli commerciali pesanti;
- specifiche ambientali per carburanti diesel e benzina con basso contenuto di zolfo e di composti aromatici;
- specifiche ambientali per i combustibili utilizzati dalle *captive fleets* (veicoli appartenenti a particolari categorie quali mezzi per il trasporto della spazzatura, taxi, ...);
- specifiche ambientali per gas naturale, gas di petrolio liquefatto e biocombustibili.

I principali riferimenti in merito sono i seguenti:

- Directive 70/220/EEC; OJ N. L76, 06/04/1970, p. 1
- Directive 93/59/EEC; OJ N. L186, 27/07/1993, p. 21
- Directive 91/542/EEC; OJ N. L295, 25/10/1991, p. 1
- AOP1, 1995. A cost-effectiveness study of the various measures that are likely to reduce pollutant emissions from road vehicles for the year 2010, Commission of the European

Communities, Directorate General III –Industry division III E5, Automobiles and other road users and Touche Ross Management Consultants, Final Report, November 1995.

- AOP1, 1996. The European Auto Oil Programme, Directorate Generals for Industry; Energy; and Environment, Civil Protection and Nuclear Safety, European Commission, 1996 (XI/361/96)
- Directive 98/70/EC of the European Parliament and of the Council relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Council Directive 93/12/EEC.
- Directive 98/69/EC of the European Parliament and of the Council relating to measures to be taken against air pollution by emissions from motor vehicles and amending Council Directive 70/220/EEC.
- Auto-Oil II Cost-effectiveness Study. Part I: Introduction and Overview. the European Commission, Standard & Poor’s DRI and K.U. Leuven

3.2.2 Scenari per il traffico veicolare

Per quanto riguarda la stima delle emissioni dal traffico veicolare (macrosettore 7) risulta molto utile l’allegato B, parte 6, del già citato documento “Auto Oil II Cost effectiveness study. Part III: The transport base case.” inerente gli scenari di variazione delle emissioni del traffico autoveicolare per l’Italia (Tabella 3). I dati contenuti in questo allegato sono stati elaborati per ottenere le variazioni percentuali delle emissioni degli inquinanti di interesse rispetto all’anno 2001. I risultati sono riportati graficamente in Figura 3 per il CO, in Figura 4 per NO_x, in Figura 5 per le polveri, in Figura 6 per il benzene e in Figura 7 per SO₂. Si nota una riduzione molto evidente delle emissioni per tutti i veicoli; l’unica eccezione è costituita dagli ossidi di azoto emessi dalle moto che risultano in crescita.

Le cinque categorie di veicoli riportati nella tabella e nei grafici successivi corrispondono a:

- Cars: Automobili;
- LCV: Veicoli leggeri (<3.5 t);
- HDV: Veicoli pesanti (> 3.5 t);
- Buses: Autobus;
- Motos: Motocicli e ciclomotori.

Emissions, tonnes								
Region	Mode	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
CO emissions								
Italy	Cars	2.937.869	2.981.089	2.327.444	1.630.099	1.084.701	784.035	646.588
Italy	LCV	230.935	207.911	127.787	69.417	34.551	19.648	17.066
Italy	HDV	62.080	55.461	48.660	39.787	29.497	26.434	25.693
Italy	Buses	8.914	8.315	7.757	6.985	4.327	4.281	3.642
Italy	Motos	699.751	875.399	671.445	531.886	478.283	439.255	475.084
Italy	Total	3.939.550	4.128.174	3.183.094	2.278.175	1.631.358	1.273.654	1.168.073
NOx emissions								
Italy	Cars	522.237	513.053	385.494	237.301	114.700	72.877	61.543
Italy	LCV	43.420	43.484	31.660	20.070	10.954	6.722	6.001
Italy	HDV	193.083	175.095	145.427	114.002	76.775	55.396	45.326
Italy	Buses	35.740	33.116	29.224	24.962	15.409	12.125	9.193
Italy	Motos	5.021	6.304	7.503	8.474	9.461	10.348	11.053
Italy	Total	799.500	771.052	599.309	404.809	227.298	157.468	133.116
PM emissions								
Italy	Cars	17.995	14.065	7.388	3.032	1.308	1.034	989
Italy	LCV	7.712	8.413	5.676	3.113	1.749	1.139	1.115
Italy	HDV	13.159	11.805	8.687	5.982	3.014	1.541	1.012
Italy	Buses	1.688	1.579	1.340	1.087	623	277	191
Italy	Motos	0	0	0	0	0	0	0
Italy	Total	40.553	35.861	23.090	13.213	6.694	3.990	3.307
Benzene emissions								
Italy	Cars	19.809	20.135	9.722	4.791	1.530	764	543
Italy	LCV	1.291	1.149	516	263	127	77	76
Italy	HDV	661	586	544	459	355	318	306
Italy	Buses	81	77	72	64	47	36	30
Italy	Motos	4.682	6.130	4.059	3.147	2.886	2.625	2.885
Italy	Total	26.525	28.077	14.912	8.724	4.945	3.820	3.840
VOC emissions								
Italy	Cars	586.980	589.273	399.087	199.692	55.103	29.602	22.058
Italy	LCV	38.312	34.640	20.844	11.071	5.531	3.553	3.513
Italy	HDV	33.062	29.317	28.727	25.171	19.452	17.411	16.776
Italy	Buses	4.071	3.857	3.777	3.529	2.581	1.948	1.648
Italy	Motos	116.434	152.170	128.922	109.245	102.567	95.972	105.237
Italy	Total	778.859	809.257	581.357	348.707	185.233	148.486	149.232
NMVO emissions								
Italy	Cars	564.535	566.244	384.734	193.293	54.075	28.961	21.633
Italy	LCV	36.963	33.503	20.274	10.815	5.436	3.511	3.475
Italy	HDV	28.365	25.137	24.379	21.156	16.288	14.547	13.999
Italy	Buses	2.694	2.615	2.537	2.358	1.762	1.267	1.068
Italy	Motos	110.406	144.434	120.266	99.963	92.041	84.362	92.771
Italy	Total	742.963	771.934	552.190	327.585	169.602	132.647	132.945
SO2 emissions								
Italy	Cars	10.537	12.260	6.175	1.637	1.613	1.612	1.640
Italy	LCV	2.126	2.211	1.578	256	249	244	242
Italy	HDV	4.489	4.816	3.474	491	503	511	518
Italy	Buses	0	0	0	0	0	0	0
Italy	Motos	490	657	304	94	91	90	93
Italy	Total	17.642	19.944	11.531	2.478	2.457	2.457	2.493
CO2 emissions (thousand tonnes)								
Italy	Cars	52.311	63.586	67.758	70.639	69.451	69.240	70.252
Italy	LCV	8.282	8.462	9.493	10.066	9.789	9.591	9.534
Italy	HDV	15.650	16.789	18.168	19.247	19.740	20.042	20.327
Italy	Buses	2.631	2.632	2.511	2.465	2.380	2.384	2.315
Italy	Motos	2.598	3.486	3.727	3.757	3.637	3.592	3.693
Italy	Total	81.472	94.954	101.656	106.174	104.998	104.849	106.121

Tabella 3 - Scenari di variazione delle emissioni di inquinanti emessi dal traffico autoveicolare (Fonte: Auto Oil II)

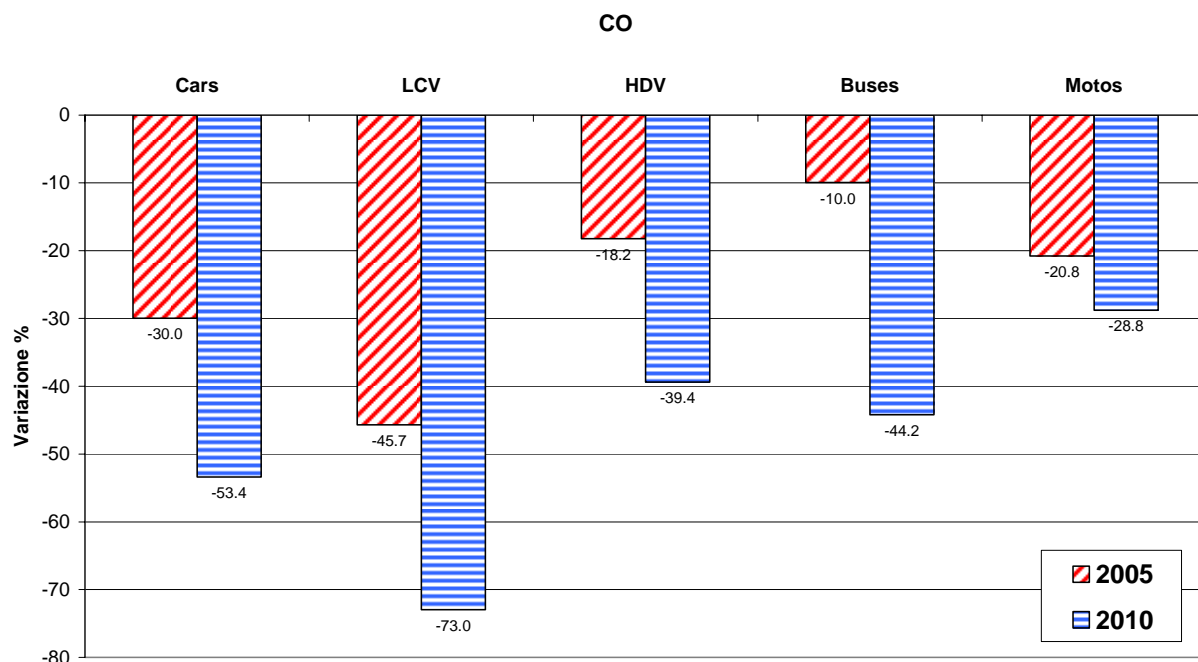


Figura 3 -Variazioni percentuali delle emissioni di CO dal macrosettore 7 al 2005 e al 2010 rispetto al 2000 (Fonte: Auto Oil II)

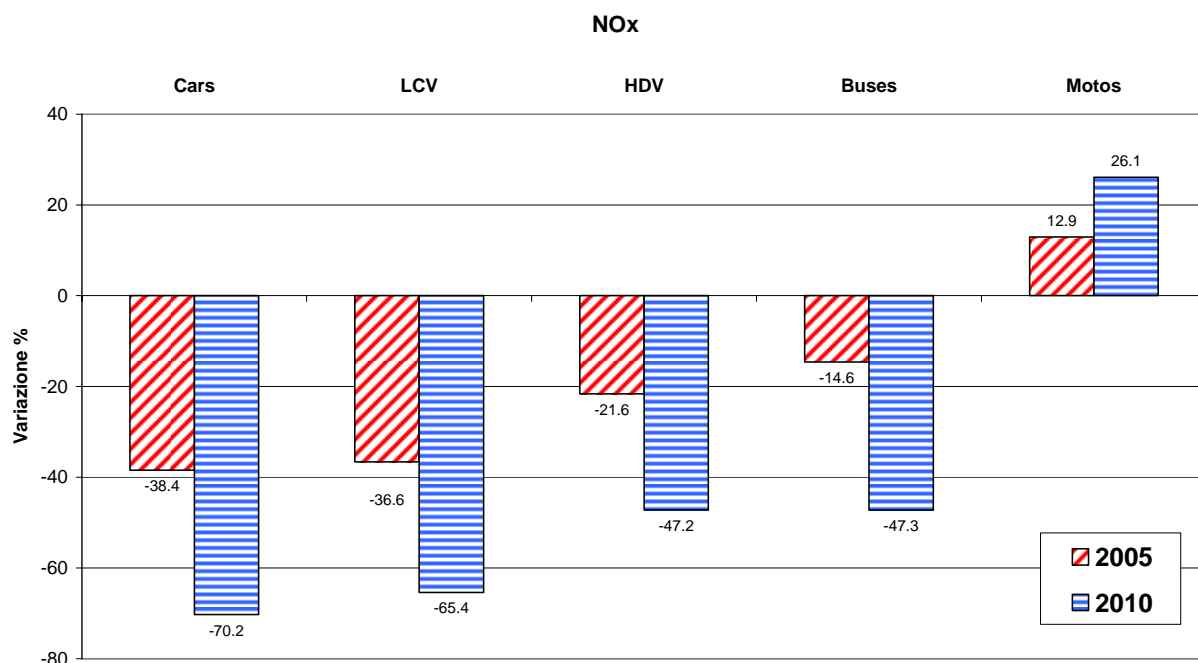


Figura 4 - Variazioni percentuali delle emissioni di NOX dal macrosettore 7 al 2005 e al 2010 rispetto al 2000 (Fonte: Auto Oil II)

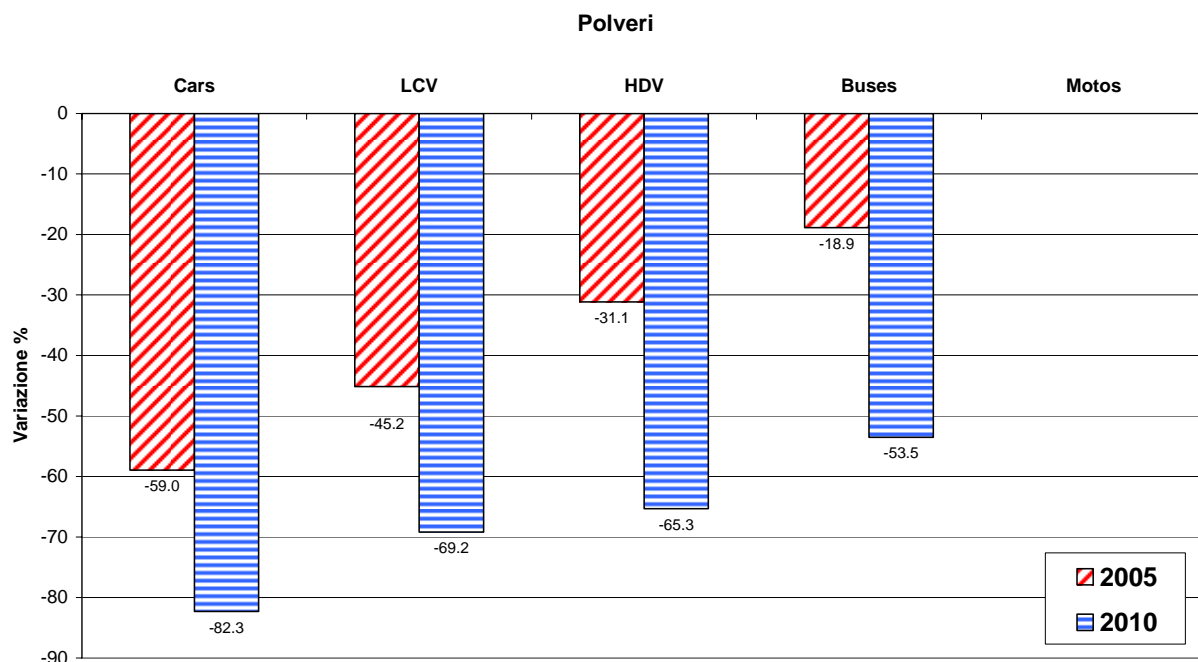


Figura 5 -Variazioni percentuali delle emissioni di Polveri dal macrosettore 7 al 2005 e al 2010 rispetto al 2000 (fonte: Auto Oil II)

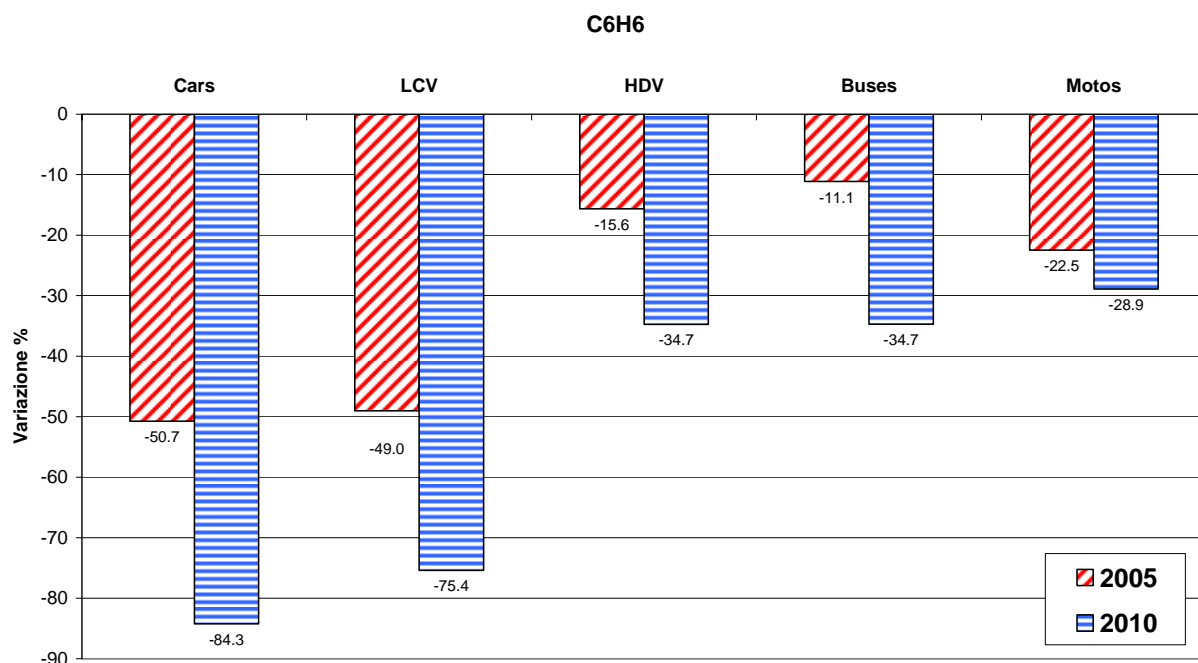


Figura 6 - Variazioni percentuali delle emissioni di Benzene dal macrosettore 7 al 2005 e al 2010 rispetto al 2000 (fonte: Auto Oil II)

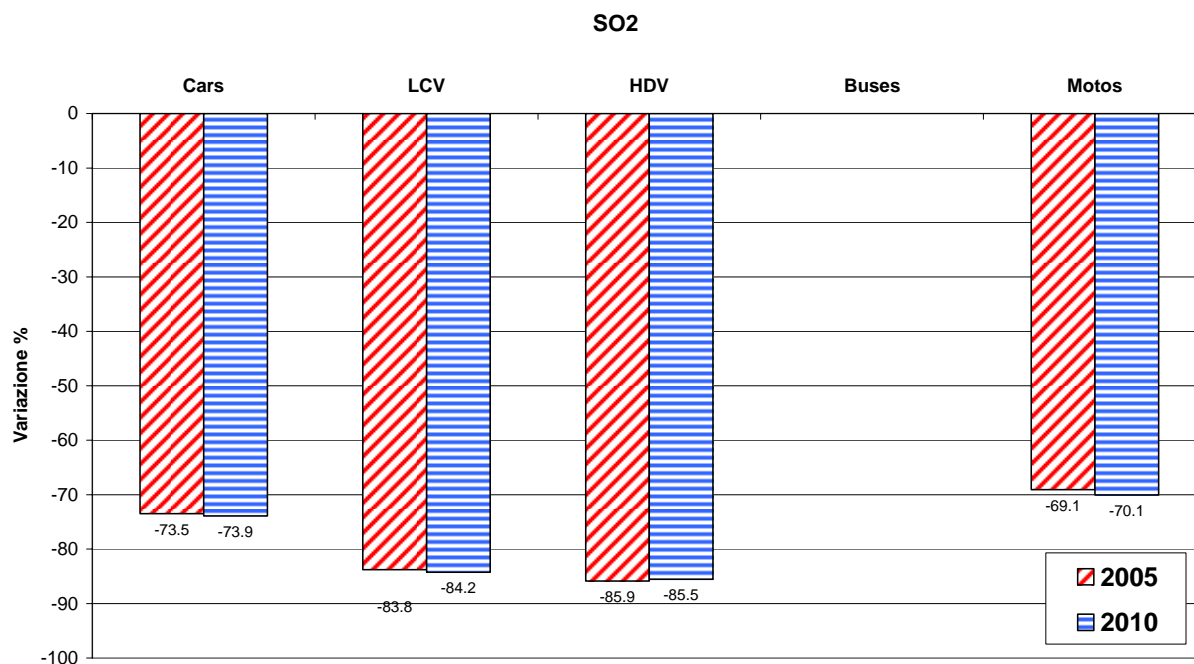


Figura 7 - Variazioni percentuali delle emissioni di SO2 dal macrosettore 7 al 2005 e al 2010 rispetto al 2000 (Fonte: Auto Oil II)

Le variazioni percentuali delle emissioni per le varie categorie di veicoli sono state applicate in maniera uniforme al caso della regione Sardegna; in altre parole, le emissioni stimate per il 2001 nella fase di realizzazione dell’inventario, sono state corrette con le variazioni sopra riportate. Questo ha dato luogo a due scenari di emissione (uno per il 2005 e uno per il 2010), dettagliati al livello comunale, che sono stati utilizzati come input ai vari modelli di simulazione delle concentrazioni.

3.3 IPOTESI DI VARIAZIONE DELLE ALTRE EMISSIONI (MACROSETTORI DIVERSI DAL 7)

Per stimare la variazione delle emissioni dei macrosettori CORINAIR diversi dal 7 si è fatto ricorso a una serie di ipotesi riguardanti le varie fonti emmissive, ovvero le attività industriali e artigianali (macrosettori 1, 3, 4, 5, 6), la combustione non industriale (macrosettore 2), le sorgenti mobili che non contribuiscono al traffico stradale (macrosettore 8), il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti (macrosettore 9), l’agricoltura e l’allevamento (macrosettore 10), le fonti naturali (macrosettore 11).

Fondamentale, per molti macrosettori (in particolare i macrosettori 1, 2, 3, 8 e 10) è stato l’utilizzo dello scenario tendenziale dei consumi energetici contenuto nella III Comunicazione Nazionale sui Cambiamenti Climatici del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio. Questo scenario, che si estende fino al 2020, è stato riportato nella Delibera sulle misure per mitigare i cambiamenti climatici approvata dal Comitato interministeriale per la programmazione economica (CIPE) nel dicembre 2002. Lo scenario tendenziale dei consumi energetici per gli anni 2000 e 2010 viene riportato in Tabella 4 e in Tabella 5 rispettivamente. La variazione percentuale dei consumi energetici tra questi due anni è mostrata graficamente in Figura 8 (la variazione percentuale al 2005 è stata stimata ipotizzando un andamento lineare).

La variazione stimata dei consumi energetici viene utilizzata per determinare la variazione delle emissioni in atmosfera dai relativi settori; ad esempio la variazione relativa alla produzione di energia elettrica viene applicata al settore CORINAIR 010100.

Settore	Carbone	Gas	Petrolio	Totale
Elettrico	7.230	18.830	19.430	45.490
Industria	4.000	16.750	6.780	27.530
Trasporti (inc.voli intern.)	-	0.330	40.450	40.780
Agricoltura e Pesca	-	0.120	2.550	2.670
Civile	0.070	20.700	7.190	27.960
Usi non energetici	0.160	0.980	6.350	7.490

Tabella 4 - Scenario tendenziale dei consumi energetici (Mtep): Anno 2000

Settore	Carbone	Gas	Petrolio	Totale
Elettrico	9.200	28.290	14.000	51.490
Industria	4.420	17.120	5.960	27.500
Trasporti (inc.voli intern.)	-	2.230	43.610	45.840
Agricoltura e Pesca	-	0.390	2.500	2.890
Civile	0.000	27.570	2.900	30.470
Usi non energetici	0.120	0.500	10.030	10.650

Tabella 5 - Scenario tendenziale dei consumi energetici (Mtep): Anno 2010

Variazione % dei consumi di energia rispetto al 2000

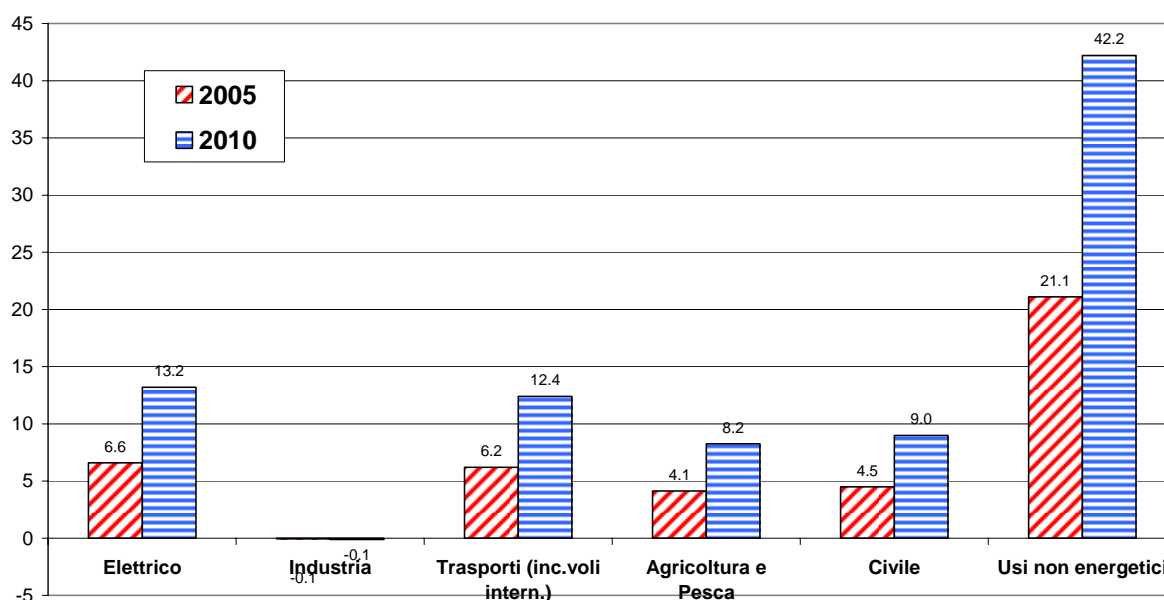


Figura 8 - Variazioni percentuali dei consumi energetici totali al 2005 e al 2010 rispetto al 2000 (Fonte: 3CNCC)

Come anticipato la variazione stimata dei consumi energetici nel settore elettrico è stata utilizzata per stimare la variazione delle emissioni nel settore CORINAIR 010100 (Centrali elettriche e impianti di cogenerazione pubblici).

In merito al macrosettore 2 (Combustione negli impianti non industriali), si è fatto uso delle stime di variazione dei consumi energetici nel settore Agricoltura e pesca per stimare le variazioni di emissione nel settore CORINAIR 020300 (Impianti in agricoltura, silvicoltura e acquacoltura), e delle stime di variazione dei consumi energetici nel settore Civile per stimare le variazioni di emissione nei settori CORINAIR 020100 e 020200 (Impianti istituzionali e commerciali e Impianti residenziali).

La stima delle variazioni emissive nell’industria manifatturiera, cioè nel macrosettore 3 (Combustione nell’industria manifatturiera), nel macrosettore 4 (Processi produttivi) e nel macrosettore 5 (Estrazione e distribuzione di combustibili fossili e energia geotermica) è stata ottenuta a partire dagli scenari di consumi di energia del settore industria.

Al fine di determinare la variazione delle emissioni negli scenari futuri sono state considerate anche altre variabili. Una di esse ad esempio è la popolazione che, secondo stime ISTAT, rimarrà pressoché costante nel passare dal 2001 (1648044 abitanti) al 2005 (1645025 abitanti) e al 2010 (1636891 abitanti). Le variazioni relative percentuali di popolazione nel 2005 e nel 2010 rispetto al 2001 sono quindi pari rispettivamente a -0.2% e -0.7%. Si osserva che considerando la popolazione costante anziché in leggera diminuzione come previsto dalle stime ISTAT si è assunta un’ipotesi cautelativa. Le emissioni legate alla popolazione sono quelle legate alla produzione dei rifiuti (macrosettore 9), ad alcuni particolari utilizzi di solventi (macrosettore 6) e al riscaldamento domestico (macrosettore 2). Per quanto riguarda quest’ultimo macrosettore si osserva che l’invecchiamento della popolazione italiana, dovuto alla diminuzione della natalità e all’allungamento della vita, fenomeno che interessa anche la Sardegna, regione in cui vivono molti degli ultracentenari italiani (TIME), potrebbe richiedere un maggiore utilizzo delle risorse energetiche, ad esempio per riscaldare gli edifici nei mesi invernali e per raffreddarli nei mesi estivi. Come anticipato, per quanto riguarda la variazione delle emissioni dovute all’utilizzo di energia nei settori relativi agli impianti istituzionali e commerciali e agli impianti residenziali vengono comunque utilizzate le stime della 3CNCC relative al comparto civile.

La variazione delle emissioni dovute alla navigazione interna e al traffico marittimo (settori CORINAIR 080300 e 080400) è stata stimata considerando al 50% le variazioni dei consumi di energia per Trasporti e Agricoltura e pesca, al fine di considerare sia la navigazione da diporto o commerciale che la pesca. La variazione delle emissioni dovuta al traffico aereo (080500) è stata invece ottenuta a partire dalle variazioni dei consumi della voce Trasporti.

Relativamente al macrosettore 10 (Agricoltura) si è ipotizzato che le emissioni rimangano pressoché costanti negli scenari di riferimento. Questo significa che le superfici adibite a coltivazioni con e senza fertilizzanti non cambino sensibilmente, e che non cambi significativamente nemmeno la popolazione e la tipologia dei capi di bestiame. Si osserva che le emissioni di questo macrosettore riguardano principalmente ammoniaca e metano.

Per quanto riguarda il macrosettore 11 (Altre sorgenti e pozzi) è stato ipotizzato che le emissioni rimangano costanti nel tempo, almeno sull’orizzonte temporale di interesse in questo studio. Questo significa che è stato ipotizzato che la vegetazione rimanga invariata sia in termini di copertura del territorio, di distribuzione sul territorio e di tipologia, conseguentemente le emissioni di isoprene e monoterpeni rimangono quelle dello scenario di riferimento. Analogamente si è assunto che la superficie incendiata non cambi, non vengono modificate quindi le emissioni dovute agli incendi boschivi.

3.4 SCENARI DI EMISSIONE

Nei paragrafi seguenti verranno riportate le stime delle emissioni dei principali inquinanti di interesse nello scenario base (2001) e negli scenari di riferimento riferiti agli anni 2005 e 2010; le stime verranno riportate sia in forma tabellare sia in forma di mappa.

Le mappe delle emissioni diffuse rappresentano le emissioni annuali espresse in tonnellate disaggregate su celle di dimensione di 5x5 km².

Le mappe delle emissioni puntuali rappresentano la posizione delle sorgenti e la loro intensità emissiva utilizzando diversi colori e dimensioni. A differenza delle sorgenti diffuse per cui viene riportata una mappa per lo scenario base ed una per lo scenario di riferimento, per le sorgenti puntuali viene riportata una sola mappa poiché la posizione, il numero e la classe emissiva di tali sorgenti sono supposti non variare. Questa ipotesi implica quindi che non vari il panorama industriale del 2005 e del 2010 rispetto a quello censito nell’inventario; allo stato attuale delle cose, con la crisi più o meno marcata di alcuni comparti produttivi (soprattutto nei poli industriali di Ottana e di Portovesme), l’ipotesi assume un carattere conservativo.

Sempre a proposito delle sorgenti puntuali si osserva che quelle visibili sulle mappe non sempre sono esattamente in numero pari a quelle presenti sul territorio sardo, perché alcune di esse potrebbero essere sovrapposte. Ciò accade ad esempio quando nelle schede contenenti le informazioni sulle sorgenti puntuali compilate dalle industrie tutti i camini vengono assegnati ad un unico punto corrispondente, ad esempio, all’ingresso dello stabilimento.

3.4.1 BENZENE – SCENARIO 2010

Le emissioni di benzene sono state ottenute, dove non direttamente disponibili, a partire dalle emissioni di NMVOC e applicando diversi profili di speciazione chimica alle attività CORINAIR. Le emissioni annuali di C₆H₆ risultano all’incirca dimezzate nel passare dallo scenario 2001 allo scenario 2010; questa diminuzione è interamente dovuta alle sorgenti diffuse, poiché le sorgenti puntuali aumentano le loro emissioni di quasi un punto percentuale (Tabella 6).

La Figura 10, relativa all’anno 2010, mostra la diminuzione delle emissioni di benzene rispetto all’anno 2001 (Figura 9); tali diminuzioni riguardano in particolare il Campidano e le aree attorno ai capoluoghi.

Le sorgenti puntuali che emettono C₆H₆ sono 12; la loro dislocazione e la loro intensità sono mostrate in Figura 11. Le sorgenti puntuali di maggiore intensità per il benzene sono situate nel Comune di Porto Torres.

C6H6	2001	2010	Variazione %
Diffuse	754.3	384.5	-49.02
Puntuali	31.4	31.6	0.76
Totali	785.6	416.1	-47.03

Tabella 6 - Variazione delle emissioni di C₆H₆ dal 2001 al 2010 (t/a)

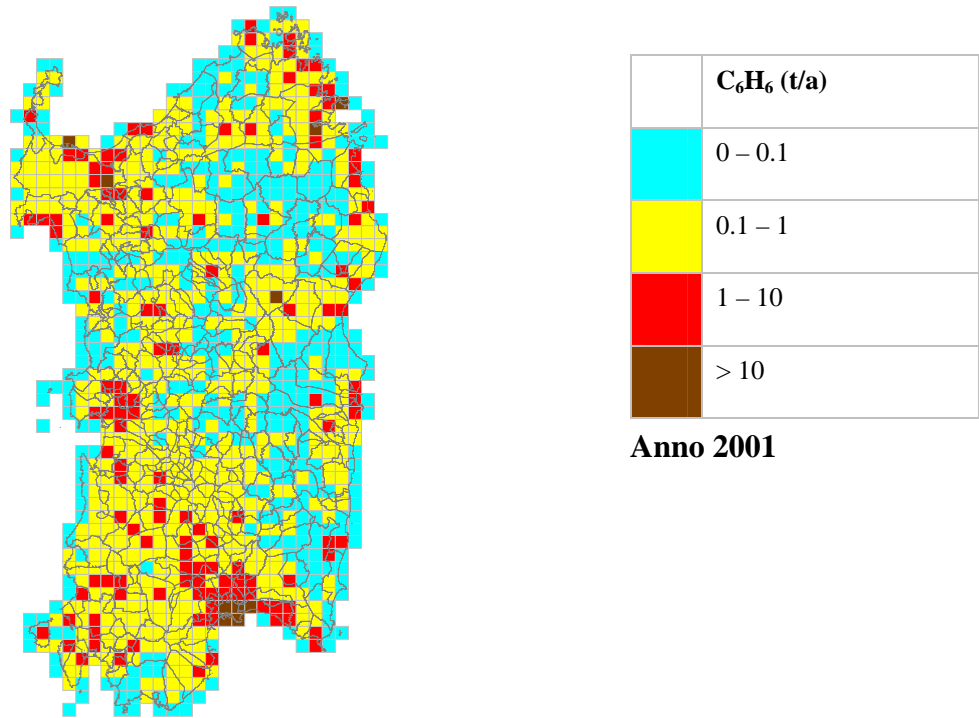


Figura 9 - Emissioni diffuse di C₆H₆ nel 2001

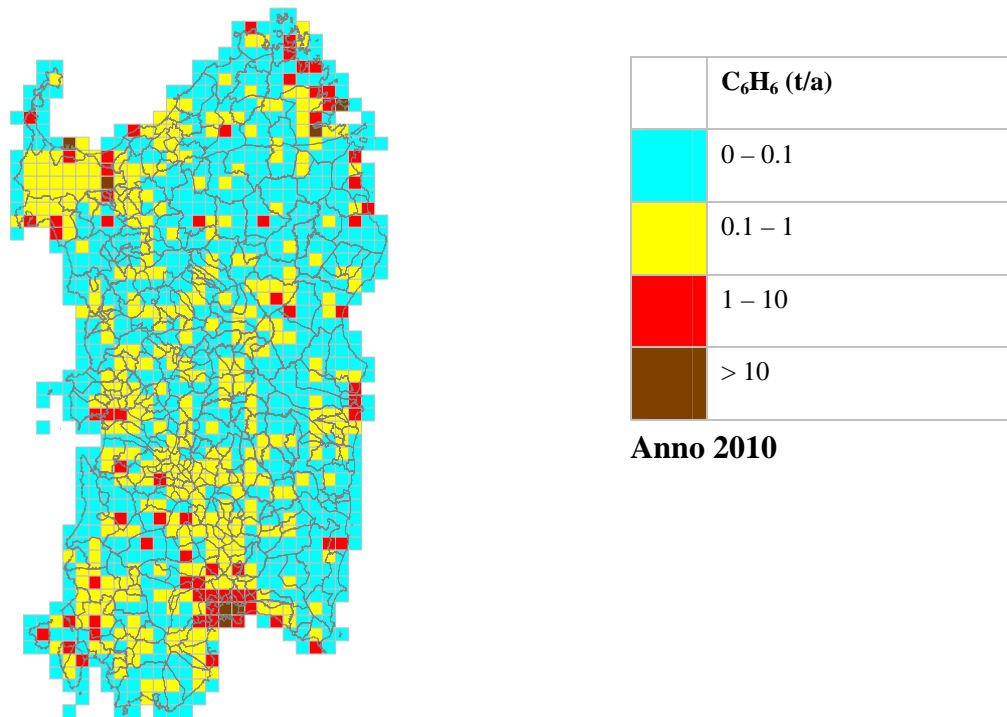


Figura 10 - Emissioni diffuse di C₆H₆ nel 2010

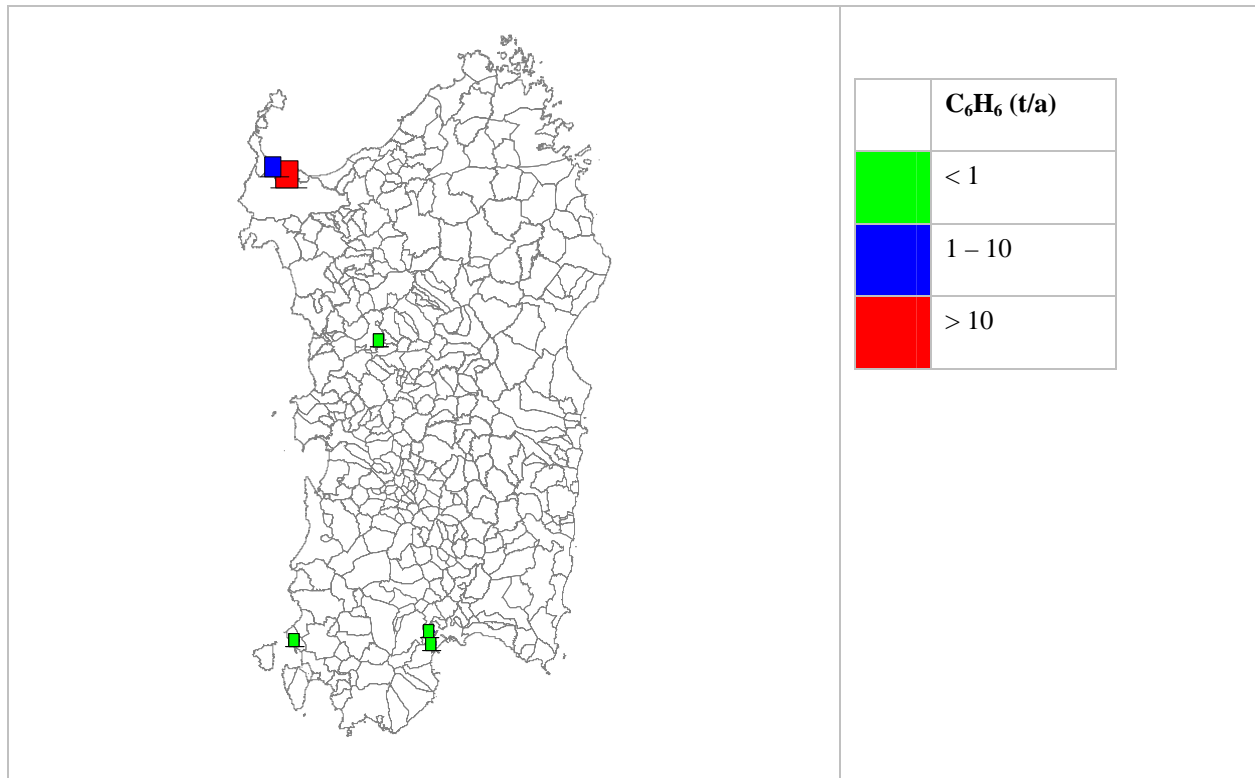


Figura 11 - Emissioni puntuali di C_6H_6 nel 2001 e nel 2010

Attenzione! La mappa delle emissioni puntuali sopra riportata mostra sia le emissioni stimate per il 2001, sia quelle stimate per il 2010; nessuna sorgente puntuale ha infatti cambiato classe di emissione dallo scenario 2001 allo scenario 2010. Anche tutte le altre mappe simili presentate nel documento devono essere lette con la stessa avvertenza.

3.4.2 MONOSSIDO DI CARBONIO – SCENARIO 2005

Le emissioni annuali di CO sull’intera Sardegna si riducono di quasi il 15% nel passare dallo scenario 2001 allo scenario 2005. Come illustrato nella Tabella 7 le emissioni diffuse subiscono una riduzione di circa il 16%, soprattutto a causa delle minori emissioni del macrosettore 7. Le emissioni puntuali aumentano di quasi un punto percentuale.

La Figura 13, relativa all’anno 2005, mostra la diminuzione delle emissioni diffuse di monossido di carbonio rispetto all’anno 2001 (Figura 12).

Le sorgenti puntuali che emettono CO sono 40; la loro dislocazione e la loro intensità sono mostrate in Figura 14; le sorgenti puntuali di maggiore intensità per il CO sono situate nel Comune di Porto Torres.

CO	2001	2005	Variazione %
Diffuse	138469	116300	-16.01
Puntuali	12993	13090	0.74
Totali	151462	129389	-14.57

Tabella 7 - Variazione delle emissioni di CO dal 2001 al 2005 (t/a)

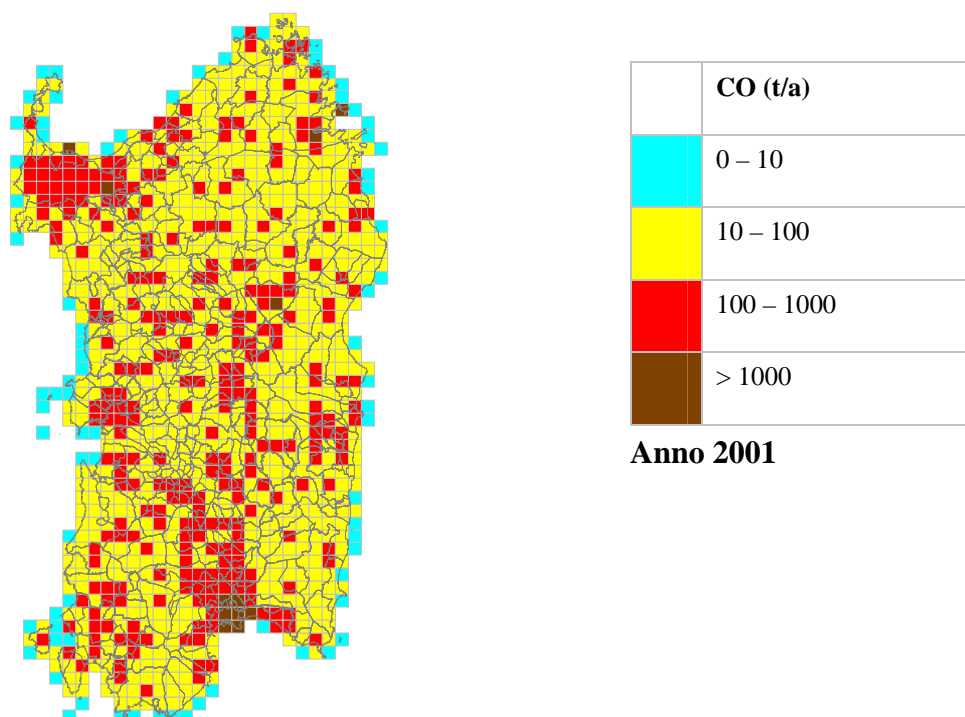


Figura 12 - Emissioni diffuse di CO nel 2001

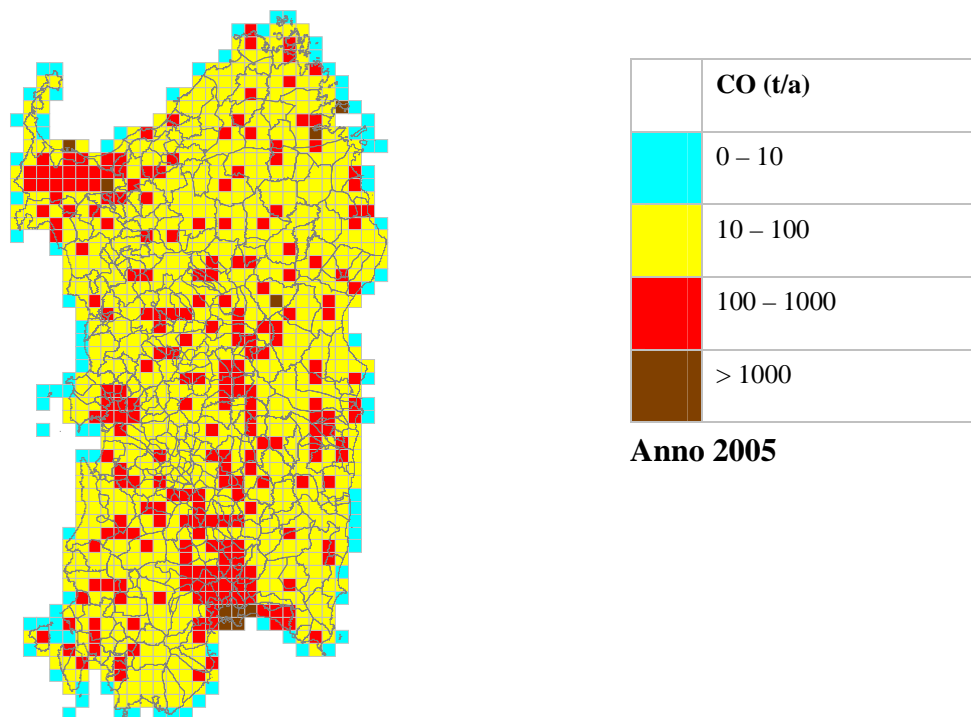


Figura 13 - Emissioni diffuse di CO nel 2005

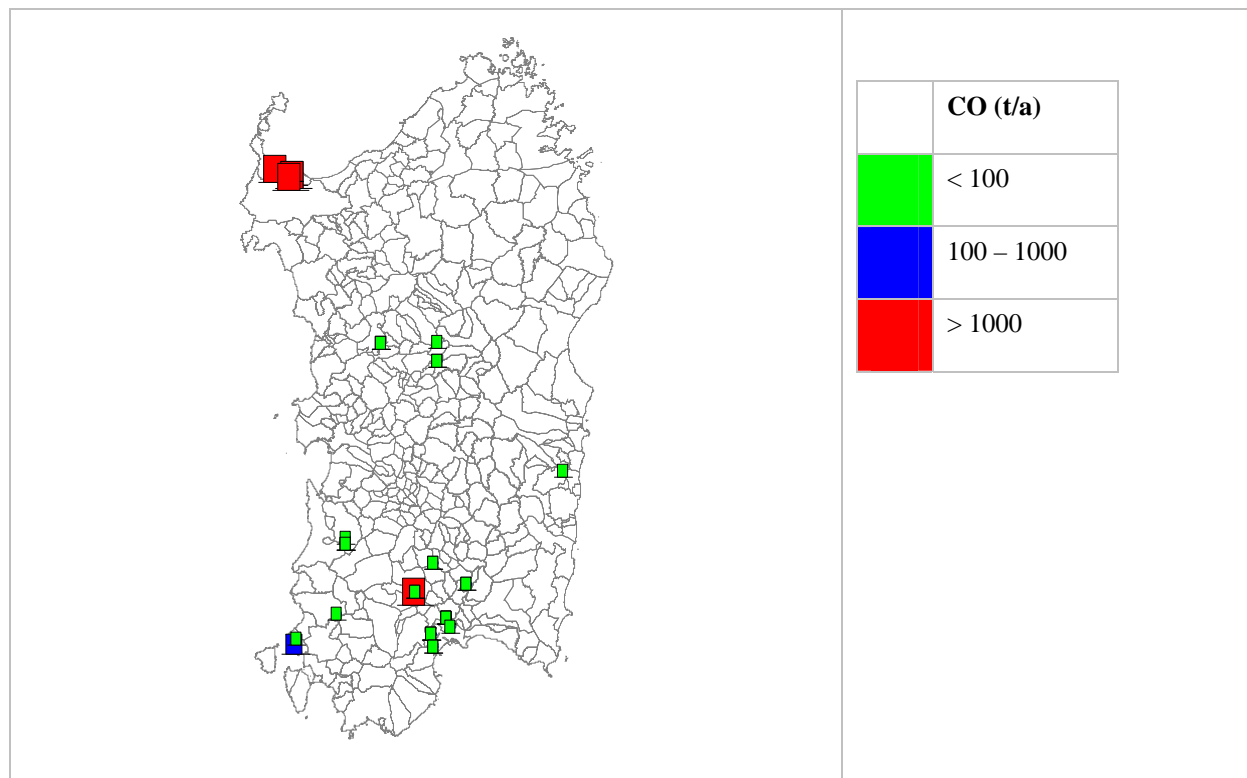


Figura 14 - Emissioni puntuali di CO nel 2001 e nel 2005

3.4.3 PIOMBO – SCENARIO 2005

Le emissioni annuali di Pb diminuiscono di poco più del 2% nel passare dallo scenario 2001 allo scenario 2005; infatti, nonostante la notevole diminuzione delle emissioni diffuse, pari a circa un quinto, le emissioni puntuali, in valore assoluto molto maggiori rispetto alle diffuse, rimangono pressoché invariate (Tabella 8).

La Figura 16, relativa all’anno 2005, mostra la diminuzione delle emissioni di piombo rispetto all’anno 2001 (Figura 15); in tali figure le emissioni sono per comodità indicate in kg/anno, non in t/anno come nelle altre figure. Sono evidenti le riduzioni delle emissioni attorno a Cagliari e a Sassari, mentre rimangono alte le emissioni nella zona di Portoscuso. Ciò è ragionevole in quanto le emissioni di piombo nelle due grandi città sono dovute al traffico autoveicolare, mentre le emissioni diffuse di piombo a Portoscuso sono dovute alle sorgenti industriali che non superano la soglia emissiva per essere considerate puntuali in un inventario regionale.

Le sorgenti puntuali che emettono Pb sono 23; la loro dislocazione e la loro intensità sono mostrate in Figura 17. Le sorgenti puntuali di maggiore intensità per il piombo sono situate nel Comune di Portoscuso.

Pb	2001	2005	Variazione %
Diffuse	0.91	0.74	-18.74
Puntuali	6.74	6.74	-0.05
Totali	7.65	7.47	-2.27

Tabella 8 - Variazione delle emissioni di Pb dal 2001 al 2005 (t/a)

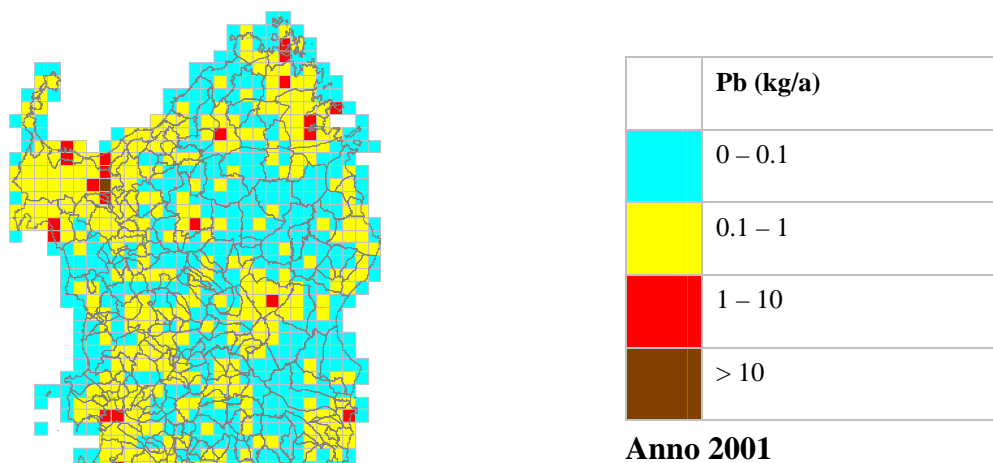


Figura 15 - Emissioni diffuse di Pb nel 2001

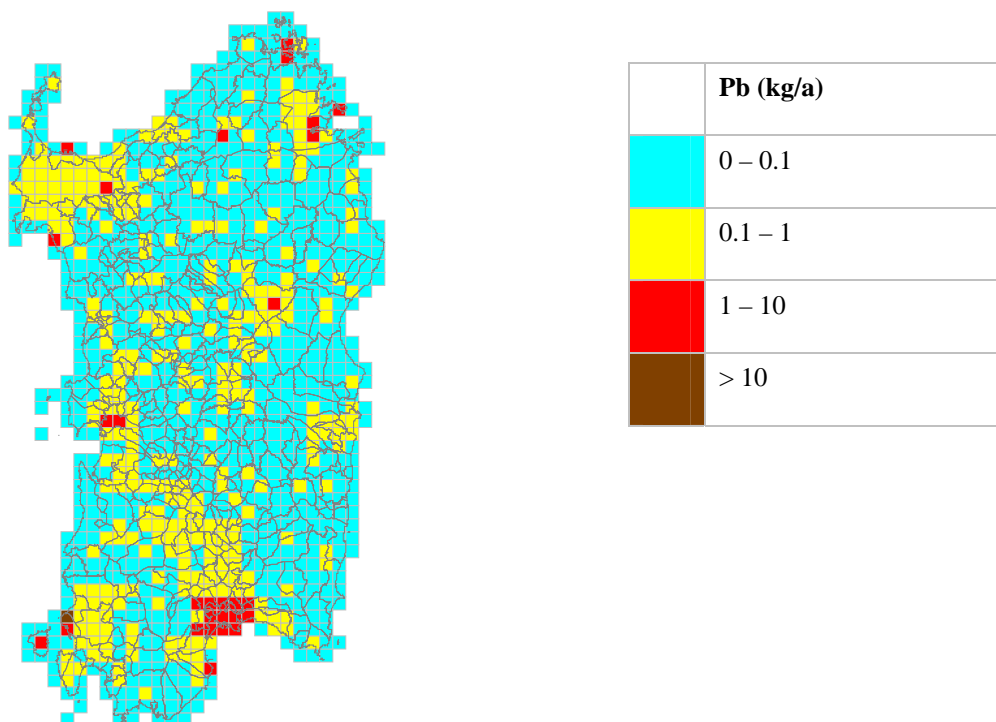


Figura 16 - Emissioni diffuse di Pb nel 2005

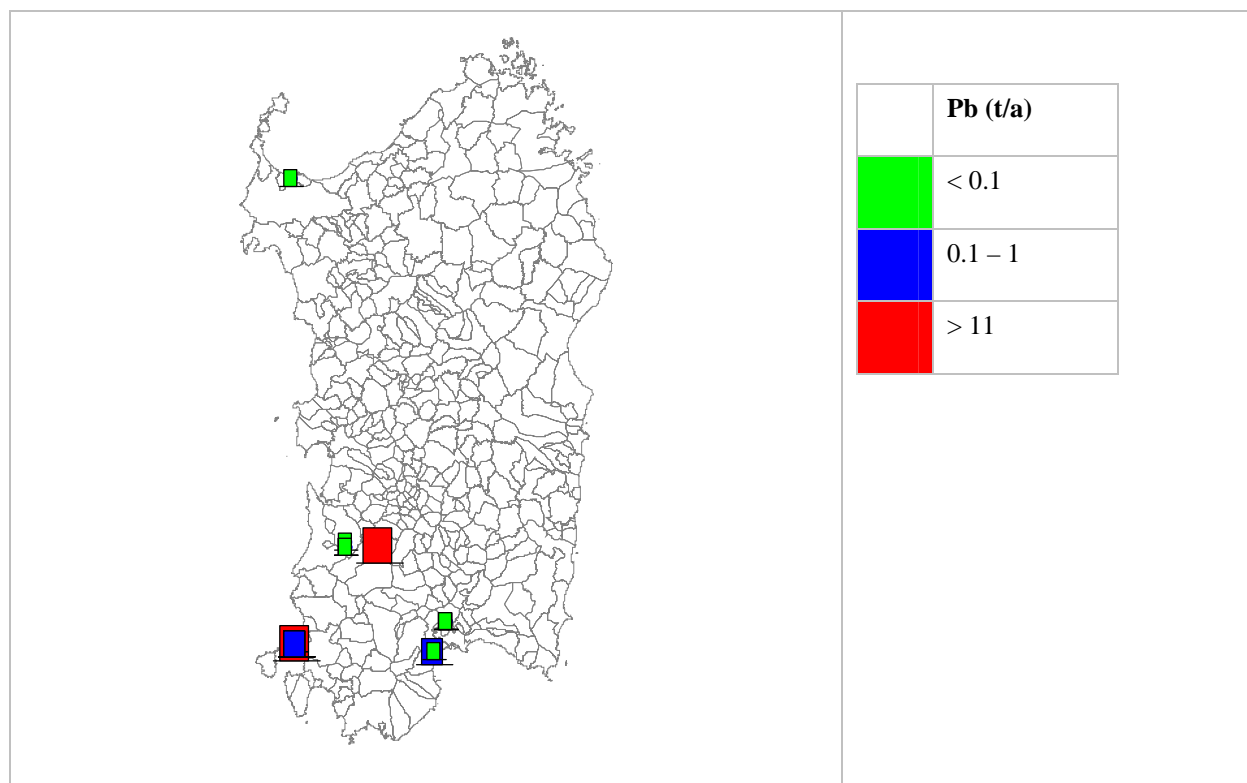


Figura 17 - Emissioni puntuali di Pb nel 2001 e nel 2005

3.4.4 OSSIDI DI AZOTO – SCENARIO 2010

Le emissioni annuali di NO_x sull’intera Sardegna si riducono di oltre un quinto nel passare dallo scenario 2001 allo scenario 2010.

Come illustrato nella Tabella 9 le emissioni diffuse subiscono la maggiore riduzione, superiore al 50%, soprattutto a causa delle minori emissioni del macrosettore 7, mentre le emissioni puntuali aumentano di circa il 4%. La Figura 19, relativa all’anno 2010, mostra in maniera evidente la diminuzione delle emissioni di ossidi di azoto rispetto all’anno 2001 (Figura 18), in particolare per la zona del Campidano e la zona attorno a Cagliari.

Le sorgenti puntuali che emettono NO_x sono 102; la loro dislocazione e la loro intensità sono mostrate in Figura 20.

NOX	2001	2010	Variazione %
Diffuse	35618	16448	-53.8
Puntuali	30080	31277	4.0
Totali	65698	47726	-27.4

Tabella 9 - Variazione delle emissioni di NO_x dal 2001 al 2010 (t/a)

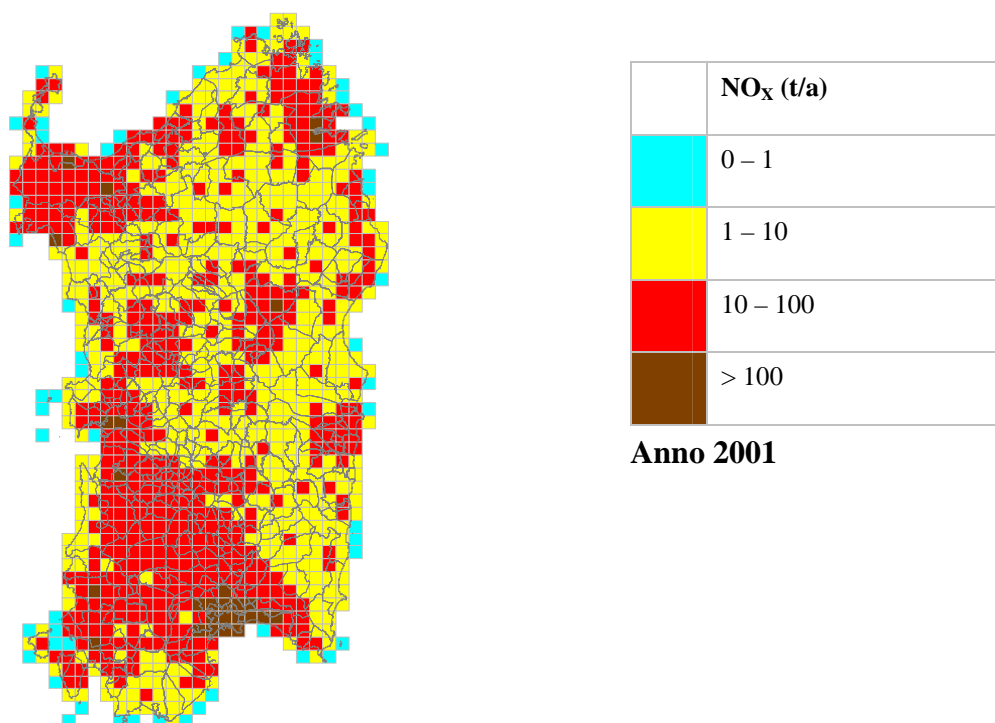


Figura 18 - Emissioni diffuse di NO_x nel 2001

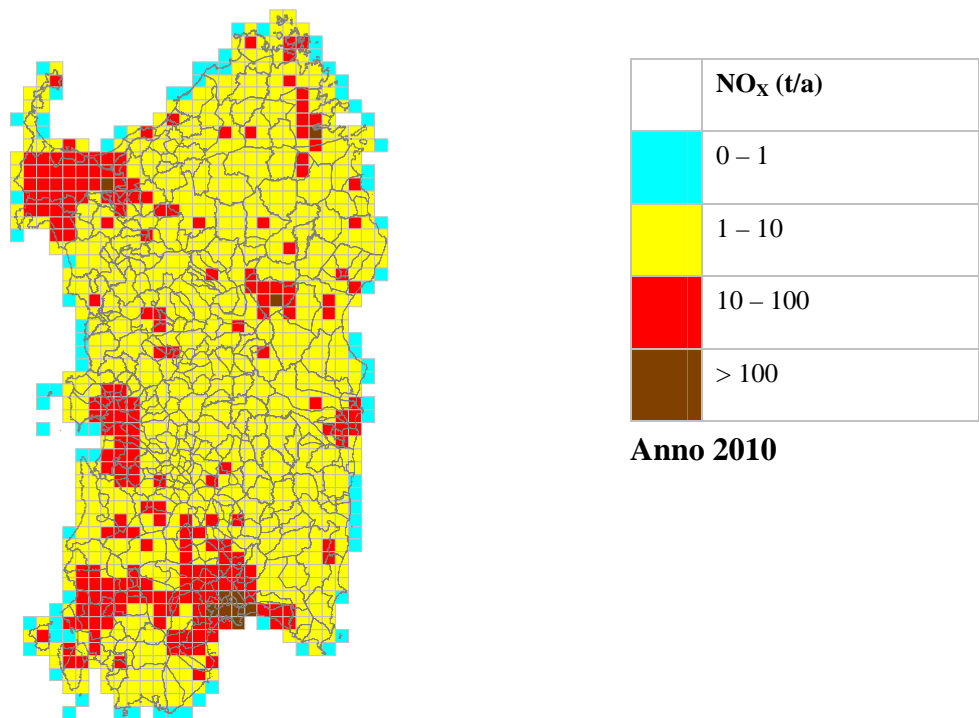


Figura 19 - Emissioni diffuse di NO_x nel 2010

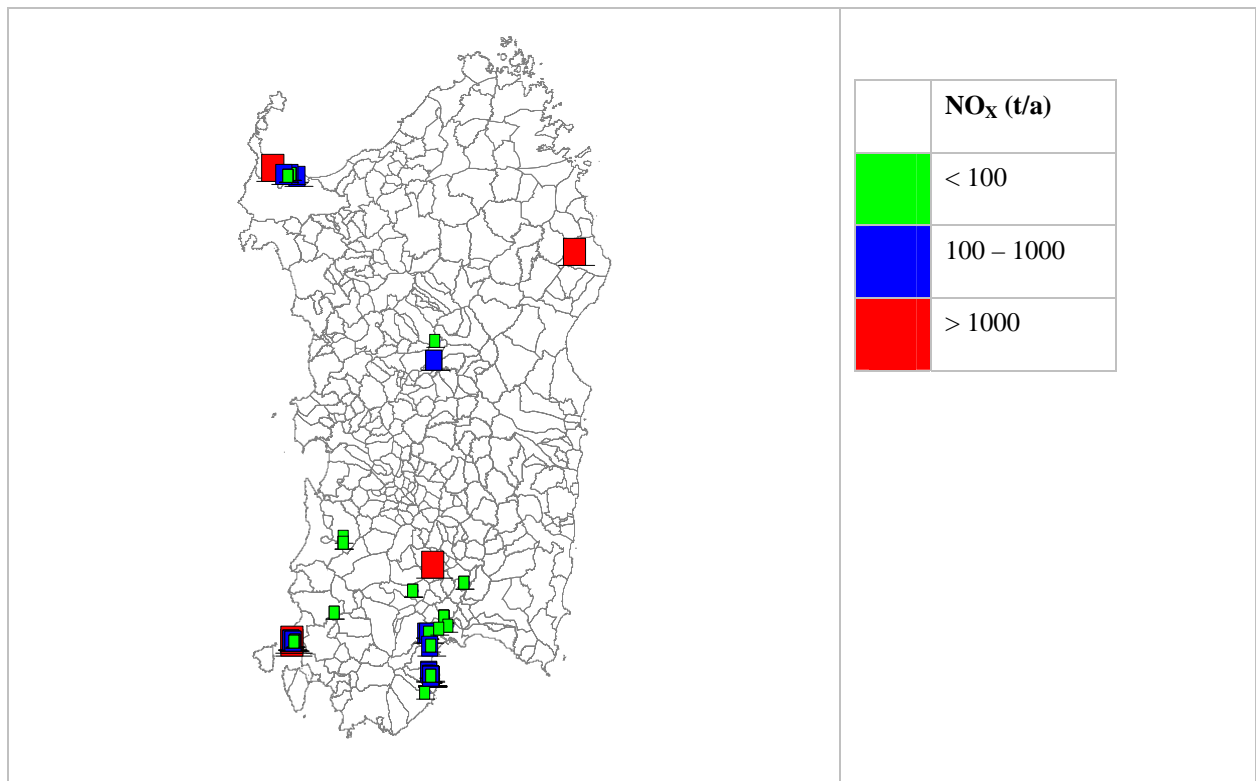


Figura 20 - Emissioni puntuali di NO_x nel 2001 e nel 2010

3.4.5 PM10 – SCENARI 2005 E 2010

Per il PM10 devono essere studiati due scenari di riferimento in accordo al DM 60/2002, uno al 2005 relativo alla fase 1, ed uno al 2010 relativo alla fase 2. Per le sorgenti per cui le emissioni non vengono date in termini di PM10 ma in termini di PTS si è ipotizzato che l’80% di esse sia composto da PM10.

Le emissioni annuali di PM10 diminuiscono di circa il 6% nel passare dallo scenario 2001 allo scenario 2005 e di quasi il 9% nel passare dal 2001 al 2010. Come per gli altri inquinanti le variazioni emissive delle sorgenti diffuse e delle sorgenti puntuali sono opposte come mostrato in Tabella 10.

La Figura 21, la Figura 22 e la Figura 23 mostrano le diverse emissioni di PM10 nei tre scenari. Sono evidenti le riduzioni delle emissioni nella zona di Olbia, in parte del Campidano e nell’area a nord est di Oristano.

Le sorgenti puntuali che emettono PM10 sono 94; la loro dislocazione e la loro intensità sono mostrate in Figura 24. Le sorgenti puntuali di maggiore intensità per il PM10 sono situate nei comuni di Porto Torres, Portoscuso e Sarroch.

PM10	2001	2005	2010	Variazione % 2001 - 2005	Variazione % 2001 - 2010
Diffuse	2563	2224	2018	-13.2	-21.3
Puntuali	2619	2663	2707	1.7	3.4
Totali	5182	4887	4725	-5.7	-8.8

Tabella 10 - Variazione delle emissioni di PM10 dal 2001 al 2005 e al 2010 (t/a)

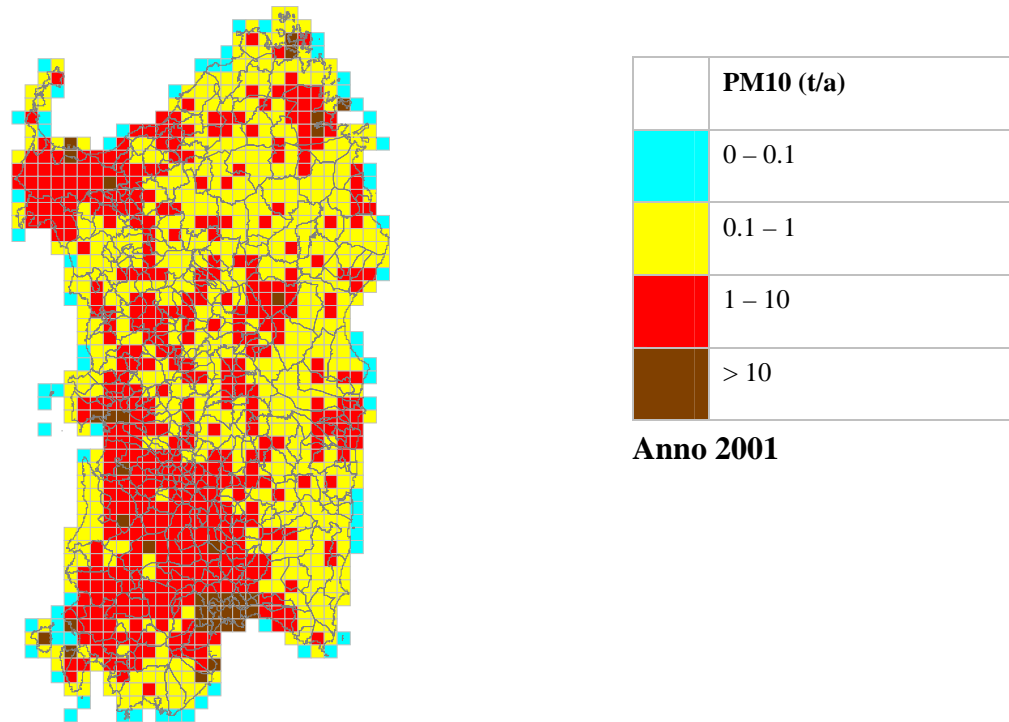


Figura 21 - Emissioni diffuse di PM10 nel 2001

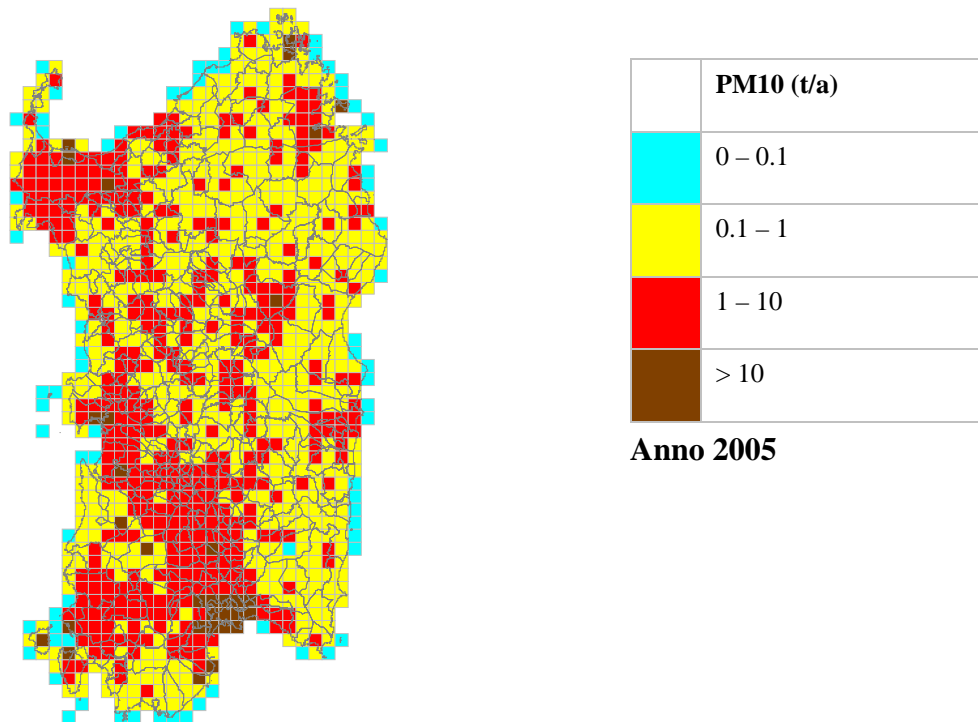


Figura 22 – Emissioni diffuse di PM10 nel 2005

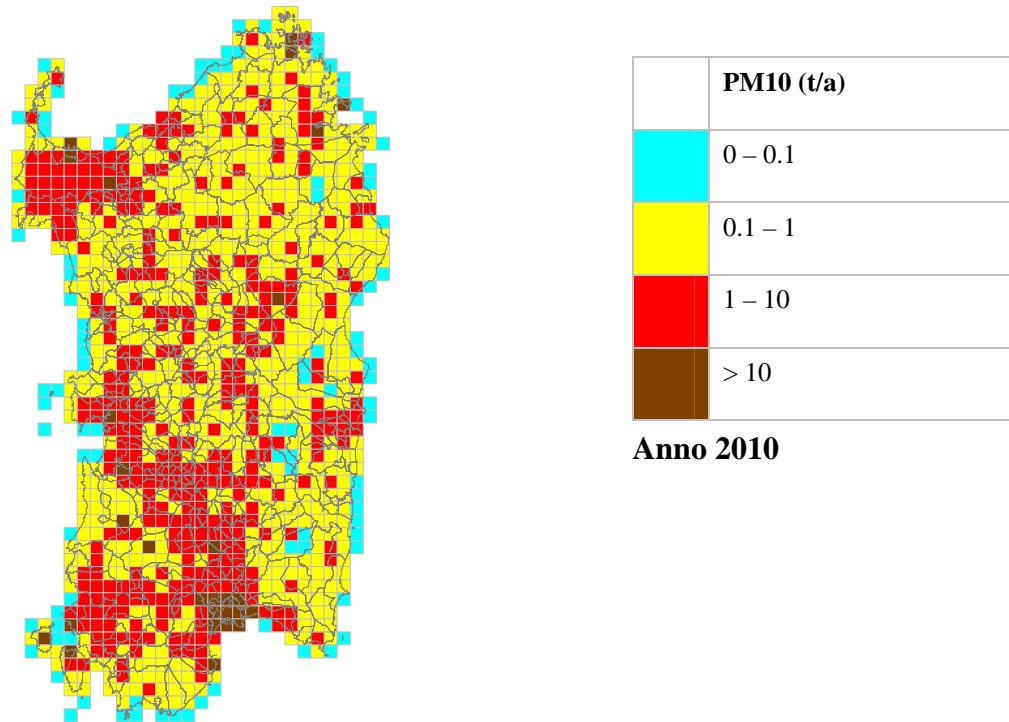


Figura 23 - Emissioni diffuse di PM10 nel 2010

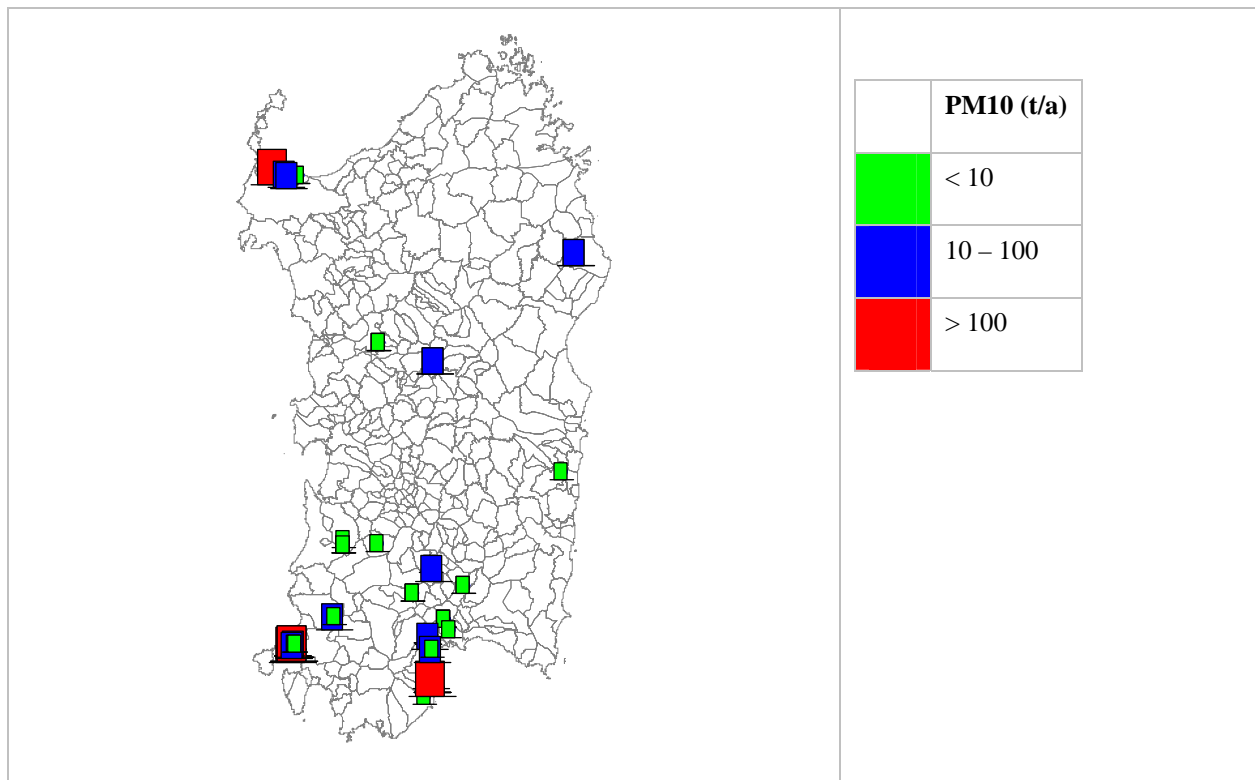


Figura 24 - Emissioni puntuali di PM10 nel 2001, nel 2005 e nel 2010

3.4.6 BISSIDO DI ZOLFO – SCENARIO 2005

Le emissioni annuali di SO₂ sull’intera Sardegna subiscono un leggero aumento nel passare dallo scenario 2001 allo scenario 2005.

Come illustrato nella Tabella 11 le emissioni diffuse rimangono pressoché costanti, mentre aumentano di circa il 3% le emissioni da sorgenti puntuali. La Figura 26, relativa all’anno 2005, mostra una diminuzione delle aree caratterizzate da emissioni basse (minori di 10 t/a) rispetto all’anno 2001 (Figura 25), fenomeno evidente soprattutto nel Comune di Sassari. Tale diminuzione viene compensata da un aumento nelle celle con emissioni maggiori di 10 t/a.

Le sorgenti puntuali che emettono SO₂ sono 107; la loro dislocazione e la loro intensità sono mostrate in Figura 27.

SO2	2001	2005	Variazione %
Diffuse	8193	8214	0.3
Puntuali	48320	49808	3.1
Totali	56513	58022	2.7

Tabella 11 - Variazione delle emissioni di SO₂ dal 2001 al 2005 (t/a)

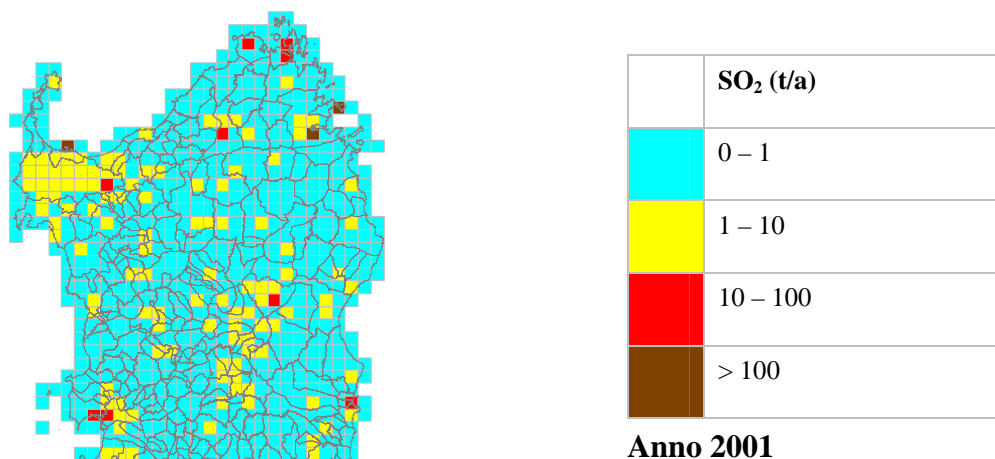


Figura 25 - Emissioni diffuse di SO₂ nel 2001

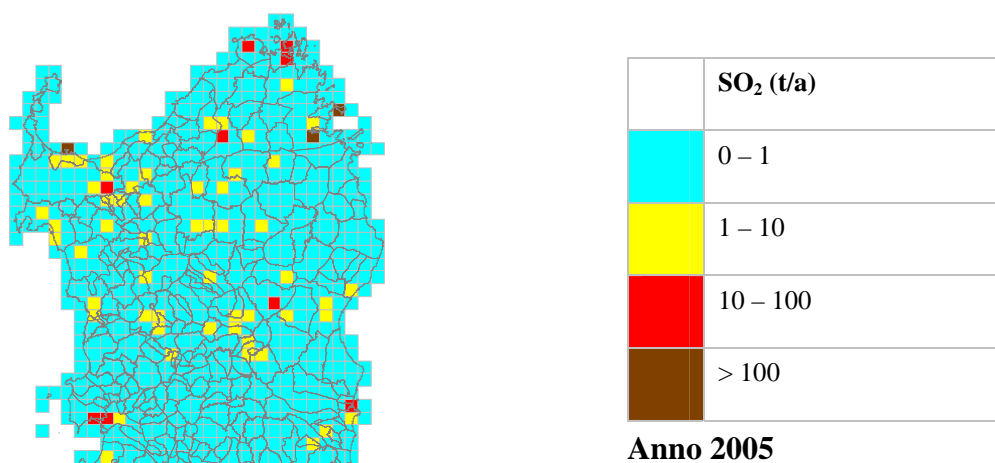


Figura 26 - Emissioni diffuse di SO₂ nel 2005

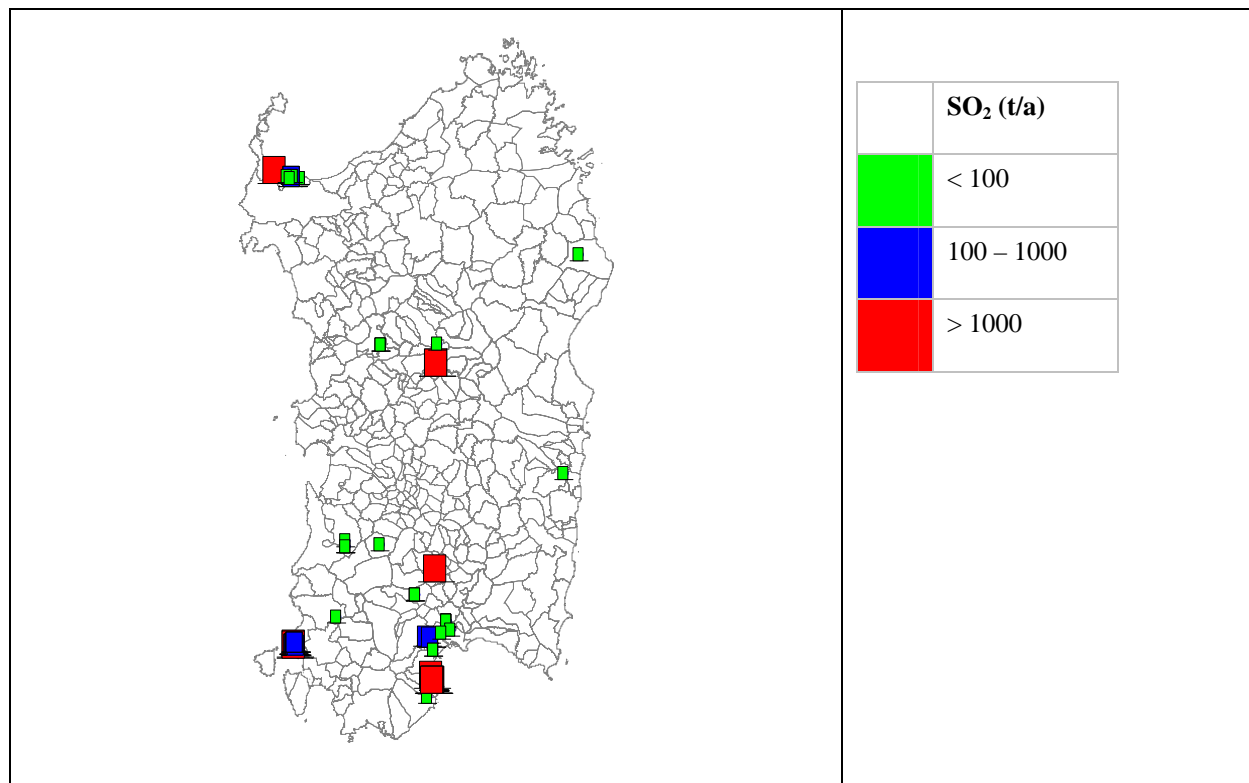


Figura 27 - Emissioni puntuali di SO₂ nel 2001 e nel 2005